

**Rapport de recherche de
l'Institut d'Hygiène, Université de Heidelberg, Allemagne
établi avec les publications de la
8^{ème} Conférence Internationale sur la qualité et les conditions
de l'air intérieur**

Indoor Air 99

à Edimbourg, Ecosse, août 1999

Comment améliorer la qualité de l'air intérieur dans les hôpitaux et les cabinets dentaires, avec des purificateurs d'air modulaires et autonomes

L. Erdinger¹, P. Rezvani¹, E. Hammes², H.-G. Sonntag¹

¹ Université de Heidelberg, Institut d'Hygiène, Service d'Hygiène et de Microbiologie médicale, Allemagne

² INCEN AG, Suisse

RÉSUMÉ

Le but de cette étude consiste à analyser l'efficacité de systèmes de purification d'air modulaires et autonomes pour améliorer la qualité de l'air dans les cabinets dentaires et dans certains milieux hospitaliers et de laboratoire. Étant donné que la composition et la concentration des polluants atmosphériques peuvent varier significativement dans différents milieux intérieurs, les technologies de purification de l'air utilisées doivent être optimisées pour les polluants visés dans un environnement particulier. La réduction des vapeurs de mercure et de formaldéhyde a été examinée en raison de leur importance pour la qualité de l'air intérieur des locaux dans les cabinets dentaires. En outre, la réduction des particules et des bactéries a été étudiée ainsi que l'élimination de substances qui sont perceptibles en raison de leur forte odeur. Les purificateurs d'air utilisés dans l'étude ont été configurés pour contenir la technologie de purification d'air la mieux adaptée pour chacun des environnements intérieurs. Les systèmes utilisent des filtres à air de haute efficacité pour les particules (HEPA), des filtres au charbon actif avec et sans imprégnation et/ou des filtres à alumine active avec imprégnation. Le débit d'air maximum des systèmes se situe entre 220 et 450 m³/h, en fonction de la configuration du filtre. Les appareils ont été étudiés dans des conditions de laboratoire et dans des conditions réelles simulées, pour déterminer l'efficacité d'élimination de diverses substances. On a pu observer une efficacité élevée d'élimination pour la vapeur de mercure, le formaldéhyde, les particules et les micro-organismes. L'élimination de fortes odeurs (essence d'orange, essence de cannelle et menthol) est difficile, si la source de l'odeur n'est pas éliminée. L'efficacité du système dans les cabinets dentaires et les salles de traitement hospitalières sera analysée à travers des études suivantes comprenant des recherches de contrôle biologique personnalisées. Les données faciliteront l'évaluation du rôle que les systèmes de purification de l'air optimisés peuvent jouer en réduisant l'exposition du personnel médical et des patients aux polluants.

INTRODUCTION

Cette étude a examiné l'efficacité de dispositifs modulaires décentralisés de purification d'air [IQAir®, Suisse] en ce qui concerne la réduction des vapeurs de mercure, de formaldéhyde, des micro-organismes et des particules. Des études antérieures ont montré que ce type de technologie de purification d'air peut être utilisé avec succès dans des environnements résidentiels qui présentent certains problèmes de qualité d'air [1,2].

La combinaison des filtres du dispositif a été optimisée afin de cibler divers polluants présents dans divers environnements médicaux. Dans des environnements dentaires, l'intérêt se porte sur l'élimination efficace des vapeurs de mercure, des composés désinfectants et, dans une certaine mesure, sur la réduction des odeurs. Dans les hôpitaux, l'accent doit être mis sur l'élimination des micro-organismes, des composés désinfectants et, dans des cas particuliers, sur l'élimination des gaz anesthésiants.

MÉTHODES

Filtres à air

Les dispositifs utilisés dans le cadre de cette étude [IQAir®] sont de conception modulaire; c'est-à-dire qu'ils comportent plusieurs éléments filtrants, disposés les uns à la suite des autres. La première étape de filtration est constituée d'un filtre à poussières grossier et fin, qui est suivi d'un moteur de ventilateur à 5 vitesses.

Dans les dispositifs de contrôle des polluants gazeux, la deuxième étape de filtration est constituée de quatre cartouches filtrantes cylindriques pour gaz [IQAir® GC]. Pour le contrôle des vapeurs de mercure, les cartouches contiennent du charbon actif imprégné de soufre pour adsorber le mercure et le transformer

en sulfure de mercure stable [IQAir® Dental Hg FlexVac™ & IQAir® Dental Pro]. Pour l'élimination du formaldéhyde, les cartouches contiennent un support d'alumine active imprégnée de permanganate de potassium, provoquant l'oxydation de l'aldéhyde [IQAir® MultiGas GC & IQAir® ChemiSorber GC]. L'étape finale de filtration est constituée d'un post-filtre à particules qui est destiné à éliminer toute poussière qui peut être générée par les éléments en phase gazeuse.

Dans les dispositifs qui ne sont pas destinés à éliminer les polluants gazeux [IQAir® Cleanroom & IQAir® Allergen 100], la deuxième étape de filtration est constituée d'un filtre à air de haute efficacité (HEPA) pour l'élimination des particules et des micro-organismes en suspension dans l'air.

Les modèles de recirculation de ces dispositifs de purification aspirent l'air à la base, en l'évacuant ensuite à travers des fentes situées sur les quatre côtés supérieurs de l'appareil. Des modèles spécialisés pour l'extraction de contaminants à la source sont équipés d'un système d'aspiration local [FlexVac™ & VM FlexVac™] qui dirige l'air vers la base de l'appareil, au moyen d'un bras d'aspiration flexible qui présente un diamètre d'environ 10 cm. Comme pour les modèles à recirculation, l'air est évacué à travers les ouvertures situées sur la partie supérieure de l'appareil.

Articulation de l'expérimentation

Mercure: Un béccher contenant environ 10 ml de mercure métallique a été placé dans la chambre d'expérimentation. Les concentrations en mercure ont été mesurées avec un analyseur de mercure (Hg MAK-Monitor, Dr. R. Seitner Mess- und Regeltechnik, limite de détection: $2\mu\text{m}/\text{m}^3$). Après une heure, la concentration en mercure, mesurée dans la chambre, s'établissait dans une tranche entre 16 et $26\mu\text{m}/\text{m}^3$. Les tests ont été réalisés dans un local de $34,5\text{m}^3$ sans fenêtre ni ventilation.

Formaldéhyde: La formaldéhyde était émise à partir de bécchers remplis d'une solution de formaline (37%). La concentration en formaldéhyde dans l'air était contrôlée à l'aide d'un détecteur électrochimique (Interscan Corp. Mod. 1166).

Particules: La réduction des particules a été étudiée dans des conditions réelles. La mesure a été effectuée avec un compteur de particules (Met One, Modèle 3113). L'appareil mesure les concentrations des particules présentes dans l'air pour six tailles de particules différentes (0,3; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; $10,0\mu\text{m}$). La marge d'erreur du compteur est inférieure à 5% à 4×10^5 particules/pied cube. Le volume d'air dans la chambre utilisée pour le test était de $43,2\text{m}^3$.

Micro-organismes: Des échantillons ont été prélevés à l'entrée et à la sortie d'air de l'appareil (Biotest RCS Plus, Biotest GK-A). Aucune analyse complémentaire concernant le type de germes n'a été effectuée.

Odeurs: L'efficacité d'élimination a été évaluée par deux personnes pour les essences d'orange et de cannelle, ainsi que pour le menthol.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

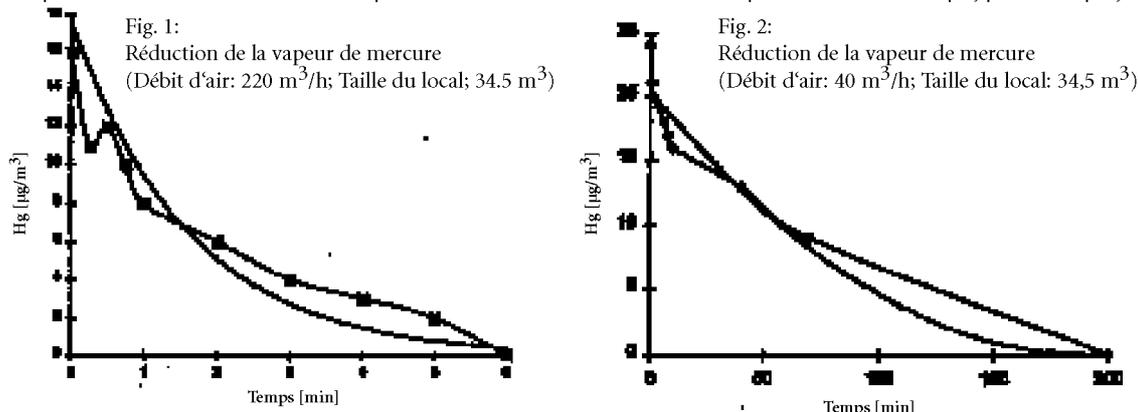
Réduction du mercure: Dans la première expérimentation, le salle de test était contaminé avec de la vapeur de mercure. L'efficacité du dispositif de purification d'air [IQAir® Dental Pro] a été mesurée avec la source de pollution restant à tout moment dans le local. Les mesures prises directement à la sortie d'air du dispositif de filtration ont montré que les niveaux de mercure étaient inférieurs au seuil de mesurage ($2\mu\text{g}/\text{m}^3$). En mesurant l'air dans la chambre de test, on a trouvé que la concentration originale de $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ sans le dispositif de filtration était réduite à moins de $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les six minutes avec l'aide d'un appareil pourvu d'un bras d'aspiration local [IQAir® Dental Hg FlexVac™] placé à environ deux mètres de la source de mercure (Fig. 1). Le débit d'air du dispositif était de $220\text{m}^3/\text{h}$, ce qui signifie que l'air se trouvant dans la chambre de test était filtré 0,7 fois.

Des débits d'air de $150\text{m}^3/\text{h}$ et inférieurs ont entraîné une réduction de l'efficacité d'élimination dans le local. A des débits d'air de $40\text{m}^3/\text{h}$, la réduction des concentrations en vapeurs de mercure à des niveaux situés en dessous du seuil de détection a été atteinte après trois heures (Fig. 2).

Dans une deuxième expérimentation, le bras d'aspiration du dispositif de filtration a été positionné 30 cm au-dessus de la source de contamination. Aucune accumulation de la contamination au mercure ($<2\mu\text{g}/$

m³) dans l'air du local n'a été détectée, même au débit d'air le plus bas de 40 m³/h.

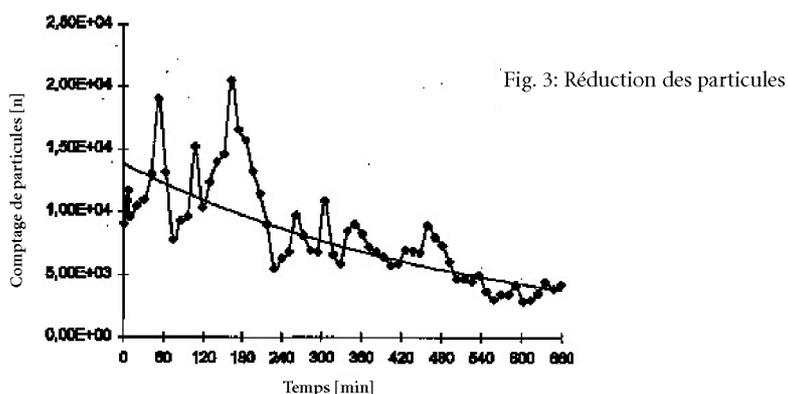
Des purificateurs d'air convenables peuvent réduire efficacement les vapeurs de mercure qui, par exemple,



peuvent provenir de l'utilisation d'amalgames dans les cabinets dentaires [3]. Dans ces cabinets, les niveaux moyens se situent entre 1,8 et 2 µg/m³ [4], bien que des concentrations de pointe en mercure, pendant la manipulation ou l'élimination d'amalgames, soient significativement plus élevées [5].

Réduction du formaldéhyde: Pour l'élimination de la formaldéhyde présente dans l'air du local, le dispositif était équipé de quatre cartouches filtrantes cylindriques remplies d'alumine active [IQAir® ChemiSorber GC]. En raison de l'imprégnation de l'alumine active avec du permanganate de potassium (KMnO₄), le formaldéhyde retenu dans le filtre est détruit par un processus d'oxydation. L'efficacité d'élimination du formaldéhyde a été examinée dans des conditions réelles simulées, en utilisant un dispositif équipé d'un bras d'aspiration. La concentration maximale dans le local était de 0,36 ppm. En fonction du débit d'air, cette concentration a été réduite dans les 60 minutes à moins de 0,1 ppm (le niveau seuil, pour l'air intérieur des locaux, établi par le Umweltbundesamt – Office fédéral de l'environnement). Aucune accumulation de formaldéhyde n'était détectable dans le local à un débit d'air de 220 m³/h, lorsque le bras d'aspiration [FlexVac™] était positionné au-dessus de la source de pollution. Les résultats de ces tests sont particulièrement importants étant donné le fait que d'autres études de recherche ont montré que l'efficacité des purificateurs d'air portables était inadéquate pour l'élimination des polluants gazeux, par exemple le formaldéhyde [4].

Réduction des particules: La réduction des particules en suspension dans l'air peut être souhaitable pour un certain nombre de raisons. Les particules peuvent être chimiquement actives ou peuvent véhiculer des polluants dans les poumons (par exemple la fumée de tabac, la suie de diesel). Étant donné que des substances allergènes liées à des particules sont responsables du déclenchement de réactions allergiques, les purificateurs d'air sont de plus en plus utilisés comme outil complémentaire pour combattre les allergies provoquées par des substances allergènes en suspension dans l'air. Des études antérieures ont montré que des substances allergènes provenant des mites de poussière peuvent être retenues par des dispositifs de filtration de l'air [6]. L'efficacité d'élimination des particules en suspension dans l'air a été examinée dans des conditions réelles, en utilisant des appareils équipés d'un filtre à air haute efficacité pour les particules (HEPA) [IQAir® Cleanroom Series].



On a pu observer une chute évidente des concentrations initiales en particules de 25*10³ particules par litre d'air, pendant le fonctionnement du dispositif de filtration. Un cycle de réduction typique pour des particules de taille > 0,3 µm, au cours de la journée, est illustré sur la Fig. 3.

La réduction des particules dans l'air du local a suivi une courbe exponentielle ($r^2 = 0,67$). Les mesures qui s'éloignent de la courbe sont dues à une activité à l'intérieur du local. Après un court moment, l'air était exempt de particules de taille comprise entre 5 et 10 µm. Les particules de taille comprise entre 3 et 5 µm étaient seulement détectables dans des concentrations inférieures à 10 par litre. Pendant le fonctionnement du dispositif de filtration, on a montré une étroite corrélation entre le comptage des particules de taille comprise entre 0,3 et 1 µm. Cette mesure a montré que l'élimination des particules de l'air était efficace. Cela permet d'émettre l'hypothèse que ce type de filtre pourrait également être utilisé pour éliminer efficacement des substances chimiques à faible pression de vapeur qui se fixent à des particules.

Réduction des micro-organismes: Etant donné que les micro-organismes sont des particules, on peut attendre que l'élimination des micro-organismes au moyen d'un filtre à air de haute efficacité pour les particules (HEPA) [IQAir® Cleanroom & IQAir® Allergen 100] soit efficace. Les études correspondantes ont été effectuées dans un laboratoire de microbiologie. Un comptage à l'entrée d'air du dispositif [IQAir® Cleanroom HI3] a montré un maximum de 30 micro-organismes dont l'identité n'a pas été déterminée plus en détail. L'air expulsé était exempt de micro-organismes. Par conséquent, les comptages relatifs à la réduction des particules ont pu être confirmés.

Réduction des odeurs: Le dispositif utilisé pour l'élimination des odeurs était équipé de quatre cartouches filtrantes contenant du charbon actif en granulés [IQAir® VOC GC]. Une chute évidente de l'intensité de l'odeur était constatée dans le voisinage immédiat du dispositif. Sans élimination de la source de l'odeur, l'intensité de l'odeur dans la pièce ne peut être réduite que légèrement. Cependant, l'intensité de l'odeur a pu être réduite à un niveau subjectivement imperceptible, après l'élimination de la source de l'odeur.

On peut finalement affirmer qu'un purificateur d'air modulaire, configuré pour réduire des contaminants spéciaux, peut significativement améliorer la qualité de l'air intérieur des locaux, dans un local de dimensions appropriées. Cependant, la mise en place d'un purificateur d'air doit avoir lieu conjointement avec des mesures appropriées de contrôle à la source et de ventilation. Des purificateurs d'air spécialisés seront particulièrement intéressants dans certains environnements médicaux où des moyens de prévention à la source sont soit impossibles soit limités. Un purificateur d'air correctement équipé devrait donc apporter une contribution significative pour le support et l'optimisation d'une stratégie globale de contrôle à la source et de ventilation pour une meilleure qualité d'air intérieur des locaux dans des environnements médicaux.

RÉFÉRENCES

1. Erdinger, L., Dürr, M., Hammes, F., Sonntag, H.-G. 1996. Performance of a modular room air cleaner. (Performances d'un purificateur d'air modulaire.) Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Publications de la 7ème Conférence Internationale sur la qualité et les conditions de l'air intérieur) - Indoor Air '96, Vol 4, pp 193-198.
2. Erdinger L., Dürr, M., Sonntag, H.-G. 1996. Indoor air purification by a modular room air cleaner. (Purification de l'air intérieur des locaux par un purificateur d'air modulaire) Forum Städte Hyg Volume 47, pages 231-234
3. Anonyme. 1991. Air purifiers can help in the battle against mercury vapor. (Les purificateurs d'air peuvent aider dans la bataille contre la vapeur de mercure.) Dentistry Today. Volume 10 (8) pages 24-25.
4. Pohl, L., Bergman, M. 1995. The dentist's exposure to elemental mercury vapor during clinical work with amalgam. (L'exposition du dentiste à la vapeur de mercure élémentaire durant l'acte médical avec un amalgame.) Acta Odontologica Scandinavica. Volume 53 (1), pages 44-48.
5. Langworth S, Sallsten G, Barregard L, et al. 1997. Exposure to mercury vapor and impact on health in the dental profession in Sweden. (Exposition à la vapeur de mercure et impact sur la santé dans la profession dentaire en Suède.) J Dent Res. Volume 76 (7), pages 1397-1404.
6. Erdinger, L., Sonntag, H-G, Hammes, K-H. 1990. Performance of a simple fiber-filter system for indoor air purification by convection. Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. (Performances d'un système simple de filtre à fibre pour la purification de l'air intérieur des locaux par convection. Publications de la 5ème Conférence Internationale sur la qualité et les conditions de l'air intérieur) - Indoor Air '90 Volume 3, pages 163-168.