

Désinfection de l'air ambiant à l'aide de systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce



FIGURE 1 Salle d'attente d'un service de consultation externe à ventilation naturelle équipée de ventilateurs de plafond et de dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure de la pièce. Institut national de lutte contre la tuberculose et les maladies respiratoires, New Delhi (Inde).

Qu'est-ce qu'un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ?

Un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce (également appelée stérilisation par rayonnement ultraviolet ou UVGI) combine l'utilisation sûre de l'énergie de la stérilisation par ultraviolets dans la partie supérieure d'une pièce avec un mélange d'air mécanique pour désinfecter de grands volumes d'air ambiant (voir Figure 1).

Pourquoi la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce est-elle nécessaire ?

La stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce offre une solution de contrôle environnemental abordable, efficace et durable qui permet de réduire la transmission de la tuberculose dans les endroits à haut risque de transmission.

Les systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce sont-ils recommandés par l'OMS ?

Oui, les lignes directrices actualisées de l'OMS sur la prévention et la lutte contre l'infection tuberculeuse¹ indiquent que « les systèmes de stérilisation par ultraviolets dans la partie supérieure d'une pièce sont recommandés pour réduire la transmission de *M. tuberculosis* au personnel de santé, aux personnes fréquentant les établissements de soins de santé ou à d'autres personnes qui se trouvent dans

des environnements à haut risque de transmission » (recommandation n° 5).

Des études sur l'efficacité de la stérilisation par ultraviolets menées dans deux services de lutte antituberculeuse (l'un au Pérou et l'autre en Afrique du Sud) ont montré que la réduction du risque de transmission de la tuberculose était de 70 à 80 %^{2,3}.

D'autres études montrent les différents niveaux d'efficacité de la stérilisation par ultraviolets dans la prévention de la transmission aérienne de la rougeole et d'autres agents pathogènes^{4,5}.

Comment savoir si un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce est adapté à mon établissement ?

Dans chaque établissement, une équipe formée à cet effet doit effectuer une évaluation complète des risques en matière de prévention et de lutte contre les infections aéroportées. Suite à cette évaluation, un plan de prévention et de lutte contre les infections réalisable et durable pour traiter et réduire au minimum les risques doit être élaboré. Avant d'envisager d'autres mesures, y compris la mise en place de systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce, il convient d'effectuer en priorité les contrôles administratifs appropriés⁶.

Les systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce doivent-ils être prioritaires par rapport à d'autres mesures environnementales de prévention et de lutte contre les infections ?

En fonction du contexte local et des ressources durables disponibles (services publics, finances et compétences techniques), la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce peut être utilisée en complément des mesures environnementales de prévention et de lutte contre les infections. Dans les établissements à ressources limitées, la ventilation naturelle est souvent utilisée comme seule mesure pour diluer les concentrations d'agents pathogènes aéroportés. Les différences micro-environnementales telles que les variations saisonnières de température (chaud et froid), l'humidité, les moussons, mais aussi la pollution et les mesures de sécurité, peuvent toutefois réduire considérablement l'efficacité de la ventilation naturelle dans des bâtiments mal conçus et/ou lorsque les fenêtres et les portes sont fermées.

La stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ne remplace pas la ventilation

Un taux d'humidité élevé réduira l'efficacité de la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce, tandis qu'un brassage d'air défaillant peut réduire considérablement, voire annihiler, l'efficacité de la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce. Lorsqu'elle est employée pour améliorer la ventilation naturelle, la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce permet de désinfecter efficacement l'air. La stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ne remplace pas la ventilation. La ventilation est toujours nécessaire pour éliminer les odeurs et réduire l'accumulation de dioxyde de carbone. La stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce peut compléter tous les dispositifs de ventilation, que ce soit en mode mécanique, naturel ou mixte.

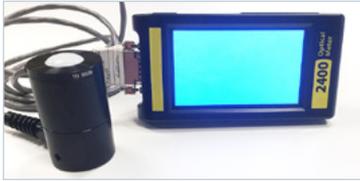
Comment utiliser les systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ?

Les systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce sont utilisés dans des environnements présentant un risque élevé de transmission de la tuberculose (par exemple, les services ambulatoires très fréquentés, les services de lutte antituberculeuse, les services de médecine générale, les services d'urgence, les zones de procédures respiratoires spéciales, les salles de radiologie, les salles d'opération, les morgues, les établissements pénitentiaires, les centres de perfusion pour le traitement des cancers, etc.). Les priorités pour l'utilisation de la stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce doivent être décidées par l'équipe de l'établissement chargée de la prévention et de la lutte contre les infections. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une solution de haute technologie, le choix des dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce doit se faire en collaboration avec les ingénieurs et l'équipe de maintenance de l'établissement. Il faut choisir des dispositifs de qualité, assurer un mélange adéquat de l'air ambiant, élaborer une conception/un agencement professionnel des dispositifs, les installer correctement, documenter la performance des dispositifs (niveaux d'irradiance de stérilisation par UV élevés dans la partie supérieure de la pièce et faibles niveaux de stérilisation par UV dans l'espace occupé) et garantir le budget nécessaire pour la maintenance et l'exploitation des dispositifs.

L'Initiative pour mettre fin à la transmission de la tuberculose (ETTI) a élaboré un guide sur l'entretien des systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce en anglais, espagnol, russe et chinois. Les différentes versions sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.stoptb.org/wg/ett/resources.asp>⁵. Certaines entreprises proposent dans le cadre d'un contrat pluriannuel (nous recommandons un contrat d'au moins cinq ans) des systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce offrant une conception/un aménagement professionnel, une installation appropriée et une documentation sur les performances et l'entretien. Dans les établissements concernés, le personnel chargé de l'entretien de ces systèmes doit disposer au minimum d'un radiomètre portable pour systèmes de stérilisation par UV afin de vérifier régulièrement le fonctionnement des appareils, aussi bien en ce qui concerne la performance (rendement) et la sécurité. Les achats doivent donc être effectués sur les conseils d'ingénieurs et de l'équipe de maintenance.



◆ FIGURE 2 Gigahertz-Optik X11 , radiomètre avec détecteur UV-3725 (Puchheim, Allemagne)



◆ FIGURE 3 International Light Technologies 2400, radiomètre avec détecteur SED240/NS254/TD (Peabody, Massachusetts, États-Unis)



◆ FIGURE 4 Compteur pour système de stérilisation par UV avec capteur à hauteur d'yeux

Comment savoir si un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce est efficace ?

La seule façon de déterminer si la lampe de stérilisation par UV émet la bonne longueur d'onde et la puissance prévue dans la durée est de disposer d'un radiomètre équipé d'un détecteur de stérilisation par UV calibré à 254 nm. Le radiomètre devrait être capable de mesurer un rayonnement compris entre 0,01 et 2 000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Les fabricants de lampes de stérilisation par UV peuvent fournir la puissance d'irradiance et la durée d'utilisation des lampes de stérilisation par UV (heures d'utilisation avant de devoir en changer)⁵.

Comment entretenir les systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ?

La puissance et la distribution des rayonnements UV de stérilisation émis par les dispositifs peuvent varier ; par conséquent, les dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce doivent être entretenus par un ingénieur ou un technicien de maintenance qualifié afin d'assurer un rendement optimal.

Les ingénieurs et les techniciens de maintenance doivent tester l'équipement de stérilisation par UV dans la partie supérieure de la pièce, à la fois en ce qui concerne le total des émissions de stérilisation et la façon dont elles sont distribuées. Ils doivent également nettoyer la lampe de stérilisation par UV, le(s) réflecteur(s) et les grilles (le cas échéant). Les dépôts de poussière peuvent être retirés à l'aide d'un pinceau sec. Les surfaces doivent ensuite être nettoyées avec un chiffon non pelucheux imbibé d'alcool à $\geq 70\%$ (éthanol ou isopropanol). Une fois secs et dépourvus de stries, allumer les dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure de la pièce et effectuer de nouveau les mesures pour s'assurer que tout fonctionne normalement. Il convient en outre d'effectuer le mélange de l'air (échange d'air entre la partie occupée de la pièce vers la partie supérieure) à l'aide de fumée ou d'autres moyens visuels. La fréquence de nettoyage dépendra de l'environnement de l'établissement et devrait être basée/ajustée en fonction des mesures d'irradiance de stérilisation par UV réalisées.

Pour de plus amples renseignements sur l'entretien des dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce, voir le document de l'ETI *Maintenance of upper-room germicidal ultraviolet (GUV) air disinfection systems for TB transmission control*, disponible en anglais à l'adresse <http://www.stoptb.org/wg/ett/resources.asp>⁶.

Coûts liés à la possession et à l'exploitation d'un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce

Le coût lié à la possession et à l'exploitation d'un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce est bien plus élevé que le prix d'achat du dispositif lui-même ! Le coût varie selon que le système est acheté ou loué, fourni en tant que service par un fabricant ou réunit plusieurs de ces caractéristiques. Tout établissement équipé d'un système de stérilisation par UV doit avoir au minimum des personnes formées aux questions de sécurité et de performance, et disposer d'un radiomètre équipé d'un détecteur de stérilisation par UV calibré pour 254 nm. Cela permettra aux ingénieurs de l'établissement de vérifier le fonctionnement et la sécurité du système. L'établissement devra adopter une méthode qui permette de mélanger l'air, soit à l'aide de ventilateurs de plafond, de ventilateurs muraux ou par ventilation mécanique. La plupart des espaces ventilés naturellement mélangent l'air ; à défaut, un dispositif de mélange d'air doit être mis en place. Le tableau ci-dessous fournit des estimations de coûts fondées sur les bonnes pratiques. Les coûts de main-d'œuvre et d'électricité varient, de même que les droits de douane pour l'importation des équipements. Si un fabricant fournit un devis pour un projet à inclure dans une proposition, il est conseillé de faire procéder à un examen indépendant de la proposition par un consultant spécialisé dans la stérilisation par UV. Le consultant peut également fournir un dossier d'appel d'offres.

TABLEAU 1

Coûts d'un système de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce

(coûts exprimés en USD)

Coûts initiaux	Estimation du coût à l'unité	EXEMPLE			
		Coût à l'unité	Coût du cycle de vie pour 1 unité	Coût du cycle de vie pour 10 unités	Coût du cycle de vie pour 50 unités
Dispositif(s) de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce : le prix varie en fonction du nombre d'unités achetées et des taxes. Des démarches sont en cours pour obtenir des tarifs négociés via le Service pharmaceutique mondial (GDF) ainsi qu'une liste de dispositifs présélectionnés (10 % de réduction pour ≥10 unités ; 20 % de réduction pour ≥50 unités).	200 – 2 000 USD	1 000 USD	1 000 USD	9 000 USD	40 000 USD
Transport, droits de douane, taxes : le prix varie selon le pays, en fonction du nombre d'unités achetées et des taxes locales.	0 à 100 % du prix à l'unité	200 USD (20 %)	200 USD	1 800 USD	8 000 USD
Système de mélange d'air (ventilateurs, etc.) : un dispositif de mélange de l'air est nécessaire. Dans les pièces ventilées naturellement, des ventilateurs de plafond ou muraux peuvent assurer cette fonction.	20 – 100 USD	30 USD	30 USD	300 USD	1 500 USD
Conception de l'installation : visite des lieux, choix et spécification des dispositifs de stérilisation par UV, plans architecturaux, mécaniques et électriques indiquant l'emplacement des dispositifs de stérilisation par UV et la référence du modèle.	0 – 50 USD	0 USD	0 USD	0 USD	0 USD
Installation (dispositif, ventilateurs, électricité, etc.) : câblage électrique vers l'emplacement de chaque dispositif. Interrupteur électrique individuel par emplacement. Panneau(x) électrique(s) et disjoncteurs selon les besoins. Augmentation de la capacité électrique de l'établissement si nécessaire. Montage d'un dispositif à UV et branchement électrique à chaque emplacement spécifié.	10 à 40 % du prix à l'unité	200 USD (20 %)	200 USD	1 800 USD	8 000 USD
Test d'acceptation (performance du dispositif de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce) : chaque appareil de stérilisation par UV installé est évalué en termes de fonctionnalité, d'emplacement et d'orientation. Une évaluation radiométrique des UV est effectuée pour s'assurer que chaque appareil est à la fois sûr et efficace (que des UV germicides adéquats sont présents dans la zone irradiée au-dessus des occupants de la pièce et que seuls des niveaux sûrs d'UV sont présents dans la zone occupée à proximité de l'appareil). Ajuster l'émission des UV en fonction des besoins. Préparer et documenter le rapport d'acceptation.	5 à 10 % du prix à l'unité	75 USD (7,5 %)	75 USD	675 USD	3 000 USD
Compteur pour système de stérilisation par UV : au moins un radiomètre UV doté d'un détecteur de 254 nm est nécessaire pour l'exploitation et l'entretien d'un système de stérilisation par UV. Lorsqu'un établissement compte plus de 100 appareils, un compteur supplémentaire peut être nécessaire comme solution de secours (le coût du cycle de vie est divisé par le nombre total d'appareils achetés).	1 500 – 2 500 USD	2 000 USD	2 000 USD	2 000 USD	2 000 USD
Total des coûts initiaux			3 505 USD	15 575 USD	62 500 USD

Suite du tableau à la page suivante ➤

Coûts annuels récurrents	Estimation du coût à l'unité	EXEMPLE			
		Coût à l'unité	Coût du cycle de vie pour 1 unité	Coût du cycle de vie pour 10 unités	Coût du cycle de vie pour 50 unités
Frais annuels d'entretien : <ul style="list-style-type: none"> Nettoyage de la lampe, du réflecteur et du dispositif (au moins une fois par trimestre) Remplacement et élimination/recyclage des lampes (~une fois par an) Mesure de la performance du dispositif de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce Remplacement des pièces selon les besoins (par exemple, ballasts, prises, réflecteurs, etc.) 	5 à 15 % du prix à l'unité	100 USD (10 %)	100 USD	900 USD	4 000 USD
Besoin annuel en électricité kWh X tarif local (kWh = watts nominaux X 24 h X 365 jours / 1000W/ kW)	0,10 à 0,60 USD/kWh	66 USD (30 W, 0,25 USD/kWh)	66 USD	660 USD	3 300 USD
Calibrage du compteur du système de stérilisation par UV tous les 1 ou 2 ans (peut nécessiter d'être effectué à l'étranger)	200 à 600 USD	500 USD (1 fois / an)	500 USD	500 USD	500 USD
Total des coûts annuels récurrents			666 USD	2 060 USD	7 800 USD
Coût total du cycle de vie (15 années de vie) ¹			13 495 USD	46 475 USD	179 500 USD
Coût du cycle de vie par unité (15 années de vie) ²			13 495 USD	4 648 USD	3 590 USD

1 Coût total du cycle de vie = coût initial plus coûts récurrents annuels **multipliés** par 15 ans.

1 unité : 3 505 + (666 X 15) = 13 495 USD
 10 unités : 15 575 + (2 060 X 15) = 46 475 USD
 50 unités : 62 500 + (7 800 X 15) = 179 500 USD

2 Coût du cycle de vie par unité = coût total du cycle de vie **divisé** par le nombre de dispositifs.

1 unité : 13 495 / 1 = 13 495 USD
 10 unités : 46 475 / 10 = 4 648 USD
 50 unités : 179 500 / 50 = 3 590 USD

Comment se procurer des systèmes de stérilisation par UV dont la performance est éprouvée ?

Le GDF devrait pouvoir acheter début 2020 un nombre limité de dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce. En mettant en place une planification et des activités de plaidoyer appropriées, le Fonds mondial, la Banque mondiale, le PEPFAR, l'USAID et d'autres partenaires pourraient devenir à l'avenir des sources de financement potentielles pour l'achat de ces matériels et d'autres dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce.

Que doit comporter le programme de prévention et de lutte contre les infections relatif aux dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ?

La mise en œuvre des systèmes de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce doit être régie par des mesures administratives solides, notamment : évaluation de la prévention et de la lutte contre l'infection tuberculeuse, zonage des risques liés aux établissements, formation du personnel et des patients, choix des modèles des dispositifs de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce, planification de installation, achat de lampes de stérilisation par UV de remplacement, entretien, fonctionnement, suivi et évaluation des dispositifs⁷.

Où trouver de plus amples renseignements sur les essais et l'application des équipements de stérilisation par UV dans la partie supérieure d'une pièce ?

L'ETI prépare actuellement de nouveaux bulletins techniques davantage détaillés comportant des exemples et des études de cas destinés aux ingénieurs et aux architectes. En outre, l'ETI dispose d'experts en stérilisation par UV qui peuvent fournir une assistance. Pour toute question, écrire à ETIInitiative@gmail.com.

Références

1. Organisation mondiale de la Santé. *WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control, 2019 update*. Genève, 2019. Disponible en anglais à l'adresse <https://www.who.int/tb/publications/2019/guidelines-tuberculosis-infection-prevention-2019/en/>.
2. Escombe AR, Moore DA, Gilman RH, Navincopa M, Ticona E, Mitchell B, et al. *Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmission*. PLoS Med. 2009;6(3):e43.
3. Mphahlele M, Dharmadhikari AS, Jensen PA, Rudnick SN, van Reenen TH, Pagano MA, et al. *Institutional Tuberculosis Transmission. Controlled Trial of Upper Room Ultraviolet Air Disinfection: A Basis for New Dosing Guidelines*. Am J Respir Crit Care Med. 2015;192(4): 477-84.
4. Willmon TL, Hollaender A, Langmuir AD. *Studies of the control of acute respiratory diseases among naval recruits; a review of a 4-year experience with ultraviolet irradiation and dust suppressive measures, 1943 to 1947*. Am J Hyg. 1948;48(2):227-32.
5. Wells WF, Wells MW, Wilder TS. *The environmental control of epidemic contagion: I. An epidemiological study of radiant disinfection of air in day schools*. American Journal of Epidemiology. 1942;35(1):97-121.
6. Organisation mondiale de la Santé. *Guidelines on core components of infection prevention and control programmes at the national and acute health care facility level*. Genève, 2016. Disponible en anglais à l'adresse <https://www.who.int/gpsc/ipc-components-guidelines/en/>.
7. Initiative pour mettre fin à la transmission de la tuberculose. *Maintenance of upper-room germicidal ultraviolet (GUV) air disinfection systems for TB transmission control*. Genève, 2017. Disponible en anglais à l'adresse <http://www.stoptb.org/wg/ett/assets/documents/Maintenance-Manual.pdf>.



Lectures complémentaires

WHO Infection prevention and control assessment framework. Disponible en anglais à l'adresse suivante : <https://www.who.int/infection-prevention/tools/core-components/IPCAF-facility.PDF>

2019 ASHRAE Handbook — HVAC Applications. Chapitre 62 intitulé « Ultraviolet Air and Surface Treatment ». ASHRAE, Géorgie (États-Unis).



L'élaboration du présent document a été rendue possible grâce au soutien du groupe de travail de l'Initiative pour mettre fin à la transmission de la tuberculose (ETTI) du Partenariat Halte à la tuberculose, fourni par l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), selon les termes de l'accord de coopération n° STBP/USAID/GSA /2018-04