



*Direction de l'évaluation, de la qualité, de l'ingénierie,
de la performance et de la prévention des infections*

NOTE INFORMATIVE 03-11

ÉVALUATION DES RISQUES ASSOCIÉS À L'EXPOSITION AUX FUMÉES CHIRURGICALES

Note préparée par

Mélanie Hamel, Ph.D., agente de programmation, de planification et de recherche

Martin Coulombe, M.Sc., M.A.P., cogestionnaire clinico-administratif des activités d'ETMIS

Marc Rhains, MD, M.Sc., FRCPC, cogestionnaire médical et scientifique des activités d'ETMIS

1. CONTEXTE ET OBJECTIF

Le personnel soignant des blocs opératoires du Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ) est préoccupé par les risques possibles associés à l'exposition aux fumées chirurgicales. Il se questionne sur l'efficacité des systèmes portatifs d'aspiration des fumées comme mesure de protection des travailleurs et sur la nécessité de les utiliser de façon courante. En réponse à ces préoccupations, une demande a été acheminée à l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS) du CHUQ par l'adjointe à la Directrice des soins infirmiers. Il a été convenu que l'UETMIS évalue les risques associés aux fumées chirurgicales pour la santé du personnel des salles d'opération.

Afin de soutenir le demandeur dans sa prise de décisions, il a été convenu d'effectuer une exploration préliminaire et sommaire des publications scientifiques concernant les types de contaminants associés à l'exposition à des fumées chirurgicales et les risques qu'ils représentent pour la santé.

Les fumées chirurgicales sont produites à l'aide d'un appareil d'électrocautérisation, d'un laser ou d'un scalpel à ultrason (1). L'énergie générée par ces instruments va se transformer en source de chaleur, ce qui permet, entre autres, de pratiquer une fine incision de la peau ou d'obtenir une hémostase (2, 3). Ces instruments sont largement utilisés dans les salles d'opération (1-3).

2. RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Sources d'information (voir Annexe 1)

- Pubmed, Cochrane
- Organismes nationaux et internationaux en évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé
- Littérature grise
- Références bibliographiques obtenues dans les articles consultés
- Associations médicales nationales et internationales en santé ainsi qu'en santé et sécurité au travail

Types d'information recherchés

- Revues systématiques, méta-analyses, essais cliniques randomisés, guides de pratique, lignes directrices, consensus d'experts, recommandations d'organismes.
- Avis d'experts et données expérimentales issues de la recherche fondamentale dans l'éventualité où aucune publication portant sur les types d'information mentionnés ci-haut ne soit identifiée lors de la recherche documentaire. L'interprétation de ces données requiert une prudence en raison du niveau moindre de qualité habituellement associé à cette catégorie d'information.

Consultation d'experts

- Madame Luce Cossette, adjointe à la Direction des soins infirmières (DSI) – secteur finances et systèmes d'information
- Madame Claire Gaudreau, cogestionnaire pas intérim, secteur chirurgie
- Madame Nicole Godbout, chef d'unité par intérim à la DSI, bloc opératoire et chirurgie d'un jour
- Docteur Pascal Labrecque, anesthésiologiste
- Madame Lyne Mercier-Dupont, coordonnatrice et chef d'unité à la DSI, bloc opératoire et chirurgie d'un jour
- Madame Thérèse Pelletier, directrice des soins infirmiers
- Madame Claire Sirois, coordonnatrice à la DSI, bloc opératoire

3. RÉSULTATS DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

3.1. Évaluation des risques associés aux fumées chirurgicales

Une seule revue systématique a été identifiée suite à la recherche documentaire (4). Cette revue, qui a été réalisée par des experts du *Centre for Clinical Effectiveness* (CCE) de l'Université de Monash en Australie, avait pour objectif de déterminer si les fumées chirurgicales représentent un risque pour le personnel soignant. À la lumière de deux documents retenus (consensus d'experts), les auteurs ont conclu qu'il n'était pas possible de déterminer un niveau de preuve au sujet de cette question.

La recherche documentaire n'a pas permis d'identifier d'essai clinique randomisé en lien avec l'exposition aux fumées chirurgicales. Les articles de recherche fondamentale ont, par conséquent, été sélectionnés et consultés. Ces études ont principalement porté sur l'évaluation des contaminants, tant de nature biologique (cellules, cellules cancéreuses, bactéries, virus) que chimique (particules respirables, substances toxiques), associés à la production de fumées chirurgicales pour différents types d'interventions chirurgicales chez des sujets humains et, dans certains cas, chez des animaux.

3.1.1. Évaluation des risques biologiques

Cellules

Il existe des divergences entre les conclusions des auteurs d'études expérimentales portant sur les risques biologiques associés à la présence de cellules humaines dans les fumées chirurgicales. La présence de cellules dans les fumées a été rapportée par certains auteurs (5-7), mais des interrogations sont soulevées à propos de la viabilité cellulaire (5, 7) et du risque potentiel de

transmission des infections (6, 8). Certaines études semblent indiquer que la vaporisation des cellules tumorales pourrait engendrer des récurrences de la maladie chez des patients (9). Toutefois, cette hypothèse n'est toujours pas démontrée (6). Néanmoins, les auteurs sont en accord avec le fait que des précautions devraient être prises afin de diminuer les risques de contact direct du personnel avec les cellules émanant d'une source tumorale.

Bactéries

Un groupe d'experts de l'hôpital de Rotherham en Angleterre a conclu, suite à la réalisation d'une revue documentaire, que les données probantes étaient insuffisantes pour évaluer les risques biologiques et chimiques associés aux fumées chirurgicales (10, 11). Ce groupe a donc mené sa propre étude sur le sujet en portant son attention sur les fumées produites par le laser et l'électrochirurgie. D'après les résultats obtenus, le niveau total de microorganismes présents dans les fumées était bas et reflétait davantage des organismes opportunistes retrouvés normalement dans l'air ambiant que des pathogènes primaires. Par ailleurs, Matchette *et al.* (1991 et 1993) ont montré que des bactéries viables pouvaient être dispersées dans l'air en faisant varier certains paramètres des évacuateurs de fumées dont le type, la puissance et le temps d'utilisation (12, 13). Les auteurs ont indiqué que les bactéries se dispersaient dans l'environnement en s'accrochant à des particules relativement larges (non respirables), comme celles retrouvées dans les fumées chirurgicales. Selon ces auteurs, la viabilité bactérienne serait un événement rare.

Virus

Les virus de la varicelle et de la poliomyélite, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) ainsi que le papillomavirus ont été identifiés dans des fumées chirurgicales (14-18). Les résultats rapportés dans les études concernant la viabilité des virus identifiés sont variables. L'équipe de Taravella (1997; 1999) a montré que le virus de la poliomyélite était viable dans les fumées chirurgicales. Un autre auteur a détecté pendant une période de 28 jours la présence du VIH dans le cadre d'une étude expérimentale sur l'évaluation des fumées provenant de la vaporisation de cultures cellulaires dont la concentration en VIH était plusieurs fois supérieure à celle habituellement retrouvée dans les cellules humaines (14). Malgré cette longue période de viabilité, les auteurs croient que l'ADN du VIH pourrait avoir été endommagé par l'action du laser affectant ainsi la capacité de réplication du virus. D'autres auteurs qui ont évalué la viabilité du VIH ont conclu que le risque potentiel de transmission du virus au personnel soignant n'était pas quantifiable (16). Selon Hagen *et al.* (1997), il ne semble pas possible que le VIH soit viable et transmissible, et ce, même en optimisant les conditions en vue de maximiser la transmission du virus par les particules contenues dans les fumées. Ils concluent que le VIH ou le virus de l'herpès ne représentent pas un risque d'infection pour le chirurgien. Malgré des résultats parfois contradictoires, les conclusions émises par plusieurs de ces auteurs sont à l'effet qu'il serait prudent de prendre toutes les précautions nécessaires avec les fumées chirurgicales à l'occasion d'une chirurgie chez des patients souffrant d'infections virales. En attente de meilleures données probantes sur la viabilité et le risque de transmission des virus, certains auteurs ajoutent qu'il serait raisonnable d'évacuer de manière sécuritaire les fumées chirurgicales (17, 18).

Hallmo et Naess (1991) ont rapporté un cas impliquant un chirurgien qui aurait été infecté par un papillomavirus après avoir procédé à une intervention chirurgicale au laser chez des patients souffrants de condylomes anogénitaux (19). Les auteurs ont précisé que le système de récupération des fumées dans la salle d'opération n'était pas adéquat pour ce type d'intervention chirurgicale et concluent que ce cas démontre qu'il existe un risque potentiel de transmission pour le personnel soignant. Hallmo et Naess recommandent l'utilisation d'équipement fournissant une protection optimale. Certains groupes de chercheurs ont identifié de l'ADN viral provenant de papillomavirus dans les fumées chirurgicales (15), alors que d'autres n'ont pas été en mesure de reproduire ces résultats (20). Garden *et al.* (2002) ont réalisé une étude expérimentale chez le bovin pour évaluer le potentiel infectieux du papillomavirus (21). Selon les observations des chercheurs, l'inoculation à la surface de la peau des veaux des particules provenant de fumées contaminées par le papillomavirus a été associée au développement de l'infection. Par ailleurs, selon une enquête menée auprès de 570 dermatologues aux États-Unis, 5,4% d'entre eux ont affirmé avoir contracté des verrues possiblement lors d'une exposition aux fumées chirurgicales (22). Cependant, il n'est pas exclu selon les chercheurs que les verrues aient été contractées par contact direct entre la peau et les gants du chirurgien. Les auteurs ont conclu que les médecins qui procèdent à une intervention chirurgicale chez des patients infectés par le papillomavirus sont davantage à risque de contracter le virus.

Sawchuk *et al.* (1989) ont évalué si les masques chirurgicaux à haute capacité filtrante (0,5 à 5 µm ayant une efficacité de 99,7 %) offraient une protection adéquate contre le papillomavirus bovin lors de vaporisation tissulaire par laser ou par électrocoagulation (23). Selon les auteurs, ce type de masque chirurgical protège efficacement le personnel contre le papillomavirus, malgré la petite taille de ce virus (55 nm). On explique ce résultat par le fait que les virus présents dans l'air ambiant seraient accolés à des particules de taille assez large pour être bloquées par le masque. Cette hypothèse a aussi été

soulevée par Matchette *et al.* (1991) concernant la présence de bactériophages sur les particules de taille relativement large. Une seconde hypothèse émise par l'équipe de Sawchuk concerne la capacité filtrante électrostatique des masques qui leur permettrait d'intercepter l'ADN viral. En tenant compte de leurs hypothèses, les auteurs concluent que le risque de transmission du papillomavirus présent dans les fumées chirurgicales est probablement minime avec le port du masque. Des résultats similaires ont été rapportés par Ferenczy *et al.* (1990) qui ont mesuré la présence d'ADN de papillomavirus humain associé aux particules des fumées chirurgicales (24). En présence d'un système d'évacuation adéquat, la contamination du personnel serait un événement peu probable selon eux.

Synthèse – évaluation des risques biologiques

Les données expérimentales disponibles suggèrent que l'exposition aux fumées chirurgicales pourrait représenter un risque de transmission d'agents biologiques pour les travailleurs de la santé. Toutefois, compte tenu de l'incertitude sur le niveau de risque, des investigations plus poussées sont nécessaires afin de confirmer dans quelle mesure l'exposition à des microorganismes pathogènes ou des cellules tumorales présents dans les fumées chirurgicales est néfaste pour la santé du personnel qui oeuvre dans les salles d'opération. En plus de la virulence et du potentiel de transmission des microorganismes par voie aéroportée, le type d'intervention chirurgicale, les caractéristiques du système de ventilation général, les moyens de protection individuelle utilisés et l'état de santé du patient sont autant de facteurs à prendre en considération dans l'évaluation afin de documenter le risque réel de transmission des agents biologiques associés aux fumées chirurgicales.

3.1.2. Évaluation des risques chimiques

Près de 90 composés chimiques reliés aux émanations de fumées chirurgicales ont été répertoriés dans la documentation scientifique consultée (25-31). La plupart de ces contaminants générés lors de la production de fumées chirurgicales sont retrouvés à des concentrations relativement faibles dans l'air ambiant des salles d'opération. En général, elles se situent près de la limite de détection des appareils de mesures, c'est-à-dire bien en deçà des valeurs d'exposition permises pour les travailleurs. Certains de ces agents chimiques, dont notamment les composés organiques volatils (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène), le monoxyde de carbone et les particules respirables sont reconnus pour leur toxicité et leur potentiel de causer des effets néfastes à la santé chez l'humain. Les concentrations des divers contaminants qui sont des constituants des fumées chirurgicales ont par conséquent été analysées en détail et sont présentées dans la prochaine section.

Composés organiques volatils

Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (BTEX) sont parmi les substances qui ont été identifiées dans les fumées chirurgicales. Le Tableau 1 résume l'information regroupant les données expérimentales en provenance des études sur les concentrations chimiques mesurées dans les fumées chirurgicales (voir Annexe 2 pour une description détaillée des études). On remarque que ces évaluations ont porté sur une variété de procédures (électrochirurgie, laser, ultrason, coagulation à l'argon), de tissus (humains et animaux) et d'interventions (résection prostatique, sinus pilonidal, ablation des verrues, chirurgie abdominale, réduction mammaire et chirurgies variées). De même, les méthodes d'échantillonnage des mesures et d'analyse des concentrations gazeuses varient également entre les études. Selon les données recensées, les concentrations en benzène, en toluène, en éthylbenzène et en xylène mesurées dans les fumées chirurgicales seraient largement inférieures aux normes fixées par des organismes reconnus en santé et sécurité au travail (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRRSST), *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), Organisation mondiale de la santé (OMS)). Les résultats indiquent que les concentrations en BTEX varient selon le type d'intervention réalisée (25), la technique chirurgicale, la quantité de tissu vaporisé (31) et la durée de l'intervention (32, 33). Plusieurs des auteurs ont conclu, à la lumière des résultats disponibles, que les données probantes sont présentement insuffisantes pour se prononcer sur les risques associés aux composés organiques volatils lors d'une exposition aux fumées chirurgicales (10, 11, 29, 31). Même en absence de preuve, certains auteurs recommandent par mesure de prudence l'utilisation d'évacuateurs de fumées, lorsque jugée pertinente (29, 31).

Tableau 1. Synthèse de l'information issue des études primaires sur les concentrations en benzène, toluène, éthylbenzène et xylène mesurées dans les fumées chirurgicales selon le type de chirurgie et d'instrument

composés	Types de chirurgie		Types d'instrument	Intervalle des concentrations mesurées
Benzène (8 études)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résection prostatique ▪ Sinus pilonidal ▪ Ablation de verrues 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chirurgie abdominale ▪ Chirurgies variées ▪ Tissus porcins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électrochirurgie ▪ Ultrason ▪ Coagulateur à l'argon 	Non détecté à 1 ppm → Inférieur aux normes
Toluène (7 études)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résection prostatique ▪ Sinus pilonidal ▪ Ablation de verrues ▪ Réduction mammaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chirurgie abdominale ▪ Chirurgies variées ▪ Tissus porcins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électrochirurgie ▪ Ultrason ▪ Coagulateur à l'argon 	Non détecté à 17 ppm → Inférieur aux normes
Éthylbenzène (6 études)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résection prostatique ▪ Sinus pilonidal ▪ Ablation de verrues 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction mammaire ▪ Chirurgie abdominale ▪ Tissus porcins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électrochirurgie ▪ Ultrason ▪ Coagulateur à l'argon 	Sous la limite de détection à 12 ppm → Inférieur aux normes
Xylène (4 études)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résection prostatique ▪ Sinus pilonidal ▪ Ablation de verrues 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chirurgie abdominale ▪ Chirurgies variées ▪ Tissus porcins 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électrochirurgie ▪ Ultrason ▪ Coagulateur à l'argon 	Non détecté à 0,0035 ppm → Inférieur aux normes

Certains composés chimiques comme le benzène sont reconnus pour leurs effets mutagènes sur les cellules. L'hypothèse concernant les propriétés mutagènes des fumées chirurgicales a été soulevée pour la première fois par l'équipe de Tomita *et al.* (34). L'expérimentation a consisté à mettre des particules de fumées chirurgicales, produites par un scalpel laser, en présence de souches bactériennes (*Salmonella typhimurium*, souches TA98 et TA100) en culture. Leurs résultats indiquent que des composés volatils contenus dans les fumées pourraient avoir un potentiel mutagène. Tomita *et al.* ont estimé à partir de leurs résultats que la vaporisation d'un gramme de tissu pourrait avoir un effet mutagène équivalent à la consommation de trois à six cigarettes. Toutefois, la méthodologie expérimentale comporte des lacunes importantes qui limitent la portée de ces résultats de même que de la conclusion des auteurs. Les fumées chirurgicales recueillies dans le cadre de ces travaux ont été dissoutes dans du diméthyl sulfoxyde (DMSO) qui est une substance reconnue pour ses propriétés cytotoxiques. Gatti *et al.* ont également évalué les propriétés mutagènes des fumées chirurgicales à l'aide des deux mêmes souches bactériennes utilisées par Tomita *et al.* L'équipe de Gatti a démontré que les fumées produites lors d'interventions au niveau de la glande mammaire avec un appareil d'électrochirurgie avaient des propriétés mutagènes chez une seule des deux souches évaluées (TA98) (35). Les chercheurs ont cependant observé que les particules de fumées perdaient de leur potentiel mutagène au cours des deux premières heures suivant leur collecte. Sur la base de ces données, Gatti *et al.* ont conclu qu'il n'est pas possible de déterminer si les fumées d'électrochirurgie représentent un risque réel pour la santé. Malgré ce constat, ils estiment qu'il serait prudent de limiter par différentes méthodes l'exposition aux fumées dans les salles d'opération. Plappert *et al.* ont évalué les effets carcinogènes de la fumée produite par laser à partir de tissus porcins. Des tests moléculaires étaient réalisés après avoir mis en culture les fumées récupérées afin d'évaluer les dommages causés à l'ADN (et aux noyaux cellulaires), les effets cytotoxiques ainsi que les taux de mutations. Les résultats obtenus suggèrent que les fumées chirurgicales ont un potentiel génotoxique, clastogène et mutagène sans toutefois préciser si ces effets perdurent dans les heures suivant l'intervention.

Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore qui interfère avec le transport de l'oxygène en se fixant à l'hémoglobine pour former la carboxyhémoglobine (COHb) réduisant ainsi l'apport en oxygène vers les tissus. Les symptômes d'une intoxication au CO sont non spécifiques et peuvent inclure des maux de tête, des étourdissements et des nausées. Une intoxication grave peut mener à un décès. On peut regrouper en deux grandes catégories les études expérimentales qui ont porté sur la mesure des concentrations de CO produit par les instruments de cautérisation. Certaines de ces études expérimentales avaient pour objectif d'évaluer les risques encourus par les patients lors d'une laparoscopie en mesurant à l'intérieur de la cavité intra-abdominale les concentrations de CO généré par la cautérisation (36-38). Les mesures incluent également des concentrations sanguines de COHb chez les patients avant et après une chirurgie (voir Annexe 2). L'autre catégorie d'études s'est intéressée au risque que représente l'exposition au CO pour le personnel soignant lors des interventions qui produisent des fumées chirurgicales. Les concentrations de CO dans ces études sont mesurées près de la zone respiratoire du personnel (11, 28, 32) et à différents endroits dans la salle d'opération (11, 32) (voir Annexe 2). Il ressort de ces expérimentations que les concentrations de CO dans la cavité intra-abdominale des patients sont supérieures aux normes

établies par les organismes de santé alors que celles mesurées à proximité des voies respiratoires du personnel et à différents endroits dans la salle d'opération sont indétectables, et ce, pour une variété de chirurgies (11, 32). Selon un des auteurs, les concentrations de CO ne dépassent pas un seuil sécuritaire même lors d'une vaporisation tissulaire de longue durée (28). Selon Scott *et al.* (2004b), le CO a plutôt tendance à demeurer localisé au site de production des fumées et il ne se propagerait pas ainsi dans toute la salle d'opération (7). Bien que ces deux catégories d'études fournissent des informations totalement différentes sur l'exposition au CO (patient versus personnel), plusieurs auteurs de revues de littérature ne font aucune distinction entre ces résultats pour établir, pour le personnel des salles d'opération, le niveau de risque associé à la présence de CO dans les fumées chirurgicales (1, 39). Cette manière de procéder peut conduire à une interprétation erronée du risque et ainsi biaiser les conclusions des auteurs.

Effets liés aux particules

Les particules respirables de taille inférieure ou égale à 10 µm représentent une autre source potentielle de risque associée à l'exposition aux fumées chirurgicales pour le personnel soignant et les patients. L'information regroupant les données expérimentales sur la taille des particules mesurées dans les fumées chirurgicales est présentée à l'Annexe 3. Selon les données recueillies, la taille des particules varie selon le type d'intervention chirurgicale, le type et le volume de tissu vaporisé, le type d'instrument utilisé pour la cautérisation et le voltage sélectionné. On a documenté la présence de particules respirables de tailles variées dans les fumées chirurgicales, soit des particules grossières (2,5 à 10 µm), fines (0 à 2,5 µm) et ultrafines (< 0,1 µm) (32, 40-46). D'un point de vue santé publique, ce sont les particules dites respirables (<10 µm ou PM₁₀) qui sont préoccupantes pour la santé de la population générale et celle des travailleurs. L'exposition à long terme à des concentrations élevées de fines particules a été associée à des problèmes respiratoires divers chez l'humain. Dans une étude réalisée par le NIOSH dans trois hôpitaux (Floride, Caroline du Nord, Virginie), les concentrations de particules grossières (PM₁₀) mesurées dans la salle d'opération au moment de la production de fumées chirurgicales étaient inférieures aux normes établies par des organismes de santé (OMS, *US Environmental Protection Agency*) (32). Ces résultats doivent être interprétés avec prudence. En effet, l'absence de données sur les concentrations de particules fines (< 2,5 µm ou PM_{2,5}) présentes dans les fumées chirurgicales ne permet pas, pour le moment, de conclure au respect ou non des normes pour cette catégorie de particules et de statuer définitivement sur le niveau de risque pour la santé. Enfin, la période durant laquelle le personnel soignant est exposé à une concentration élevée de particules ultrafines serait de courte durée selon les résultats d'une étude (41). Le risque que représentent les particules ultrafines pour la santé est toujours un sujet de débat entre les scientifiques (47).

Deux équipes de chercheurs ont rapporté que les appareils d'évacuation de fumées ne seraient pas suffisamment efficaces pour aspirer les particules (40, 48). Malgré l'utilisation d'un évacuateur de fumées, l'équipe d'Andreasson a mesuré des taux particulaires supérieurs dans les échantillons captés sur le personnel par rapport à ceux recueillis dans la salle d'opération (40). De plus, il n'y avait pas de différence quant au nombre de particules captées sur le personnel avec l'utilisation ou non de filtres à haute capacité filtrante HEPA (*high efficiency particulate air*). Andreasson *et al.* ont conclu que des améliorations devraient être apportées afin que les masques chirurgicaux ainsi que les évacuateurs de fumées soient plus efficaces (40). Une autre équipe a développé une technique afin de visualiser les fumées produites par les sources d'énergie utilisées en chirurgie (laser, ultrasons) (48). Selon les résultats photographiques obtenus, les systèmes d'évacuation des fumées avaient une efficacité variable pour aspirer certaines particules (aérosols, particules de grande taille). Les chercheurs ont observé qu'il était possible d'augmenter l'efficacité de la récupération des fumées en réduisant la distance entre la buse d'aspiration et la source (48). Toutefois, il ne serait pas possible dans tous les cas de respecter cette condition selon le type d'intervention pratiquée (40). Selon un autre auteur, certains masques chirurgicaux conçus pour filtrer les particules virales lors d'interventions par laser auraient aussi une efficacité limitée (49).

Synthèse - évaluation des risques chimiques

Selon les données disponibles dans la littérature, les concentrations de benzène, toluène, éthylbenzène et xylène sont largement inférieures aux normes fixées par des organismes reconnus. Plusieurs auteurs concluent par contre que les données probantes sont insuffisantes pour se prononcer à propos des risques associés aux composés organiques volatils pour la santé du personnel soignant. Même en absence de preuve, il est généralement recommandé, par mesure de prudence, d'utiliser un évacuateur de fumées, lorsque jugé pertinent.

Les concentrations de monoxyde de carbone mesurées au niveau de la zone respiratoire du personnel ainsi que dans la salle d'opération sont indétectables même lors d'une vaporisation tissulaire de longue durée et ne représentaient pas de risque pour la santé du personnel des salles d'opération. Des particules respirables contenues dans les fumées chirurgicales ont été

identifiées à des niveaux inférieurs aux normes fixées par des organismes de santé. La capacité de capturer les particules peut varier en fonction du type de système général de ventilation des salles d'opération, de l'appareil d'évacuation utilisé ainsi que du masque chirurgical porté.

3.2. Organismes, associations ou experts ayant émis des recommandations concernant les risques potentiels associés aux fumées chirurgicales

Une liste complète d'organismes et d'associations professionnelles qui ont émis des recommandations concernant l'exposition aux fumées chirurgicales est disponible à l'Annexe 4.

Au Canada

En 2005, des recommandations ont été émises à propos de l'utilisation de purificateurs d'air pour le contrôle des infections dans les établissements de santé ontariens par l'*Ontario Health Technology Advisory Committee* (OHTAC) (50). Selon l'OHTAC, les appareils d'évacuation peuvent être utilisés en permanence lorsque le système de ventilation ne rencontre pas les normes nationales et internationales ou lorsqu'une évaluation démontre qu'il y a des risques d'infection alors que le système de ventilation en place ne peut être modifié. Selon ce comité, les appareils d'évacuation des fumées peuvent également être requis temporairement dans des situations où l'évacuation de l'air doit être accrue.

En se basant sur les recommandations émises par l'OHTAC, les experts de l'Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé (ACMTS) concluent que les systèmes de purificateurs d'air peuvent être utilisés pour des situations temporaires lorsque le type de pathogène et le mode de transmission sont inconnus (51). Selon eux, cette mesure n'éliminerait pas la nécessité des autres précautions comme le port de gants et de masques. Selon les auteurs, les appareils devraient être stables, sécuritaires et faciles à transporter.

L'Association canadienne de normalisation (CSA, aussi connue sous le sigle ACNOR) a produit un document concernant les systèmes de ventilation et autres mesures de protection pour les travailleurs de la santé exposés à des contaminants aérogènes nuisibles (52). Selon cet organisme, le flux d'air qui doit être généré par l'appareil d'évacuation pour récupérer le panache de fumée est une source de bruit qui peut occasionner, dans certaines situations, de la nuisance pour le personnel. La décision de procéder à l'achat d'appareils d'évacuation doit s'appuyer sur une évaluation rigoureuse à partir d'un ensemble de critères incluant le nombre et le type de procédures prévues, la taille et la disposition des salles de chirurgie, une estimation de la quantité de fumées chirurgicales qui sera générée, les spécifications des fabricants et les caractéristiques inflammables des appareils. La CSA recommande également de rendre disponible une formation appropriée pour le personnel qui utilisera le matériel d'évacuation. Enfin, des mesures de contrôle doivent être effectuées afin de vérifier si la ventilation de la salle d'opération est adéquate.

En se référant aux normes de protection élaborées par la CSA, l'Association des infirmières et infirmiers de salles d'opération au Canada (AIISSOC/ORNAC) a élaboré un guide dans lequel elle propose différentes mesures à considérer pour l'évacuation des fumées dans les salles chirurgicales (53). Selon l'AIISSOC/ORNAC, un système d'évacuation à haute capacité filtrante (*ultra-low particulate air* (ULPA) 0,1 µm) devrait être utilisé pour toute procédure générant des fumées chirurgicales. De même, un masque à haute capacité filtrante devrait être utilisé lors de procédures qui génèrent des fumées chirurgicales. Des précautions supplémentaires (port de masques N95) doivent en plus être prises s'il existe des risques potentiels d'infections pouvant être transmises par les fumées chirurgicales.

En 2008, Agrément Canada a publié des normes relatives aux salles d'opération (54). Selon Agrément Canada, des virus, des gaz et des vapeurs toxiques peuvent être contenus dans les fumées. L'utilisation d'un système d'évacuation des fumées est recommandée lorsque l'instrument électrochirurgical est en opération. Trois types de précautions ont été relevés par les experts à propos des infections transmises par l'air, les gouttelettes ou le contact direct. Les précautions contre les infections transmises par l'air comprennent l'utilisation de masques pour le personnel et le patient, la fermeture de la porte de la salle d'opération en tout temps et la pose de panneaux d'isolement contre les infections transmises par l'air sur la porte de la salle d'opération. Les précautions contre les infections transmises par les gouttelettes comprennent toutes les précautions précédentes auxquelles s'ajoute l'utilisation de moyen de protection oculaire lorsqu'il existe un risque de contact avec les liquides organiques. Finalement, les précautions à suivre pour limiter le risque d'infections par contact direct incluent le retrait de toutes pièces d'équipement superflue, la pose de panneaux d'isolement contre les infections transmises par contact sur les portes de la salle

d'opération, le port de gants et de blouses, l'utilisation de draps pour recouvrir le patient et le nettoyage final de la salle d'opération.

Aux États-Unis

Les experts de l'*Emergency Care Research Institute* (ECRI, 1994) rapportent que le débit d'air engendré par les systèmes utilisés habituellement dans les salles d'opération peut être suffisant pour évacuer les fumées au cours de certaines procédures. Par contre, selon eux, des évacuateurs de fumées doivent être utilisés lorsque des applications nécessitent des débits supérieurs.

Les travaux réalisés par un groupe de chercheurs du NIOSH ont montré que des contaminants aériens générés par les appareils chirurgicaux pouvaient être contrôlés efficacement à partir d'une ventilation générale combinée avec des systèmes de ventilation locaux (32, 55). Les analyses effectuées par ce groupe de chercheurs sur les échantillons d'air prélevés dans trois hôpitaux indiquent que les concentrations de substances chimiques (benzène, toluène, xylène et monoxyde de carbone) et de particules émises lors d'interventions chirurgicales variées sont inférieures aux normes de sécurité établies. Toutefois, un nombre élevé de cas d'irritation aux yeux et aux poumons et de plaintes diverses concernant les odeurs des fumées a été rapporté par le personnel des salles d'opération. Les chercheurs ont conclu que la ventilation des salles est généralement insuffisante pour aspirer à la source les composés chimiques générés lors de procédés de cautérisation. Ainsi, l'utilisation d'un appareil d'aspiration des fumées devrait être envisagée en complémentarité avec le système de ventilation général lorsque des particules aériennes sont produites pendant une intervention chirurgicale.

L'OSHA se réfère au document publié par le NIOSH sur les risques associés aux fumées chirurgicales. Selon l'OSHA, un entretien régulier des appareils d'évacuation des fumées doit être effectué (56). De plus, des précautions adéquates doivent être prises lors d'interventions au laser chez des patients infectés par des virus, comme le virus de l'hépatite et le VIH.

Selon les experts de l'*American Society for Laser Medicine and Surgery* (ASLMS), les systèmes d'évacuation devraient être utilisés en tout temps, dans toutes les salles d'opération et les aires où des particules tissulaires sont générées, et ce, indépendamment de la source (57). Ces experts recommandent également d'utiliser des moyens de protection oculaire, des masques, des gants et des vêtements appropriés pour le personnel.

L'*Association of periOperative Registered Nurses* (AORN) a publié un document à propos des pratiques recommandées lors d'interventions chirurgicales avec laser (58). Selon les auteurs de ce document, les recommandations émises sont des lignes directrices qui doivent tenir compte du contexte dans lequel se pratiquent les interventions chirurgicales. L'information concernant la démarche méthodologique utilisée n'est toutefois pas rapportée, en particulier pour la sélection et la qualité de la documentation retenue. Les recommandations émises par cet organisme concernant l'exposition aux fumées lors d'interventions chirurgicales au laser sont plutôt générales et se limitent à utiliser un système d'évacuation, lorsqu'applicable, et des précautions standards. L'AORN a estimé que l'exposition aux fumées chirurgicales peut représenter un risque pour les patients et les professionnels (59). Cependant, aucune information n'est disponible sur la démarche qui a été menée par les experts de l'AORN pour émettre cet avis. Selon eux, une ventilation locale avec le port de masques chirurgicaux à capacité élevée de filtration (filtre de 0,1 µm ayant une efficacité de 99,999 %) ainsi qu'une protection oculaire et cutanée sont recommandés lors d'interventions produisant des fumées chirurgicales. L'AORN suggère également de mettre en œuvre des programmes de formation pour le personnel.

Autres pays

En Angleterre, les experts du *Control of Substances Hazardous to Health* (COSHH) (60), équivalent à la Commission des normes du travail du Québec, ont estimé que les salles d'opération ont habituellement une ventilation générale adéquate. Un système local d'évacuation est selon eux requis dans des situations particulières lorsque le système de ventilation général n'est pas suffisamment puissant pour récupérer les fumées chirurgicales. La formation du personnel qui a la responsabilité d'utiliser des appareils d'évacuation des fumées est par ailleurs recommandée.

Un document produit en Angleterre par *The Association for Perioperative Practice* (AfPP), anciennement sous le nom de *National Association of Theatre Nurses* (NATN), recense plusieurs organismes qui se sont prononcés sur les dangers des fumées chirurgicales dans le milieu hospitalier (61). Selon cette association, des outils de contrôle et de l'équipement de protection devraient être utilisés afin de protéger le personnel et les patients qui sont exposés aux fumées. L'AfPP considère qu'il est possible que des agents infectieux soient présents dans les fumées chirurgicales et qu'il y a un risque potentiel pour le

personnel. En conséquence, il est recommandé aux employeurs d'évaluer le risque d'exposition et d'utiliser un évacuateur de fumées lorsqu'il existe un réel danger. Les masques chirurgicaux à haute capacité de filtration sont également recommandés par les experts de cette association.

Un groupe d'experts de l'hôpital de Rotherham en Angleterre (10, 11) a réalisé une évaluation des risques d'exposition aux contaminants chimiques et biologiques contenus dans les fumées produites lors de procédés par laser et électrochirurgie (voir les sections précédentes pour plus de détails). Ils ont conclu qu'il n'est pas nécessaire d'offrir au personnel de l'équipement additionnel de protection ou de procéder à l'achat d'évacuateurs de fumées. Selon eux, cette situation pourrait changer si de nouvelles données probantes justifiaient de reconsidérer les risques.

Selon l'*Australian Safety and Efficacy Register of New International Procedures-Surgical* (ASERNIP-S) (62), l'évacuateur de particules, lorsqu'il est utilisé, doit être placé le plus près possible de la source de production des particules. Cet endroit doit être recouvert dans la mesure du possible par du matériel jetable. L'utilisation d'équipement de protection de la figure ainsi que le port du bonnet chirurgical sont recommandés.

Synthèse - Organismes, associations ou experts ayant émis des recommandations

Plusieurs organismes nationaux ou internationaux, associations ou experts se sont prononcés sur les risques potentiels associés aux fumées chirurgicales pour la santé du personnel soignant. Généralement, une approche de précaution est préconisée par ces organismes, de même que le recours à des moyens de protection.

3.3. Principales limites de la recherche documentaire

L'ensemble des constats et des recommandations concernant les risques associés à l'exposition aux contaminants chimiques et biologiques contenus dans les fumées chirurgicales qui ont été répertoriés dans ce rapport repose sur des consensus ou des avis d'experts ainsi que sur des données expérimentales en recherche fondamentale. Aucun essai clinique randomisé n'a été identifié. Les preuves scientifiques sur lesquelles se basent les conclusions et les recommandations des experts n'ont pas été évaluées de manière approfondie. Par ailleurs, les phénomènes de nuisance reliés à l'exposition aux fumées chirurgicales (par ex. odeur, vision obstruée, irritation aux yeux et aux poumons, bruit, encombrement par l'appareil) ont été peu évalués jusqu'à maintenant.

4. ÉLÉMENTS À CONSIDÉRER POUR LA PRISE DE DÉCISION

4.1. Les risques liés à l'exposition aux fumées chirurgicales

- La présence de contaminants biologiques dans les fumées chirurgicales pourrait représenter un risque pour la santé du personnel. Bien que des cas d'infection à papillomavirus aient été répertoriés chez des chirurgiens (19, 22), il n'est pas possible d'exclure la transmission par contact direct avec les mains (gants) du chirurgien pour expliquer la cause de la maladie professionnelle (22). De plus, il n'est pas mentionné dans ces études si des moyens de protection adéquats avaient été utilisés.
- Selon les études consultées, la viabilité cellulaire et les risques d'effets mutagènes ne sont pas prouvés et sont à déterminer.
- Le type d'intervention chirurgicale ainsi que l'état de santé des patients (par ex. infection par le VIH ou le papillomavirus) sont des facteurs à prendre en considération lors de l'évaluation des risques associés aux fumées chirurgicales.
- Les risques associés aux substances chimiques présentes dans les fumées chirurgicales (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène) sont faibles, puisque toutes les études ont rapporté des concentrations inférieures aux normes reconnues en milieu de travail.
- Les concentrations de monoxyde carbone sont indétectables à proximité de la zone respiratoire du personnel (11) de même qu'à différents endroits dans une salle d'opération (11, 32), et ce, pour une variété de chirurgies (32). De faibles concentrations ont été identifiées lors d'une vaporisation tissulaire de longue durée (28). Il n'a pas été démontré que le monoxyde de carbone produit lors de ces interventions pouvait représenter un risque pour le personnel soignant.
- Il est connu que les particules dont la taille est inférieure à 10µm sont généralement respirables (45). Les particules de 2 à 5 µm sont généralement déposées sur la paroi de la cloison nasale, du nasopharynx, de la trachée et des bifurcations des bronches. Les particules d'un diamètre de 0,5 à 2 µm sont déposées au niveau alvéolaire (45). La taille des particules produites dans les fumées varie selon le type d'intervention chirurgicale, la quantité et le type de tissu vaporisé, le voltage choisi ainsi que les instruments utilisés. Il y a peu de données disponibles sur les concentrations en particules qui sont générées lors de procédures effectuées par laser et électrochirurgie. Les risques associés aux particules présentes dans les fumées chirurgicales sont à déterminer (40, 45).
- Le phénomène de nuisance (bruit, odeur, irritation des muqueuses, gêne visuelle) associé à l'exposition aux fumées chirurgicales et à l'utilisation des appareils portables de filtration des fumées a été peu étudié.

4.2. Les systèmes de ventilation et de filtration des fumées

- Selon plusieurs organismes, les systèmes de ventilation ambiants des salles d'opération s'avèrent généralement suffisants pour évacuer les fumées (10, 11, 50, 51).
- Bien qu'il soit fait mention dans plusieurs documents de système portable d'évacuation, il serait plus juste de parler dans la majorité des cas de système portable de filtration puisque l'appareil portable n'est pas relié à un système général d'évacuation.
- La CSA a établi des normes concernant les systèmes de ventilation utilisés dans les salles d'opération (52). Selon cet organisme, le recours à un système portable de filtration des fumées doit être évalué en fonction de chaque situation.
- Les systèmes de filtration des fumées chirurgicales diffèrent dans leur capacité et leur efficacité à aspirer les particules émises lors des interventions (40, 48, 52). Certains systèmes portables de filtration des fumées ont une efficacité limitée pour aspirer des aérosols et des particules de grande taille.
- Le maintien d'une distance minimale entre la buse d'aspiration et la source de production des fumées favoriserait une plus grande récupération des contaminants (48), mais il pourrait s'avérer difficile à appliquer dans le contexte de certaines interventions chirurgicales (40).
- Les filtres à haute capacité filtrante HEPA retrouvés dans les appareils portables de filtration des fumées auraient une capacité limitée à capter les particules (40).
- Les normes de ventilation des salles d'opération et de protection du personnel soignant peuvent différer entre les pays. Ainsi, les données en provenance des organismes doivent être interprétées en considérant le contexte dans lequel les interventions chirurgicales sont réalisées (10).
- Le bruit causé par la succion de l'air par un appareil portable de filtration des fumées est un inconvénient à considérer et à évaluer dans la prise de décision visant l'acquisition d'appareils (52). Il n'est pas connu pour l'instant si l'exposition des

travailleurs de la santé aux bruits causés par les appareils portables de filtration des fumées peut occasionner des problèmes de santé ou encore affecter les communications entre les intervenants dans une salle d'opération.

4.3. Les équipements de protection individuelle

- Le port de gants, de lunettes et d'un masque approprié et adéquatement ajusté sont en général des moyens de protection efficaces contre les contaminants biologiques et chimiques (50, 52, 57, 58).
- Certains masques chirurgicaux conçus pour filtrer les particules virales lors d'interventions par laser peuvent avoir une efficacité limitée (49). La capacité des masques à filtrer des particules dont la taille se situe entre 0,02 et 1 µm n'est pas déterminé selon certaines études (40, 42).
- Il semble que les masques chirurgicaux à haute capacité filtrante fournissent une protection adéquate lors de vaporisation tissulaire au laser ou par électrocoagulation (23). En effet, les cellules, les bactéries et les virus seraient transportés sur des particules de taille assez grande pour être bloqués par le masque (12, 23). L'hypothèse de l'interception des particules virales par les caractéristiques électrostatiques des masques reste à être prouvée.
- Afin d'offrir une protection maximale, le masque utilisé doit être approprié au type d'intervention réalisée et correctement ajusté au contour du visage du porteur (49).

4.4. Éléments reliés au contexte du CHUQ

Portrait de la situation à établir

- Les risques associés aux fumées chirurgicales doivent être déterminés en fonction du type d'intervention, de la durée de la vaporisation tissulaire, de la quantité de tissus vaporisés et des possibilités de transmission d'agents infectieux ou de production de contaminants chimiques. L'équipe en prévention et contrôle des infections devrait être mise à contribution pour l'évaluation des risques biologiques. Les experts de la santé et de la sécurité au travail devraient être sollicités au besoin s'il s'avère nécessaire de procéder à la mesure des concentrations de certaines substances chimiques lors d'interventions chirurgicales.
- Les équipements de protection individuelle (masques, bonnet, lunettes protectrices, gants) doivent être déterminés selon le type d'intervention chirurgicale effectuée et portés adéquatement par le personnel.
- Une analyse des débits d'air devrait être effectuée dans les salles d'opération des établissements du CHUQ afin de déterminer si les systèmes de ventilation générale en place sont suffisants pour évacuer les fumées produites lors d'interventions chirurgicales par laser ou électrochirurgie. Les intervenants en santé et sécurité au travail devraient être sollicités pour participer à cette évaluation.
- Dans la situation où la ventilation d'une salle d'opération est absente ou insuffisante pour répondre aux normes d'évacuation des fumées, l'acquisition de l'équipement nécessaire à la filtration des fumées devra alors être évaluée. La performance des systèmes de ventilation, des appareils portables de filtration des fumées ainsi que des filtres devrait être vérifiée sur une base régulière selon les recommandations des fabricants.
- Le personnel devrait avoir accès à de la formation concernant les lignes directrices à suivre lors d'interventions chirurgicales au laser, par électrochirurgie ou par ultrason.
- Les inconvénients liés à l'utilisation des appareils portables de filtration des fumées (par ex. bruit, encombrement) doivent être pris en considération.
- Un programme d'entretien régulier des appareils portables de filtration des fumées incluant le nettoyage des filtres devrait être mis en place lorsqu'un établissement prévoit en faire l'acquisition.

Coûts et répartition des évacuateurs de fumée

En 2009-2010, les dépenses associées à l'utilisation d'appareils portables de filtration de fumées au CHUQ s'établissaient à 82 240 \$ pour un total de 22 appareils répartis dans les trois hôpitaux du CHUQ. Actuellement, 70 % des salles de chirurgie sont équipées d'appareils portables de filtration des fumées. Les coûts directs annuels associés à l'utilisation des appareils portables de filtration des fumées ainsi que le nombre d'appareils par pavillon au CHUQ sont présentés au Tableau 2. Les coûts présentés ne tiennent pas compte de la fréquence d'utilisation des appareils, de l'usage des fournitures spécifiques à un type de chirurgie, de la compagnie fournissant les appareils ainsi que de la performance du système de ventilation des salles chirurgicales. L'achat des appareils portables de filtration des fumées s'effectuerait présentement auprès de deux fournisseurs.

Tableau 2. Coûts directs annuels associés à l'utilisation des appareils portables de filtration des fumées pour les hôpitaux du CHUQ en 2009-2010

Hôpitaux*	Nombre de salles actives de chirurgie	Nombre d'appareils	Nombre d'appareils par salle	Coûts réels annuels des fournitures
CHUL	8	11	1,38	23 658 \$
L'HDQ	9	4	0,44	25 851 \$
HSFA	10	7	0,70	32 731 \$
Total	27	22	0,81	82 240 \$

*CHUL : Centre hospitalier de l'Université Laval; L'HDQ : L'Hôtel-Dieu de Québec; HSFA : Hôpital Saint-François d'Assise

Bien que les données recueillies s'avèrent approximatives, il appert que la répartition des appareils dans les trois hôpitaux du CHUQ devrait être regardée en tenant compte de l'efficacité des systèmes de ventilation des salles de chirurgie, de la fréquence d'utilisation des appareils ainsi que des types de chirurgies réalisées.

5. CONCLUSION

Les données présentement disponibles issues d'études de faible qualité méthodologique ne permettent pas d'établir si l'exposition aux fumées chirurgicales pourrait représenter un risque pour la santé des travailleurs. Le niveau de risque est potentiellement modulé par l'effet de plusieurs facteurs, dont le type d'intervention chirurgicale (type de tissus) pratiqué, la quantité de fumées générées selon la durée de l'intervention, la taille des particules, la puissance de vaporisation, la capacité du système général de ventilation et d'évacuation, ainsi que l'état de santé du personnel et du patient. En raison de l'incertitude qui existe concernant les risques associés aux fumées chirurgicales, plusieurs organismes et associations professionnelles au Canada et ailleurs dans le monde ont recommandé une approche de précaution allant de la protection individuelle jusqu'à l'utilisation d'appareils portables de filtration des fumées. La qualité du système de ventilation des salles d'opération est un élément fondamental à toutes mesures qui sont implantées pour protéger la santé du personnel soignant dans les salles d'opération. Il apparaît essentiel que les mesures de protection additionnelles qui seront mises en place dans les salles d'opération soient déterminées par un groupe d'experts interdisciplinaire (personnel soignant, santé et sécurité au travail, prévention et du contrôle des infections, soins infirmiers, etc.) et adaptées à la réalité budgétaire et au contexte particulier du CHUQ.

ANNEXES

Annexe 1 : Revue documentaire (Pubmed), réalisée le 28 mars 2011

[Particulate Matter [Mesh] OR Smoke inhalation injury [Mesh] OR Air pollution [Mesh] OR vapeur OR vapeurs OR fume OR fumes OR plume OR plumes OR noxious airborne OR smoke OR smokes OR aerosol vapour OR "air contaminant" OR "air contaminants" OR bioaerosol

AND

Electrosurgery [Mesh] OR Electrocoagulation [Mesh] OR Laser Therapy [Mesh] OR Ultrasonic Therapy [Mesh] OR Ablation Technique [Mesh] OR electrocautery OR "laser ablation" OR "electrosurgical unit" OR laser OR lasers OR "ultrasonic device" OR "ultrasonic devices" OR high-speed electrical device]

NOT

Smoking

Limites : Chez l'humain*, langue anglaise et française

*Pour les risques biologiques et chimiques, les études portant sur la vaporisation par électrochirurgie ou laser de tissus animaux ont été incluses

Annexe 2 : Tableau synthèse des études rapportant des concentrations de benzène, toluène, éthylbenzène et xylène dans les fumées chirurgicales

Premier auteur, année	Type de chirurgie ou de tissus	Type d'instrument	Méthode de récupération des fumées	Résultats	Normes
BENZÈNE					
Weston, 2009	Résection prostatique	Électrochirurgie ou ultrason (vaporisation)	Fumée récupérée à l'aide de filtres de carbone insérés dans l'évacuateur de fumées	Max. 0,005 ppm	IRRST <ul style="list-style-type: none"> • VEMP : 1 ppm • VECD : 5 ppm OSHA (PEL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 1 ppm • STEL : 5 ppm ACGIH (TLV) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 0,5 ppm • STEL : 2,5 ppm NIOSH (REL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 0,1 ppm • STEL : 1 ppm • IDHL : 500 ppm OMS <ul style="list-style-type: none"> • 0,04 ppm pendant 24 heures
Al Sahaf, 2007	Ablation de verrues Sinus pilonidal Chirurgie abdominale	Électrochirurgie	Fumée récupérée dans des filtres de charbon insérés dans le tube de succion	Non détecté Non détecté Non détecté	
Moot, 2007	Chirurgie abdominale	Électrochirurgie	Fumée récupérée à moins de 2 cm de la pointe de la buse d'aspiration	Non détecté	
Krones, 2007	Tissus porcins	Électrochirurgie Ultrason Coagulateur à l'argon	Gaz absorbés pendant 20 minutes à une distance de 50 cm. Système d'aération standard sans évacuateur de fumées	Max. 0,05 ppm Max. 0,00009 ppm Max. 0,00063 ppm	
King, 2006 (NIOSH)	Variété de chirurgies dans trois hôpitaux	Toute chirurgie générant des particules	Évaluation des substances chimiques pour 26 interventions (n = 38 chirurgies au total). Prise d'échantillons à 4 ou 5 endroits dans la salle d'opération	Non détectée	
Scott, 2004b	Chirurgie de la poitrine, orthopédique et appendicectomie	Non mentionné	Prise d'échantillon au cou du personnel et des chirurgiens, échantillons statiques à 3 m du site de chirurgie	Max. 1 ppm	
Wu, 1997	Chirurgie abdominale, porc	Électrochirurgie	Durant une électrochirurgie, mesure à l'aide de tubes détecteurs placés à proximité du trocart lors de l'intervention	Non détecté	
Sagar, 1996	Chirurgie intestinale	Électrochirurgie	Fumée récupérée à l'aide d'un tube fixé à la buse d'aspiration ou tenu au-dessus de la buse lors de l'intervention	0,02 ppm	
TOLUÈNE					
Lin, 2010	Chirurgie mammaire	Électrochirurgie	Fumée récupérée à l'aide d'un tube fixé au stylo de cautérisation	Max. : 1,46 ppm	IRRST <ul style="list-style-type: none"> • VEMP : 50 ppm OSHA (PEL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 200 ppm • Valeur plafond : 300 ppm ACGIH (TLV) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 50 ppm NIOSH (REL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm • STEL : 150 ppm • IDHL : 500 ppm OMS <ul style="list-style-type: none"> • 0,069 ppm pendant une semaine
Weston, 2009	Résection prostatique	Électrochirurgie ou ultrason (vaporisation)	Fumée récupérée à l'aide de filtres de carbone insérés dans l'évacuateur de fumées	Max. : 0,005 ppm	
Al Sahaf, 2007	Ablation de verrues Sinus pilonidal Chirurgie abdominale	Électrochirurgie	Fumée récupérée dans des filtres de charbon insérés dans le tube de succion	0,00117 ppm 0,0006 ppm 0,0002 ppm	
Krones, 2007	Chez le porc	Électrochirurgie Ultrason Coagulateur à l'argon	Gaz absorbés pendant 20 minutes à une distance de 50 cm. Système d'aération standard sans évacuateur de fumées	Max. 0,037 ppm Max. 0,0002 ppm Max. 0,0009 ppm	
King, 2006 (NIOSH)	Variété de chirurgies dans trois hôpitaux	Toute chirurgie générant des particules	Évaluation des substances chimiques pour 26 interventions (n = 38 chirurgies au total). Prise d'échantillons à 4 ou 5 endroits dans la salle d'opération	Max. 0,72 ppm	
Hollmann, 2002	Réduction mammaire	Électrochirurgie	Fumée récupérée à 2 cm du point d'origine dans un réservoir	17 ppm	
Hensman, 1998	Cautérisation de foie de porc	Électrochirurgie	Intervention de 15 minutes, mesures à l'aide de tubes détecteurs placés à la sortie de la chambre des fumées	Identifié	

Premier auteur, année	Type de chirurgie ou de tissus	Type d'instrument	Méthode de récupération des fumées	Résultats	Normes
Sagar, 1996	Chirurgie intestinale	Électrochirurgie	Fumée récupérée à l'aide d'un tube fixé à la buse d'aspiration ou tenu au-dessus de la buse lors de l'intervention	0,12 ppm	
Premier auteur, année	Type de chirurgie ou de tissus	Type d'instrument	Méthode de récupération des fumées	Résultats	Normes
ÉTHYLBENZÈNE					
Weston, 2009	Résection prostatique	Électrochirurgie ou ultrason (vaporisation)	Fumée récupérée à l'aide de filtres de carbone insérés dans l'évacuateur de fumées	Max. : 0,002 ppm	IRRST <ul style="list-style-type: none"> • VEMP : 100 ppm • VECD : 125 ppm OSHA (PEL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm ACGIH (TLV) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm • STEL : 125 ppm NIOSH (REL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm • STEL : 125 ppm • IDHL : 800 ppm OMS <ul style="list-style-type: none"> • 5 ppm pendant un an
Al Sahaf, 2007	Ablation de verrues	Électrochirurgie	Fumée récupérée dans des filtres de charbon insérés dans le tube de succion	0,007 ppm	
	Sinus pilonidal			Sous la limite de détection	
	Chirurgie abdominale			Sous la limite de détection	
Krones, 2007	Tissus porcins	Électrochirurgie	Gaz absorbés pendant 20 minutes à une distance de 50 cm. Système d'aération standard sans évacuateur de fumées	Max. 0,0073 ppm	
		Ultrason		Max. 0,00002 ppm	
		Coagulateur à l'argon		Max. 0,0002 ppm	
Hollmann, 2002	Réduction mammaire	Électrochirurgie	Fumée récupérée à 2 cm du point d'origine dans un réservoir	12 ppm	
Hensman, 1998	Cautérisation de foie de porc	Électrochirurgie	Intervention de 15 minutes, a été mesurée à l'aide de tubes détecteurs placés à la sortie de la chambre des fumées	Identifié	
Sagar, 1996	Chirurgie intestinale	Électrochirurgie	Fumée récupérée à l'aide d'un tube fixé à la buse d'aspiration ou tenu au-dessus de la buse lors de l'intervention	0,0083 ppm	
XYLÈNE					
Weston, 2009	Résection prostatique	Électrochirurgie ou ultrason (vaporisation)	Fumée récupérée à l'aide de filtres de carbone insérés dans l'évacuateur de fumées	Max. : 0,002 ppm	IRRST <ul style="list-style-type: none"> • VEMP : 100 ppm • VECD : 150 ppm OSHA (PEL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm ACGIH (TLV) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm • STEL : 150 ppm NIOSH (REL) <ul style="list-style-type: none"> • TWA : 100 ppm • STEL : 150 ppm • IDHL : 900 ppm OMS <ul style="list-style-type: none"> • 1,1 ppm pendant 24 heures
Al Sahaf, 2007	Ablation de verrues	Électrochirurgie	Fumée récupérée dans des filtres de charbon insérés dans le tube de succion	0,0014 ppm	
	Sinus pilonidal			Sous la limite de détection	
	Chirurgie abdominale			Sous la limite de détection	
Krones, 2007	Tissus porcins	Électrochirurgie	Gaz absorbés pendant 20 minutes à une distance de 50 cm. Système d'aération standard sans évacuateur de fumées	Max. 0,0035 ppm	
		Ultrason		Max. 0,00002 ppm	
		Coagulateur à l'argon		Max. 0,0005 ppm	
King, 2006 (NIOSH)	Variété de chirurgies dans trois hôpitaux	Toute chirurgie générant des particules	Évaluation des substances chimiques pour 26 interventions (n = 38 chirurgies au total). Prise d'échantillons à 4 ou 5 endroits dans la salle d'opération	Non détectée	

Annexe 2 : Tableau synthèse des études rapportant des concentrations de monoxyde de carbone

MONOXYDE DE CARBONE (CO)					
Premier auteur, année	Type de chirurgie ou de tissus	Type d'instrument/ Durée d'intervention	Méthode de récupération des fumées	Résultats	Normes
ÉTUDES ÉVALUANT LES RISQUES POUR LE PERSONNEL SOIGNANT					
Krones, 2007	Tissus porcins	Électrochirurgie / 20 minutes	Gaz absorbés pendant 20 minutes à une distance de 50 cm. Système d'aération standard sans évacuateur de fumées	Max. 30 ppm	IRRST • VEMP : 35 ppm • VECD : 200ppm OSHA (PEL) • TWA : 50 ppm ACGIH (TLV) • TWA : 25 ppm • COHb 3,5% NIOSH (REL) • TWA : 35 ppm • Seuil plafond : 200 ppm OMS • 87 ppm, 15 min. • 52 ppm, 30 min • 26 ppm, 1 heure • 9 ppm, 8 heures
		Ultrason / 20 minutes		Max. < 15 ppm	
		Coagulateur argon / 20 minutes		Max. < 15 ppm	
King, 2006 (NIOSH)	Variété de chirurgies dans trois hôpitaux	Toute chirurgie générant des particules	Évaluation des substances chimiques pour 26 interventions (38 chirurgies). Prise d'échantillon à 4 ou 5 endroits dans la salle d'opération avec détecteur de CO	Non détecté	
Scott, 2004b	Chirurgie à la poitrine, orthopédique ou appendicectomie	Non spécifié	Prise d'échantillon au cou du personnel et des chirurgiens, à 3 m du site de chirurgie. Détecteur de CO	Non détecté	
ÉTUDES ÉVALUANT LES RISQUES D'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE POUR LES PATIENTS					
Soro, 2004	Laparoscopie	Électrochirurgie / 42 ± 13 minutes avec un temps cumulatif de 2,4 ± 1,8 minutes	9 patients (2 fumeurs). Ont reçu 30% O ₂ . Concentrations mesurées par un appareil pouvant détecter de 1 à 600 ppm	Max. de 481 ppm Différence non significative pour CO alvéolaire et COHb	
Ott, 1998	Laparoscopie	Laser / 85 ± 17 minutes dont 2,35 ± 1,15 minutes d'utilisation du laser Groupe contrôle / 75 ± 12,5 minutes.	50 patientes (non fumeuses), 25 opérées avec laser et 25 sans laser (groupe contrôle). Concentration de CO mesurée par une pompe. Prise de sang des patients	Moyenne de 425 ppm après 2 minutes de laser COHb significativement plus élevé dans le groupe par laser (p<0,05)	
Nezhat, 1996	Laparoscopie	Laser / 141 ± 72 minutes	27 patients (non fumeurs). Prise de sang avant et après l'intervention. Évacuateur de fumée dans la salle et patients ventilés avec 50-100% O ₂ . Mesure par chromatographie	COHb : Avant chirurgie : 0,70 ± 0,15 % Après chirurgie : 0,58 ± 0,20%	
Esper, 1994	Laparoscopie	Électrochirurgie / temps médian de 85 minutes dont 35 minutes d'utilisation de l'instrument	35 patients (3 fumeurs). Appareil mesurant les concentrations de CO, prise de mesure dans la cavité péritonéale. Prise de sang avant, pendant et après la chirurgie	Moyenne maximale détectée durant l'intervention : 326 ± 360 ppm COHb Avant électrochirurgie : 0,7 ± 0,6 % Après électrochirurgie : 1,2 ± 0,7 %, p < 0,01	
Beebe, 1993	Laparoscopie	Électrochirurgie / 150 ± 26 minutes, temps d'utilisation de l'instrument de 21 ± 8 minutes	9 patients (3 fumeurs). Tubes détecteurs de CO. Prise de sang avant et après la chirurgie	Concentration médiane max. : 475 ppm CO COHb : Avant chirurgie 1,3 ± 0,7 % Après chirurgie : 1,2 ± 0,7 %, non significatif	

OSHA : Occupational Safety and Health Administration
 ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
 NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health
 OMS: Organisation mondiale de la santé
 PEL: Permissible Exposure Limits
 TLV: Threshold Limit Value
 REL: Recommended Exposure Limit
 IDHL: Immediately Dangerous to Life and Health Concentration
 ppm : partie par million

VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée : Concentration moyenne pondérée pour une période de huit heures par jour, en fonction d'une semaine de 40 heures, d'une substance chimique (sous forme de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards) présente dans l'air au niveau de la zone respiratoire du travailleur. Équivalent au TWA: Time weighted average.

VECD : Valeur d'exposition de courte durée : Concentration moyenne, pondérée sur 15 minutes, pour une exposition à une substance chimique (sous forme de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards) qui ne doit pas être dépassée durant la journée de travail, même si la VEMP est respectée. L'exposition moyenne au cours d'une période de 15 minutes consécutives peut être comprise entre la VEMP et la VECD pourvu que de telles expositions ne se reproduisent pas plus de quatre fois par jour et qu'elles soient entrecoupées l'une de l'autre par des périodes d'au moins 60 minutes. Équivalent au STEL: Short-term Exposure Level.

Annexe 3 : Tableau synthèse des études rapportant la taille des particules retrouvées dans les fumées chirurgicales

Premier auteur, année	Type de chirurgie ou de tissus	Type d'instrument	Méthode de récupération des fumées	Résultats	Normes*
Andreasson, 2009	Péritonectomie	Électrochirurgie	Fumée récupérée à 2 ou 3 cm de la respiration du personnel, à 3 m de l'origine des fumées et à 2 m à l'arrière d'un évacuateur de fumées. Nombre déterminé par un compteur de particules	Concentration médiane de particules pour le personnel : 800 particules / ml / heure Concentration médiane dans la salle : 6200 particules / ml / heure	<p>OMS</p> <p>PM₁₀</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 µg/m³ moyenne annuelle • 25 µg/m³ moyenne sur 24 heures <p>PM_{2,5}</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 µg/m³ moyenne annuelle • 50 µg/m³ moyenne sur 24 heures <p>US EPA</p> <p>PM₁₀</p> <ul style="list-style-type: none"> • 65 µg/m³ moyenne sur 24 heures <p>PM_{2,5}</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 µg/m³ moyenne annuelle • 35 µg/m³ moyenne sur 24 heures
Farrugia, 2009	Tissus utérins	Électrochirurgie (monopolaire)	Les tissus étaient placés dans une solution lors de la procédure, puis la solution était centrifugée afin de recueillir les particules insolubles. Évaluation par microscopie électronique	Diamètre médian : 0,128 µm Plus de 50% des particules > 500 µm 9,96% des particules < 5 µm	
		Électrochirurgie (bipolaire)		Diamètre médian : 0,254 µm Plus de 50% des particules > 500 µm 3,81% des particules < 5 µm	
Weld, 2007	Muscles de porc	Électrochirurgie (monopolaire)	Particules recueillies et triées à l'aide d'un compteur de particules et mesurées par microscopie électronique	Taille moyenne géométrique des particules : Min : 99,1 nm Max : 924 nm	
		Électrochirurgie (bipolaire)		Taille moyenne géométrique des particules : Min : 66,7 nm Max : 889 nm	
		Ultrason		Taille moyenne géométrique des particules : Min : 68,3 nm Max : 994 nm	
Brüske-Hohfeld, 2008	Variété de chirurgies	Électrochirurgie Coagulateur à l'argon	Particules recueillies comptées à l'aide d'un compteur de particules	Concentration moyenne de 74 à 12 200 particules par cm ³ d'air	
King 2006 (NIOSH)	Variété de chirurgies	Toute chirurgie générant des particules	Évaluation de la concentration des particules pour 12 interventions (n = 19 chirurgies au total). Mesures effectuées dans trois hôpitaux	Concentration max. de particules inférieures à 10 µm (PM10) : 21 µg / m ³	
Taravella, 2001	Ablation de la cornée	Laser	Filtres en papier insérés à l'entrée de la buse d'aspiration d'un évacuateur de fumées tenu à 1 à 2 cm	Moyenne (± écart-type) de la taille des particules récupérées : 0,22 ± 0,056 µm (0,13 à 0,42 µm)	
DesCôteaux, 1996	Laparoscopie	Électrochirurgie	Particules aspirées et triées à l'aide d'un système de filtration	Diamètres de 0,05 à plus de 25 µm Majorité des particules entre 0,1 et 1 µm	
Nezhat, 1987	Laparoscopie pour endométriose	Laser	Particules récupérées dans des sacs stériles, puis triées à l'aide d'un système de filtration	Diamètre médian : 0,31 µm (0,10 à 0,80 µm)	

*PM₁₀ : Particules entre 2,5 et 10 µm; PM_{2,5} : Particules entre 0 et 2,5 µm

Annexe 4 : Organismes qui ont publié des recommandations à propos des risques associés aux fumées chirurgicales

Nom de l'organisme	Année	Titre	Références
CANADA			
Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé (ACMTS)	2008	<i>Portable Air Purifiers for Removal of Airborne Pathogens in Close Proximity Settings: clinical and cost-Effectiveness</i>	www.cadth.ca
Association canadienne de normalisation (CSA)	2009	<i>Plume scavenging in surgical, diagnostic, therapeutic, and aesthetic settings</i>	Rapport Z305.13-09 http://www.csa.ca
Association des infirmières et infirmiers de salles d'opération au Canada (AIISOC/ORNAC)	2009	<i>Standards, guidelines, and position statements for perioperative registered nursing practice</i>	9e édition, 370 pages http://www.ornac.ca
Agrément Canada	2010	Normes relatives aux salles d'opération	Programme Qmentum 2010, page 11 http://www accreditation.ca
Ontario Health Technology Advisory Committee (OHTAC)	2005	<i>OHTAC Recommendation - Air Cleaning Technologies</i>	<i>Medical Advisory Secretariat. Air cleaning technologies: an evidence-based analysis. Series 2005; 5(17)</i> http://www.health.gov.on.ca
ÉTATS-UNIS			
Association of periOperative Registered Nurses (AORN)	2004	<i>Recommended practices for laser safety in practice settings.</i>	Aorn J 67(1): 263-4, 267-9 et 79(4): 836-8, 841-4. www.aorn.org
American Society for Laser Medicine and Surgery (ASLMS)	2007	<i>Position Statement on Surgical Smoke and bio-Aerosols</i>	www.aslms.org/public/smokingguns1.shtml
National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)	2001	<i>Control of Smoke From Laser/Electric Surgical Procedures</i>	<i>Health Hazard Evaluation Reports : HETA#2001-0066-3019; HETA#2001-0030-3020; HETA#2000-0402-3021</i> www.cdc.gov/niosh/hc11.html
American National Standards Institute (ANSI) *	2005	<i>Safe Use of Lasers in Health Care Facilities</i>	ANSI Z136.3 www.ansi.org
American Nurses Association (ANA)	1996	<i>Occupational Health Hazzard: Surgical Smoke</i>	www.nursingworld.org
Economic Cycle Research Institute (ECRI)	1994	<i>Use of Filters on Medical Gas system Outlets and Vacuum System Inlets. User Experience Network</i>	<i>Health Devices; 23(12): 494-495</i>
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	1988	<i>Hazard of Laser Surgery Smoke</i>	www.osha.gov
ANGLETERRE			
Association for Perioperative Practice (AfPP)	2009	<i>Surgical Smoke: What We Know?</i>	www.afpp.org.uk
Control of Substances Hazardous to Health (COSHH)	2006	<i>COSHH Guidance - Surgical Smoke</i>	<i>British Occupational Hygiene Society (BOHS)</i> www.bohs.org
AUSTRALIE			
Centre for Clinical Effectiveness (CCE)	2000	<i>Is smoke Plume from laser/electric surgical procedures a health hazard?</i>	Burrows, E. 2000 :5 www.med.monash.edu.au
Australian Safety and Efficacy Register of New International Procedures - Surgical (ASERNIP-S)	1998	<i>Policies-Infection Control in Surgery</i>	<i>Appendice IV. Infection control protocols. Lasers and dermabrasion, page 38</i>

* Il a été impossible d'obtenir ce document

RÉFÉRENCES

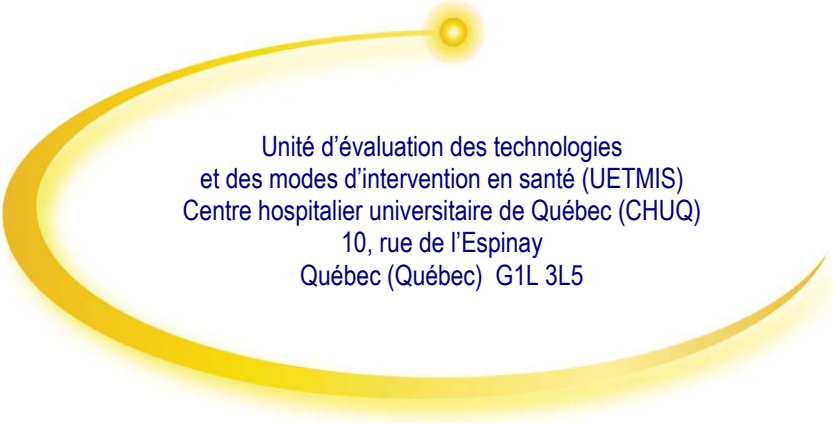
1. Barrett WL, Garber SM. Surgical smoke: a review of the literature. Is this just a lot of hot air? *Surgical endoscopy*. 2003 Jun;17(6):979-87.
2. Hainer BL. Electrosurgery for the skin. *American family physician*. 2002 Oct 1;66(7):1259-66.
3. Jones CM, Pierre KB, Nicoud IB, Stain SC, Melvin WV, 3rd. Electrosurgery. *Current surgery*. 2006 Nov-Dec;63(6):458-63.
4. CCE. Is smoke Plume from laser/electric surgical procedures a health hazard?: Centre for Clinical Effectiveness 2000.
5. Champault G, Taffinder N, Ziol M, Riskalla H, Catheline JM. Cells are present in the smoke created during laparoscopic surgery. *The British journal of surgery*. 1997 Jul; 84(7):993-5.
6. Fletcher JN, Mew D, DesCoteaux JG. Dissemination of melanoma cells within electrocautery plume. *American journal of surgery*. 1999 Jul;178(1):57-9.
7. Nduka CC, Poland N, Kennedy M, Dye J, Darzi A. Does the ultrasonically activated scalpel release viable airborne cancer cells? *Surgical endoscopy*. 1998 Aug;12(8):1031-4.
8. Ziegler BL, Thomas CA, Meier T, Muller R, Fliedner TM, Weber L. Generation of infectious retrovirus aerosol through medical laser irradiation. *Lasers in surgery and medicine*. 1998;22(1):37-41.
9. Ikramuddin S, Lucus J, Ellison EC, Schirmer WJ, Melvin WS. Detection of aerosolized cells during carbon dioxide laparoscopy. *J Gastrointest Surg*. 1998 Nov-Dec;2(6):580-3; discussion 4.
10. Scott E, Beswick A, Wakefield K. The hazards of diathermy plume. Part 1. The literature search. *Br J Perioper Nurs*. 2004 Sep;14(9):409-14.
11. Scott E, Beswick A, Wakefield K. The hazards of diathermy plume. Part 2. Producing quantified data. *Br J Perioper Nurs*. 2004 Oct;14(10):452, 4-6.
12. Matchette LS, Faaland RW, Royston DD, Ediger MN. In vitro production of viable bacteriophage in carbon dioxide and argon laser plumes. *Lasers in surgery and medicine*. 1991;11(4):380-4.
13. Matchette LS, Vegella TJ, Faaland RW. Viable bacteriophage in CO2 laser plume: aerodynamic size distribution. *Lasers in surgery and medicine*. 1993;13(1):18-22.
14. Baggish MS, Poesz BJ, Joret D, Williamson P, Refai A. Presence of human immunodeficiency virus DNA in laser smoke. *Lasers in surgery and medicine*. 1991;11(3):197-203.
15. Garden JM, O'Banion MK, Shelnitz LS, Pinski KS, Bakus AD, Reichmann ME, et al. Papillomavirus in the vapor of carbon dioxide laser-treated verrucae. *Jama*. 1988 Feb 26;259(8):1199-202.
16. Johnson GK, Robinson WS. Human immunodeficiency virus-1 (HIV-1) in the vapors of surgical power instruments. *Journal of medical virology*. 1991 Jan;33(1):47-50.
17. Taravella MJ, Weinberg A, Blackburn P, May M. Do intact viral particles survive excimer laser ablation? *Archives of ophthalmology*. 1997 Aug;115(8):1028-30.
18. Taravella MJ, Weinberg A, May M, Stepp P. Live virus survives excimer laser ablation. *Ophthalmology*. 1999 Aug;106(8):1498-9.
19. Hallmo P, Naess O. Laryngeal papillomatosis with human papillomavirus DNA contracted by a laser surgeon. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1991;248(7):425-7.
20. Abramson AL, DiLorenzo TP, Steinberg BM. Is papillomavirus detectable in the plume of laser-treated laryngeal papilloma? *Archives of otolaryngology--head & neck surgery*. 1990 May;116(5):604-7.
21. Garden JM, O'Banion MK, Bakus AD, Olson C. Viral disease transmitted by laser-generated plume (aerosol). *Archives of dermatology*. 2002 Oct;138(10):1303-7.
22. Gloster HM, Jr., Roenigk RK. Risk of acquiring human papillomavirus from the plume produced by the carbon dioxide laser in the treatment of warts. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 1995 Mar;32(3):436-41.
23. Sawchuk WS, Weber PJ, Lowy DR, Dzubow LM. Infectious papillomavirus in the vapor of warts treated with carbon dioxide laser or electrocoagulation: detection and protection. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 1989 Jul;21(1):41-9.
24. Ferenczy A, Bergeron C, Richart RM. Human papillomavirus DNA in CO2 laser-generated plume of smoke and its consequences to the surgeon. *Obstetrics and gynecology*. 1990 Jan;75(1):114-8.
25. Al Sahaf OS, Vega-Carrascal I, Cunningham FO, McGrath JP, Bloomfield FJ. Chemical composition of smoke produced by high-frequency electrosurgery. *Irish journal of medical science*. 2007 Sep;176(3):229-32.
26. Hensman C, Baty D, Willis RG, Cuschieri A. Chemical composition of smoke produced by high-frequency electrosurgery in a closed gaseous environment. An in vitro study. *Surgical endoscopy*. 1998 Aug;12(8):1017-9.
27. Hollmann R, Hort CE, Kammer E, Naegele M, Sigrist MW, Meuli-Simmen C. Smoke in the operating theater: an unregarded source of danger. *Plastic and reconstructive surgery*. 2004 Aug;114(2):458-63.
28. Krones CJ, Conze J, Hoelzl F, Stumpf M, Klinge U, Moller M, et al. Chemical composition of surgical smoke produced by electrocautery, harmonic scalpel and argon beaming - a short study. *Eur Surg*. 2007;39(2):118-21.
29. Moot AR, Ledingham KM, Wilson PF, Senthilmohan ST, Lewis DR, Roake J, et al. Composition of volatile organic compounds in diathermy plume as detected by selected ion flow tube mass spectrometry. *ANZ journal of surgery*. 2007 Jan-Feb;77(1-2):20-3.
30. Sagar PM, Meagher A, Sobczak S, Wolff BG. Chemical composition and potential hazards of electrocautery smoke. *The British journal of surgery*. 1996 Dec;83(12):1792.

31. Weston R, Stephenson RN, Kutarski PW, Parr NJ. Chemical composition of gases surgeons are exposed to during endoscopic urological resections. *Urology*. 2009 Nov;74(5):1152-4.
32. King B, McCullough J. NIOSH Health Hazard Evaluation Report. National Institute for Occupational Safety and Health. 2001;Reports: 2001-0066-3019; 2001-0030-3020; 2000-0402-3021.
33. Wu JS, Luttmann DR, Meininger TA, Soper NJ. Production and systemic absorption of toxic byproducts of tissue combustion during laparoscopic surgery. *Surgical endoscopy*. 1997 Nov;11(11):1075-9.
34. Tomita Y, Mihashi S, Nagata K, Ueda S, Fujiki M, Hirano M, et al. Mutagenicity of smoke condensates induced by CO₂-laser irradiation and electrocauterization. *Mutation research*. 1981 Jun;89(2):145-9.
35. Gatti JE, Bryant CJ, Noone RB, Murphy JB. The mutagenicity of electrocautery smoke. *Plastic and reconstructive surgery*. 1992 May;89(5):781-4; discussion 5-6.
36. Beebe DS, Swica H, Carlson N, Palahniuk RJ, Goodale RL. High levels of carbon monoxide are produced by electro-cautery of tissue during laparoscopic cholecystectomy. *Anesthesia and analgesia*. 1993 Aug;77(2):338-41.
37. Nezhat C, Seidman DS, Vreman HJ, Stevenson DK, Nezhat F, Nezhat C. The risk of carbon monoxide poisoning after prolonged laparoscopic surgery. *Obstetrics and gynecology*. 1996 Nov;88(5):771-4.
38. Soro M, Garcia-Perez ML, Ferrandis R, Aguilar G, Belda EJ. Closed-system anaesthesia for laparoscopic surgery: is there a risk for carbon monoxide intoxication? *European journal of anaesthesiology*. 2004 Jun;21(6):483-8.
39. Ulmer BC. The hazards of surgical smoke. *AORN journal*. 2008 Apr;87(4):721-34; quiz 35-8.
40. Andreasson SN, Anundi H, Sahlberg B, Ericsson CG, Walinder R, Enlund G, et al. Peritonectomy with high voltage electrocautery generates higher levels of ultrafine smoke particles. *Eur J Surg Oncol*. 2009 Jul;35(7):780-4.
41. Bruske-Hohlfeld I, Preissler G, Jauch KW, Pitz M, Nowak D, Peters A, et al. Surgical smoke and ultrafine particles. *Journal of occupational medicine and toxicology (London, England)*. 2008;3:31.
42. DesCoteaux JG, Picard P, Poulin EC, Baril M. Preliminary study of electrocautery smoke particles produced in vitro and during laparoscopic procedures. *Surgical endoscopy*. 1996 Feb;10(2):152-8.
43. Farrugia M, Hussain SY, Perrett D. Particulate matter generated during monopolar and bipolar hysteroscopic human uterine tissue vaporization. *Journal of minimally invasive gynecology*. 2009 Jul-Aug;16(4):458-64.
44. Nezhat C, Winer WK, Nezhat F, Nezhat C, Forrest D, Reeves WG. Smoke from laser surgery: is there a health hazard? *Lasers in surgery and medicine*. 1987;7(4):376-82.
45. Taravella MJ, Viega J, Luiszer F, Drexler J, Blackburn P, Hovland P, et al. Respirable particles in the excimer laser plume. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2001 Apr;27(4):604-7.
46. Weld KJ, Dryer S, Ames CD, Cho K, Hogan C, Lee M, et al. Analysis of surgical smoke produced by various energy-based instruments and effect on laparoscopic visibility. *Journal of endourology / Endourological Society*. 2007 Mar;21(3):347-51.
47. OMS. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre: Organisation mondiale de la Santé; 2005.
48. de Boorder T, Verdaasdonk R, Klaessens J. The visualisation of surgical smoke produced by energy delivery devices: significance and effectiveness of evacuation systems. *Proc of SPIE*. 2007;6440:1-7.
49. Derrick JL, Li PT, Tang SP, Gomersall CD. Protecting staff against airborne viral particles: in vivo efficiency of laser masks. *The Journal of hospital infection*. 2006 Nov;64(3):278-81.
50. OHTAC. OHTAC Recommendation - Air Cleaning Technologies: Ontario Health Technology Advisory Committee; 2005.
51. ACMTS. Portable Air Purifiers for Removal of Airborne Pathogens in Close Proximity Settings: clinical and Cost-Effectiveness: Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé 2008.
52. CSA. Plume scavenging in surgical, diagnostic, therapeutic, and aesthetic settings: Canadian Standards Association; 2009.
53. AIISOC/ORNAC. Standards, guidelines, and position statements for perioperative registered nursing practice: Association des infirmières et infirmiers de salles d'opération au Canada 2009.
54. Accreditation Canada/Agrément Canada: Programme Qmentum 2010 - Normes relatives aux salles d'opération; 2010.
55. NIOSH. Control of Smoke From Laser/Electric Surgical Procedures: National Institute for Occupational Safety and Health; 2001.
56. OSHA. Health Hazard Information Bulletin: Hazard of Laser Surgery Smoke: Occupational safety & Health Administration; 1988.
57. ASLMS. Smoking Guns: American Society for Laser Medicine & Surgery, Inc.; 2007.
58. AORN. Recommended practices for laser safety in practice settings. *AORN journal*. 2004 Apr;79(4):836-8, 41-4.
59. AORN. AORN Position Statement on Surgical Smoke and bio-Aerosols: Association of perioperative Registered Nurses; 2008.
60. COSHH. COSHH Guidance - Surgical Smoke: Control of Substances Hazardous to Health / British Occupational Hygiene Society; 2006.
61. AfPP. Surgical Smoke: What We Know?: The Association for Perioperative Practice; 2009.
62. ASERNIP-S. Policies-Infection Control in Surgery: Australian Safety and Efficacy Register of New Interventional Procedures - Surgical; 1998.
63. Esper E, Russell TE, Coy B, Duke BE, 3rd, Max MH, Coil JA. Transperitoneal absorption of thermocautery-induced carbon monoxide formation during laparoscopic cholecystectomy. *Surgical laparoscopy & endoscopy*. 1994 Oct;4(5):333-5.
64. Lin YW, Fan SZ, Chang KH, Huang CS, Tang CS. A novel inspection protocol to detect volatile compounds in breast surgery electrocautery smoke. *J Formos Med Assoc*. Jul;109(7):511-6.
65. Ott DE. Carboxyhemoglobinemia due to peritoneal smoke absorption from laser tissue combustion at laparoscopy. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 1998 Dec;16(6):309-15.

Une NOTE INFORMATIVE vise à transmettre aux gestionnaires, médecins et professionnels de la santé un court résumé d'informations issues de sources électroniques offrant de l'information médicale fondée sur des preuves scientifiques ou des informations réglementaires concernant des technologies ou des modes d'intervention. Le document ne fait pas l'objet d'un examen critique par des lecteurs externes. Il est soumis à l'approbation du Conseil scientifique de l'UETMIS.

Ce document présente les informations disponibles au 28 mars 2011 selon la méthodologie de recherche documentaire retenue.

Il n'engage d'aucune façon la responsabilité du CHUQ et de son personnel à l'égard des informations transmises. En conséquence, le CHUQ et l'UETMIS ne pourront être tenus responsables en aucun cas de tout dommage de quelque nature que ce soit au regard de l'utilisation ou de l'interprétation de ces informations.



Unité d'évaluation des technologies
et des modes d'intervention en santé (UETMIS)
Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ)
10, rue de l'Espinay
Québec (Québec) G1L 3L5