

Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels

Mai 2015



Volume XXIII - N° 2 - mai 2015

Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels

Préface.....	3
Avant-propos.....	4
Participants.....	6
Sigles et abréviations.....	8
Contexte.....	9
Méthodologie.....	10
Questions posées.....	14
Synthèse des recommandations.....	17
Argumentaire scientifique et recommandations.....	23
Liste des tableaux.....	47
Glossaire.....	48
Références bibliographiques.....	50
Annexe I	
Cotation des recommandations par le groupe de relecture.....	54
Annexe II	
Éléments stratégie de recherche de la littérature.....	56

Préface

La qualité de l'air au bloc opératoire et dans les salles interventionnelles est un sujet fréquent de débat pluridisciplinaire au sein de nos établissements de santé. Comme le rappelle JOSEPH HAJJAR dans l'avant-propos, la maîtrise de la qualité d'air est un des éléments de la prévention du risque d'infection du site opératoire mais l'impact de cette mesure est difficile à quantifier au sein d'une stratégie multimodale de prévention. Dix ans après les premières recommandations de la SFHH sur la qualité d'air au bloc opératoire, il nous est apparu nécessaire de réanalyser les recommandations tout en l'élargissant aux secteurs interventionnels car les pratiques changent avec le développement de la chirurgie ambulatoire et du fait du recours de plus en plus fréquent à des techniques invasives ou mini-invasives réalisées dans des secteurs interventionnels dédiés. De plus, la période actuelle étant à l'adoption de méthodes les plus coût-efficaces et à l'optimisation des moyens financiers disponibles, il est important notamment pour les établissements de santé qui se restructurent ou qui se modernisent de disposer d'éléments guidant la réflexion locale sur la maîtrise de la qualité d'air au sein de ces secteurs. Les recommandations publiées dans ce guide, toujours réalisées selon une méthodologie rigoureuse, couvrent aussi bien la mise en œuvre du traitement de l'air, la maintenance et les contrôles mais aussi et c'est important les comportements pouvant influencer sur la maîtrise de la qualité d'air. Au nom de la SF2H, je tiens à remercier les membres du groupe de travail et plus particulièrement SERGE AHO, JEAN-CHARLES CÊTRE, JOSEPH HAJJAR et OLIVIA KEITA PERSE pour la production de ces recommandations. À nous de les faire vivre maintenant.

PR. PHILIPPE BERTHELOT

PRÉSIDENT DE LA SF2H

Avant-propos

Dix ans après les recommandations d'experts sur la *Qualité de l'air au bloc opératoire*, la Société française d'hygiène hospitalière (SF2H) a entrepris leur actualisation partielle mais en les étendant aux secteurs interventionnels.

Comme pour beaucoup de mesures en santé et particulièrement dans le domaine de la prévention des infections associées aux soins, la difficulté est de disposer de niveaux de preuve scientifique élevés pour conforter la force d'une recommandation.

Concernant les procédures invasives (interventions chirurgicales ou actes des secteurs interventionnels), cette difficulté tient notamment :

- au caractère multifactoriel du risque de survenue d'une infection : facteurs liés au patient, à l'acte lui-même (dont la mise en place d'un implant ou d'une prothèse) et à l'environnement au sens large du terme dans lequel cet acte est réalisé ;
- à la possibilité pour les micro-organismes d'emprunter différents modes de transmission : manutention, contiguïté à partir de la flore endogène du patient, voie aérienne.

La voie aérienne implique la prise en compte de deux phénomènes associés, l'existence de micro-organismes (aérobiocontamination) et celle de particules inertes (aérocontamination) dont certaines servent de support aux micro-organismes. Mais la responsabilité de l'air dans la survenue d'une infection postopératoire reste l'objet d'un débat depuis LISTER en 1867, puisque les résultats qu'il avait

obtenus en termes de réduction notable de la mortalité par infection après amputation ne peuvent être attribués à la seule et éventuelle action de l'acide phénique sur les micro-organismes présents dans l'air, ce produit ayant également été utilisé sur les instruments, catguts, drains et pansements postopératoires. C'est BOURDILLON, à la fin des années 1940, qui préconise la mise en place d'un système de ventilation avec filtration et sas d'accès. Dès les années 1960, sur le plan technique, la diffusion de l'air dans les salles d'intervention se fera selon deux formes :

- le flux non unidirectionnel (anciennement turbulent) qui provoque un effet d'induction par mélange de l'air propre introduit avec l'air ambiant, ce qui entraîne une dilution des biocontaminants puis leur élimination à l'extérieur du bloc opératoire ;
- le flux unidirectionnel (anciennement laminaire) à vitesse d'écoulement contrôlée (comprise entre 0,3 et 0,6 mètre à la seconde) qui provoque un effet de balayage des biocontaminants (effet piston) et procure un air de qualité au niveau de la zone à protéger.

Successivement CHARNLEY en 1970, puis LIDWELL en 1982 vont publier leurs résultats respectifs de l'abaissement important des taux d'infection postopératoire en chirurgie orthopédique de prothèse articulaire qu'ils attribuent à l'utilisation d'un traitement d'air qualifié « d'ultra-propre ». Cependant, lorsque ces études prennent en compte l'effet de l'antibioprophylaxie, l'impact du traitement d'air sur les taux d'infection se trouve notablement réduit.

Il en est ainsi des travaux plus récents qui ne quantifient pas l'effet indépendant d'un traitement d'air pour prévenir les infections postopératoires alors même qu'il existe de nombreux facteurs confondants, sources potentielles de biais : création de locaux spécifiquement dédiés aux actes chirurgicaux, progrès des techniques opératoires, d'anesthésie et de réanimation, utilisation des antiseptiques et des antibiotiques, stérilisation des dispositifs médicaux, etc. En raison du niveau actuel des taux d'infection postopératoire, l'efficacité de la nature multimodale d'un groupe de mesures est plus aisée à démontrer que celle d'une mesure prise isolément.

Ces rappels ont pour objectif d'attirer l'attention des professionnels concernés sur le contexte dans lequel cette réactualisation a été réalisée : a) peu d'études nouvelles dont certaines mettant en doute l'efficacité du flux unidirectionnel en chirurgie orthopédique ; b) nécessité d'étendre les recommandations à la chirurgie ambulatoire et aux secteurs interventionnels ; c) mise à jour en 2013 de la norme NF S 90-351, relative aux exigences pour la maîtrise de la contamination aéroportée dans les zones à environnement maîtrisé des établissements de santé ; d) consultation de la littérature disponible permettant d'écarter la méthode GRADE pour l'analyse critique des articles.

Le comité de pilotage, après avoir délimité le champ de la réactualisation et listé les questions, a retenu la méthodologie *Recommandations pour la pratique clinique* (RPC) proposé par la HAS pour l'élaboration du présent document.

Ce dernier comporte :

- Une description de la méthodologie, dont le travail effectué par le chargé de projet, les membres du groupe de travail et ceux du groupe de lecture, sans oublier les références bibliographiques.
- À l'exception d'une recommandation hors cotation, 34 recommandations appuyées par un argumentaire et gradées selon le niveau de preuve de la littérature retenu.
- Cinq références aux normes NF S 90-351, ISO 14644-1 et -2, ISO 14698-1 et -2, dont la formulation ne prend pas la forme d'une recommandation ; en effet, une norme est par nature d'application volontaire, seule une réglementation pouvant la rendre d'application obligatoire en tout ou partie ; s'agissant plus particulièrement de la NF S 90-351, quoique non réglementaire, elle est utilisée par les établissements lors de toute nouvelle installation ou rénovation, notamment vis-à-vis des bureaux d'études, architectes, installateurs et fabricants.
- Cinq recommandations antérieures spécifiques (issues ou non de la SF2H) pour le patient suspect ou atteint d'une tuberculose pulmonaire active et devant être admis au bloc opératoire ou en secteur interventionnel.

J. HAJJ AR, O. KEITA-PERSE, J.-C. CÊTRE, L.-S. AHO GLÉLÉ

Participants

Comité de pilotage

Olivia Keita-Perse (Monaco) : Présidente du comité de pilotage ; Joseph Hajjar (Valence) : méthodologie ; Ludwig-Serge Aho Glélé (Dijon) : pilote du groupe de travail ; Adrien Guilloteau (Dijon) : chargé de projet ; Jean-Charles Cêtre (Lyon), Michel Combet (Montpellier), Simon Marmor (Paris), Anne Simon (Louvain), Rémi Systchenko (Irigny), Isabelle Thomassin-Naggara (Paris).

Coordination

Ludwig-Serge Aho Glélé (Dijon), Jean-Charles Cêtre (Lyon), Joseph Hajjar (Valence), Olivia Keita-Perse (Monaco).

Chargé de projet

Adrien Guilloteau (Dijon).

Groupe de travail

Djamel Abdelaziz	Ingénieur hospitalier		Toulouse
Crespin Codjo Adjide	Médecin hygiéniste	Société française d'hygiène hospitalière (SF2H), Association pour la prévention et l'étude de la contamination (ASPEC)	Amiens
Patrice Baillet	Chirurgien viscéral	Collège national professionnel de chirurgie viscérale et digestive	Cormeille-en-Parisis
Raoul Baron	Médecin hygiéniste	SF2H	Brest
Richard Causse	Pharmacien	SF2H, ASPEC	Créteil
Stéphanie Coudrais	Technicienne d'études cliniques		Lyon
Brigitte Crouzil	Cadre de santé IBODE	Union nationale des associations d'infirmières de bloc opératoire diplômées d'État (UNAIBODE)	Toulouse
Jacques de Montblanc	Anesthésiste-réanimateur	Société française d'anesthésie-réanimation (SFAR)	Paris-Le Kremlin Bicêtre
Patrice Pienkowski	Gastro-entérologue	Société française d'endoscopie digestive (SFED)	Montauban
Loïc Simon	Médecin hygiéniste	SF2H	Vandœuvre-lès-Nancy
Philippe Tracol	Orthopédiste	Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (SOFOT)	Cavaillon
Eric Vanbelle	Cardiologue	Société française de cardiologie (SFC)	Lille

Groupe de lecture

Pierre Cassier	Pharmacien biologiste		Lyon
Marie-Paule Chariot	Anesthésiste réanimateur	SFAR	Cornebarrieu
Isabelle Cochereau	Ophtalmologiste	Société française d'ophtalmologie	Paris
Denis Collet	Chirurgien viscéral	Collège national professionnel de chirurgie viscérale et digestive (CNPCVD)	Bordeaux
Catherine Creuzot-Garcher	Ophtalmologiste	Société française d'ophtalmologie	Dijon
Emmanuel de Thomasson	Orthopédiste	Association ORTHORISQ	Paris
Jérôme Droguet	Ingénieur hospitalier		Lyon
Raphaële Girard	Médecin hygiéniste	SF2H	Lyon
Elodie Lafond	Pharmacien hygiéniste		Bergerac
Didier Lecointe	Médecin hygiéniste	SF2H	Corbeil-Essonnes
Marie-Laure Lier	Médecin hygiéniste		Auch
Nourredine Loukili	Médecin hygiéniste		Lille
Marie-Christine Nicolle	Médecin hygiéniste		Lyon
Laure Ohanian	Technicienne bio-hygiéniste		Chateauroux
Jean-Luc Pasquie	Cardiologue	SFC	Montpellier
Jean-Christian Sleth	Anesthésiste-réanimateur	SFAR	Montpellier
Roxane Weiss	Technicienne bio-hygiéniste		Amiens

Sigles et abréviations

ACH	<i>Air changes per hour (ou TRH)</i>
AFNOR	Association française de normalisation
BO	Bloc opératoire
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention (USA)</i>
CLIN	Comité de lutte contre les infections nosocomiales
CSS	Conseil supérieur de la santé (Belgique)
GL	Groupe de lecture
GRADE	<i>Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation</i>
GT	Groupe de travail
HAS	Haute Autorité de santé
HIS	<i>Hospital Infection Society (GB)</i>
ISO	Infections du site opératoire
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
PM	<i>Particulate Matter</i> . Particules en suspension dans l'atmosphère. Exemple : PM10 : particules d'un diamètre de 10 microns ou moins.
RPC	Recommandation pour la pratique clinique
SFHH	Société française d'hygiène hospitalière
SSPI	Salle de surveillance post-interventionnelle
UV	Ultraviolet

Les appellations « flux laminaire » et « flux turbulent » ont été maintenues quand les publications les mentionnaient ainsi.

Contexte

La Société française d'hygiène hospitalière (SF2H), qui avait publié en 2004 les premières recommandations d'experts concernant la *Qualité de l'air au bloc opératoire* [SFHH - 2004] (disponible sur : http://www.sf2h.net/publications-SF2H/SF2H_recommandations-gr-air-2004.pdf), a entrepris en 2014 de réactualiser ce document en raison du contexte suivant :

- L'existence de nouvelles publications ou recommandations « importantes » ; notamment une méta-analyse réalisée par P. GASTMEIER *et al.* mettant en doute l'intérêt du flux unidirectionnel dans la prévention des infections du site opératoire (ISO) en chirurgie orthopédique prothétique [GASTMEIER *et al.* - 2012].
- La mise à jour de la NFS 90-351, relative aux exigences pour la maîtrise de la contamination aéroportée dans les zones à environnement maîtrisé des établissements de santé [AFNOR NORMALISATION - 2013].
- Le développement des secteurs dits interventionnels, de la chirurgie ambulatoire et de nouvelles modalités d'interventions chirurgicales et leurs impacts sur l'organisation des blocs opératoires actuels et futurs.
- La mise à disposition de nouvelles technologies de traitement de l'air (unité mobile de décontamination rapide de l'air utilisant le plasma, décontamination par ultraviolet, photocatalyse, etc.).
- La nécessaire prise en compte des aspects énergétiques du fonctionnement des blocs opératoires.

Méthodologie

Comité de pilotage

Dans un premier temps, deux réunions du comité de pilotage ont été nécessaires pour :

- délimiter le champ à traiter et lister les questions/critères qui feront l'objet de recommandations élaborées par un groupe de travail (GT) et soumises à un groupe de lecture (GL) avant leur diffusion ;
- préciser la méthodologie d'élaboration du document ;
- définir la composition du GT et du GL ;
- veiller au respect de la méthode retenue, de la qualité des données de la littérature et du calendrier fixé pour mener cette réactualisation dans un délai de 12 mois.

Dans l'intervalle, une recherche bibliographique a été mise en œuvre par le chargé de projet ; elle était susceptible d'être complétée par tout document émanant du comité de pilotage et du groupe de travail. Le champ de la recherche était limité à la production scientifique sur le thème, en langues anglaise et française, sur ces 10 dernières années, à l'exception des travaux de référence et dans les cas où la littérature disponible était très pauvre.

Une première consultation de la littérature disponible a permis d'écarter la méthode GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) pour l'analyse des articles [GUYATT *et al.* - 2008] et de retenir la méthodologie de la Haute Autorité de santé *Recommandation pour la pratique clinique* (RPC) pour l'élaboration des recommandations l'HAS [HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ, ex AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'ÉVALUATION EN SANTÉ - 2000].

Champ de la réactualisation

Seules les parties ayant notablement évolué du point de vue des connaissances ces 10 dernières années ont été abordées et non l'ensemble du document de 2004.

Les structures concernées par ces recommandations sur la qualité de l'air sont le bloc opératoire et les autres secteurs interventionnels. Après recherche bibliographique le champ a été restreint aux seules salles d'interventions (au sein de blocs ou de secteurs dits interventionnels), du fait de la quasi-absence de littérature sur la qualité de l'air au sein des salles de surveillance post-interventionnelle (SSPI).

■ Selon la définition de l'Académie de médecine [GANDJ-BAKHCH - 2009], le bloc opératoire est « une enceinte dédiée à des actes invasifs réalisés quelles qu'en soient la modalité et la finalité, en ayant recours aux équipements adéquats et en regroupant toutes les compétences médicales et paramédicales requises pour assurer la sécurité des patients ».

■ Il n'existe pas de définition spécifique et transversale d'un secteur interventionnel, les plus fréquemment cités étant la radiologie* et la cardiologie interventionnelles, auxquels on peut ajouter (liste non exhaustive) : neuroradiologie interventionnelle, endoscopie, salles de naissance, etc.

* La Société française de radiologie a proposé une classification des gestes en trois actes pour la radiologie interventionnelle et les préconisations en termes de traitement d'air [S. MALAUDAUD, F. JOFFRE, J. AURIOL, S. DARRES. Préconisations d'hygiène en radiologie interventionnelle. Hygiènes 2012; 6].

Par actes invasifs, il convient d'inclure

■ Les interventions chirurgicales au sens de la réalisation d'une procédure chirurgicale qui est un traitement chirurgical défini dans la classification commune des actes médicaux français (CCAM). Par extension les dispositifs médicaux utilisés au cours des interventions seront pris en compte dans ces recommandations.

■ D'autres types d'interventions sont actuellement à prendre en considération [HUMPHREYS *et al.* - 2012] :

- Actes avec abord minimal (*Minimal access intervention*) comme les actes sous coelioscopie (explorations et interventions réalisées grâce à un appareillage pénétrant la cavité péritonéale, sans ouverture de la paroi abdominale ; ex : cholécystectomie par voie coelioscopique) ou vidéo-chirurgie (explorations et interventions réalisées grâce à un appareillage ne pénétrant pas par une cavité naturelle ; ex : arthroscopie).
- Actes chirurgicaux mineurs (*Minor surgical procedure*) comme certains actes superficiels réalisés sous anesthésie locale (ex : biopsies, sclérose de varices, injections intra vitréennes, cure d'ongle incarné, etc.).

■ Les actes des autres secteurs interventionnels.

Sont exclus du champ de cette réactualisation

Les zones à environnement maîtrisé faisant l'objet de recommandations spécifiques, notamment la zone de conditionnement des secteurs de stérilisation, les locaux de traitement des dispositifs médicaux, les locaux d'hospitalisation de patients en apnée, les services d'hospitalisation de grands brûlés, etc.

Méthode d'élaboration des recommandations

Il s'agit d'une recommandation de pratique clinique élaborée par un GT et un chargé de projet. Ce dernier a pour mission d'identifier, sélectionner, analyser et rédiger une synthèse critique de la littérature et participer à la rédaction des recommandations en rédigeant des textes préparatoires et en synthétisant les propositions faites par les membres du GT.

L'analyse de la littérature a été effectuée en utilisant des grilles d'analyse et de résultats sous forme de tableaux de synthèse (pour chaque article sont signalés les conflits d'intérêt possibles, notamment avec les industriels).

Pour chaque recommandation, la qualité et le niveau

de preuve sont établis selon les recommandations de l'HAS [HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ, ex AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'ÉVALUATION EN SANTÉ - 2000] :

- au moins un essai randomisé de bonne qualité ou une méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ou une analyse de décision fondée sur des études bien menées : 1 = Preuve scientifique établie ;
- au moins un essai non randomisé ou étude de cohorte ou étude cas/témoins ou étude multicentrique ou série historique ou au moins des résultats indiscutables d'études non contrôlées : 2 = Présomption scientifique ;
- opinion d'expert, résultats d'une expérience clinique, étude descriptive ou résultats d'un consensus de professionnels : 3 = Faible niveau de preuve.

La force de la recommandation est décrite selon une formulation adaptée de KISH :

- A- Il est fortement recommandé de faire...
- B- Il est recommandé de faire...
- C- Il est possible de faire ou de ne pas faire...
- D- Il est recommandé de ne pas faire...
- E- Il est fortement recommandé de ne pas faire...

Mise en forme des recommandations

■ **Recommandation « classique »** : recommandation appuyée sur un argumentaire et gradée selon le niveau de preuve de la littérature.

■ **Recommandation (hors cotation)** : recommandation générale du GT, non appuyée sur un argumentaire. L'objectif est de sensibiliser les professionnels sur des points jugés importants par le groupe de travail.

■ **Référence à la norme** : formulation ne prenant pas la forme d'une recommandation mais d'une référence à la norme qui, quoique non réglementaire, est utilisée par les établissements lors de toute nouvelle installation ou rénovation, notamment vis-à-vis des bureaux d'études, architectes, installateurs et fabricants. *NB* : toujours utiliser la version à jour de toute norme.

■ **Référence à des recommandations antérieures** : spécifiques, issues ou non de la SF2H.

Mission du GT

■ Rédiger les recommandations initiales après avoir pris connaissance des données bibliographiques disponibles synthétisées et gradées par le chargé de projet ; s'il n'existe

pas de preuve scientifique permettant la gradation, une proposition de recommandation est possible et sera soumise au GL si elle est approuvée par au moins 80 % des membres du GT (vote électronique ou à main levée); dans ce cas sa formulation revêt la forme « accord d'experts ».

■ Finaliser le texte des recommandations après analyse de l'avis formalisé (citations et commentaires) des membres du groupe de lecture selon les règles ci-dessous.

Mission du GL

■ Le GL ne se réunit pas. Il donne un avis formalisé sur le fond et la forme de la version initiale des recommandations, en particulier : applicabilité, acceptabilité et lisibilité. Son avis est recueilli sur tout ou partie de l'argumentaire et sur tout ou partie des recommandations, selon une échelle numérique de 1 (désaccord total) à 9 (accord total). Toute cotation < 5 est accompagnée d'un commentaire (et articles ou références étayant les critiques). La situation « je ne peux répondre » est acceptée et diffère de valeur manquante ou indécision. Pour les recommandations avec niveau de preuve élevé, le GT prend en compte les commentaires pertinents de forme et les modifications sur le fond si des données sont fournies. Pour les recommandations avec faible niveau de preuve ou accord d'experts, le caractère approprié est confirmé par le GL. Si 90 % des réponses sont dans l'intervalle [5 – 9], la recommandation est conservée avec prise en compte des commentaires pertinents de forme. En cas d'indécision ou de désaccord, discussion de la pertinence des commentaires et modification éventuelle avec vote (abandon ou formulation initiale modifiée).

La cotation retenue dans ce document est la suivante : Accord total : p25=9 ; accord fort : p25=7 ou 8 ; accord simple : p25=9. Le détail des cotations figure en annexe.

Notes

Quelles obligations réglementaires pour le bloc opératoire ?

Extrait de la conférence formalisée d'expert de 2004 organisée par la Société française d'hygiène hospitalière [SFHH - 2004] :

■ Pour préserver la santé et la sécurité des patients et des personnels présents en bloc opératoire, renouveler l'air du bloc opératoire par apport d'air neuf de 6 volumes/heures au minimum à 15 volumes/heure pour les locaux AIA.

- Arrêté du 23 mai 1989 (JO du 14 juin 1989 et rectificatif au JO du 22 juillet 1989) portant approbation de dispositions complétant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP). Section XI : Dispositions spéciales applicables aux locaux d'anesthésie associés - Art. U 33 : Généralités. Art. U 34 : Ventilation des locaux A1A.
- Arrêté du 7 janvier 1993 relatif aux caractéristiques du secteur opératoire mentionné à l'article D 712-31 du Code de la santé publique pour les structures pratiquant l'anesthésie ou la chirurgie ambulatoire visées à l'article 712-2-1 (b) de ce même code. Art. D 712-31 du Code de la santé publique - Article 2.
- Circulaire DH/5D n° 307 du 28 août 1989 relative à l'évacuation des gaz anesthésiques des salles d'opération.

■ Dans les locaux fermés où le personnel est appelé à séjourner, l'air doit être renouvelé de façon à maintenir un état de pureté de l'atmosphère propre à préserver la santé des travailleurs. Il existe :

- des locaux à pollution non spécifique dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires (art. R 232-5-1 du Code du travail).
- des locaux à pollution spécifique dans lesquels des substances dangereuses ou gênantes sont émises sous forme de gaz, vapeurs, aérosols solides ou liquides autres que celles qui sont liées à la seule présence humaine, locaux pouvant contenir des sources de micro-organismes potentiellement pathogènes et locaux sanitaires (art. R 232-5-1 du Code du travail).

■ Le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant dans les locaux à pollution non spécifique (art. R 232-5-3/5-4 du Code du travail) et les valeurs à respecter concernant les locaux à pollution spécifique (articles R 232-5-5/5-6/5-8 du Code du travail) sont précisés par décret.

- Décret n° 84-1093 du 7 décembre 1984. Section II - Ambiance des lieux de travail.

Commentaires

■ Aucune réglementation n'impose un traitement d'air, au-delà de ce qui figure dans le Code du travail.

■ Note relative à la fiche BO du document « Sécurité sanitaire dans les établissements de santé - Réglementation applicable » (ministère des Affaires sociales, de la Santé et des droits des femmes, 25 mai 2010) :

Peu de textes réglementaires concernent le secteur opératoire dans son ensemble (secteur transversal).

En revanche, plusieurs textes lui sont applicables en totalité ou en partie ; ces textes sont de deux types :

- non spécifiques au secteur opératoire ni même hospitalier (Code du travail, règlement départemental sanitaire type, règlement de sécurité dans les établissements recevant du public) ;
- spécifiques à une activité pratiquée ou à du matériel présent dans le secteur opératoire (pratique de l'anesthésie, utilisation des gaz médicaux, gestion des déchets à risque infectieux, homologation des dispositifs biomédicaux, matériovigilance, hygiène hospitalière).

Une grande partie de ces textes sont traités dans d'autres fiches (cf. fiches concernant les dispositifs médicaux, les gaz à usage médical, la sécurité incendie, la gestion des déchets à risque infectieux, la lutte contre les infections nosocomiales).

NFS 90-351 (Version du 6 avril 2013)

[AFNOR NORMALISATION - 2013]

La norme (*Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée*) précise les exigences de sécurité sanitaire pour la conception, la construction, l'exploitation, la maintenance, le contrôle et l'utilisation des installations de traitement et de maîtrise de la qualité de l'air dans les établissements de santé.

Pour mémoire (extrait de la norme elle-même) :

- Destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.
- Par nature d'application volontaire, seule une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.
- Document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation.
- Formes verbales « doit et doivent » utilisées pour exprimer une ou des exigences à respecter pour se conformer à la norme.
- Expressions « il convient et il est recommandé » utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer à la norme.
- Formes verbales « peut et peuvent » utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

Ainsi, restent des propositions :

- Le Tableau 12 (Proposition de classes de risques en fonction de l'activité) propose à titre d'exemple une correspondance de classe de risque en fonction des types d'activité identifiés dans les établissements de santé. Ce tableau n'est pas exhaustif et ne se substitue pas à une analyse de risque et à la prise en compte des recommandations des sociétés savantes.
- Dans les établissements de santé, les exigences de maîtrise de la contamination diffèrent selon l'activité concernée. Des valeurs guide concernant le niveau de performance sont proposées en fonction de la classe de risque définie par l'utilisateur dans les Tableaux 16 et 17 (Valeurs-guides de performance en fonction du niveau de risque).

Questions posées

- 1** Quelle est la place de la qualité de l'air dans la prévention des infections du site opératoire (par rapport aux autres mesures dont l'efficacité est démontrée) ?
 - a** Au bloc opératoire
 - b** Dans les secteurs interventionnels autres
 - c** Selon les différentes classes d'Altemeier
- 2** Quelle est la place de la qualité de l'air dans la prévention de la contamination des dispositifs médicaux en peropératoire (par rapport aux autres mesures dont l'efficacité est démontrée) ?
- 3** Existe-t-il une corrélation entre la propreté particulière et la maîtrise de l'aérobiocontamination ?
- 4** Peut-on définir différentes qualités d'air pour différents niveaux de risque infectieux (c'est-à-dire une qualité d'air unique ou adaptée selon la spécialité) au bloc opératoire et en secteurs interventionnels ?
- 5** Dès lors qu'un traitement d'air est nécessaire, quelles sont les possibilités techniques actuelles en fonction des qualités requises ?
 - a** « Classique » : filtration – surpression (avec cascade de pression ou sas) – renouvellement – régime de distribution (flux uni ou non unidirectionnel)
 - b** « Autres » : UV, Unité mobile de décontamination de l'air utilisant le plasma, etc.
- 6** Est-il nécessaire de réaliser des contrôles microbiologiques/particulaires de l'air ?

7 Dès lors qu'il est nécessaire de réaliser des contrôles :

- a** Pour quel type de traitement d'air ?
- b** Pour quels secteurs ?
- c** Selon quelles techniques ?
- d** A quelle fréquence ?
- e** Par qui ?
- f** Quelle conduite à tenir en cas de non-conformité ?

8 Quels indicateurs de performance ou de fonctionnement doivent être présents en salle d'opération (surpression, débit, température, niveau sonore...) ?

9 Quelle maintenance et quelles modalités de suivi (carnet/registre de suivi) ?

10 Quelles sont les autres mesures nécessaires pour préserver/conservier la qualité de l'air préalablement définie ?

- a** Limitation du nombre de personnes en salle et de l'ouverture des portes ?
- b** Tenue vestimentaire spécifique y compris le port du masque ?
- c** Temps de repos de la salle entre deux interventions y compris le temps du bionettoyage ?
- d** Quel bionettoyage des surfaces ?
- e** Mesures de prévention liées à l'utilisation d'instruments chirurgicaux (électrocoagulation, ultrason, laser) ou à des procédures spécifiques (coelioscopie) générant des fumées

11 Quelles sont les mesures à mettre en œuvre chez un patient porteur d'une tuberculose pulmonaire active admis au BO ou en secteur interventionnel ?

12 Quel fonctionnement du traitement d'air en dehors de l'activité ?

Synthèse des recommandations

Recommandation 0 (hors cotation)

Il est fortement recommandé de faire une analyse *a priori* des risques pour la mise en place d'un traitement de l'air.

Recommandation 1

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air avec flux unidirectionnel en chirurgie orthopédique prothétique pour diminuer l'aérobiocontamination. Celui-ci vient en complément de l'antibioprophylaxie qui joue un rôle essentiel dans la prévention de l'infection pour ce type de chirurgie. **Grade B, 1. Accord fort (p25:7; p50:9)**

Recommandation 2

Il est fortement recommandé de mettre en place un traitement d'air dans un bloc opératoire polyvalent. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. **Grade A, 3. Accord total (p25:9; p50:9)**

Recommandation 3

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air dans les secteurs interventionnels autres. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. **Grade B, 3. Accord total (p25:9; p50:9)**

Recommandation 4

Il est fortement recommandé de mettre en place un traitement de l'air en chirurgie propre. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. **Grade A, 1. Accord total (p25:9; p50:9)**

Recommandation 5

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air pour la prévention de la contamination peropératoire des dispositifs médicaux. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7.

Lorsqu'un flux unidirectionnel est utilisé, il doit inclure la table d'instruments. **Grade B, 2. Accord fort (p25:8; p50:9)**

Recommandation 6

Il est recommandé de respecter les séquences de déconditionnement des dispositifs médicaux stériles au fur et à mesure des différents temps opératoires. **Grade B, 2. Accord total (p25:9; p50:9)**

Recommandation 7

Il est fortement recommandé qu'un traitement de l'air assure: apport d'air neuf, filtration, surpression, renouvellement de l'air (cinétique d'élimination des particules), régime de distribution. **Grade A, 2. Accord total (p25:9; p50:9)**

Recommandation 8

Il est recommandé que la cascade de pression assure un gradient de 15 ± 5 Pa. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 9

Il est recommandé de ne pas utiliser des méthodes de traitement de l'air basées sur les UV du fait de leur retentissement sur le personnel. **Grade D, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 10

Il est recommandé de ne pas utiliser exclusivement des méthodes de traitement de l'air non conventionnelles (ex : dispositif mobile de traitement de l'air) dans le cadre de la maîtrise du risque infectieux. **Grade D, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 11

Il est fortement recommandé de mettre en place un contrôle particulaire de l'air ambiant (résultats immédiats, méthode normée, meilleure reproductibilité) chaque fois qu'un système de maîtrise de l'air a pour objectif d'obtenir un environnement maîtrisé au bloc opératoire et en secteur interventionnel. **Grade A, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 12

Il est recommandé de ne pas faire en routine des contrôles microbiologiques de l'air quel que soit le mode de diffusion (flux unidirectionnel ou flux non unidirectionnel) du système de maîtrise de l'air. **Grade D, 3. Accord fort (p25 : 7 ; p50 : 9)**

Recommandation 13

Pour le contrôle microbiologique, aucune fréquence ne peut être établie pour le contrôle ; quand ces contrôles sont réalisés, leur fréquence est laissée à l'appréciation du groupe pluridisciplinaire en charge de la gestion du risque lié à l'air dans l'établissement. **Grade C, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 14

Il est recommandé de confier les contrôles particuliers et microbiologiques à des professionnels internes ou externes maîtrisant les modalités de prélèvements décrites dans les normes, c'est-à-dire formés et évalués. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 15

Il est recommandé de faire une analyse *a priori* des risques (par exemple en utilisant une méthode de type AMDEC¹, des 5 M², etc.) pour identifier les causes latentes possibles de non-conformité des contrôles environnementaux mis en œuvre et les mesures correctives envisageables. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 16

Il est recommandé, en cas de non-conformité répétitive des contrôles environnementaux, de procéder à une analyse formalisée des causes (analyse *a posteriori*). **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 17

Il est recommandé, pour chaque salle bénéficiant d'un système de maîtrise de la qualité de l'air, de mettre à disposition des utilisateurs au moins les témoins de bon fonctionnement suivants : pression et température. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 18

Il est recommandé de réaliser ou faire réaliser une maintenance préventive du système de traitement d'air dans son ensemble au moins une fois par an (fréquence pouvant varier selon la norme concernée ; NFS 90-351 ou ISO 14644-2) et selon les recommandations de l'installateur. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 19

Il est recommandé de réaliser une maintenance curative :
- en cas de modification des conditions d'utilisation (travaux, dommages, etc.) ;
- en cas de modification des valeurs des paramètres surveillés.

Cette maintenance est réalisée en dehors de toute activité opératoire ou interventionnelle. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 20

Il est recommandé de réaliser, dans le cadre de l'exploitation et de la maintenance, la surveillance des paramètres suivants : paramètres aérauliques (mesure des débits, calcul des taux de renouvellement horaire et des taux de brassage, visualisation des flux d'air, perte de charge des filtres), pressions différentielles, température, hygrométrie et cinétique d'élimination des particules. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

1- AMDEC Analysis : analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité

2- 5M ou diagramme d'Ishikawa

Recommandation 21

Il est recommandé de surveiller et de tracer quotidiennement à l'ouverture de la salle les paramètres affichés tels que pression et température. Il est recommandé de disposer d'une procédure écrite sur les mesures à mettre en œuvre en cas de non-conformité. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 22

Il est recommandé de créer un carnet sanitaire de l'installation qui précise les caractéristiques techniques, les opérations de maintenance, la nature et la fréquence des mesures de contrôle, les résultats et les actions correctrices éventuelles mises en œuvre. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 23

Il est recommandé de porter à la connaissance du conseil de bloc les éléments liés au suivi des performances et à la maintenance. Cette information doit être tracée dans le carnet sanitaire. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 24

Il est fortement recommandé de limiter au minimum nécessaire le nombre de personnes présentes dans la salle pendant l'intervention. **Grade A, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 25

Il est fortement recommandé de réduire au minimum nécessaire les allées et venues et mouvements du personnel, ainsi que les ouvertures de porte dans la salle d'opération ou dans le secteur interventionnel. **Grade A, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 26

Il est recommandé d'utiliser du non-tissé pour les champs opératoires et les tenues stériles de l'équipe opératoire. **Grade B, 3. Accord fort (p25 : 8 ; p50 : 9)**

Recommandation 27

Il est recommandé de porter un masque chirurgical dès l'entrée en salle d'opération et pendant tout le séjour du patient en salle d'intervention. **Grade B, 2. Accord simple (p25 : 6 ; p50 : 9)**

Recommandation 28

Il est recommandé d'éliminer immédiatement tout masque après usage. **Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 29

Il est recommandé de recouvrir complètement la chevelure et la barbe, à l'aide d'une cagoule ou d'une coiffe, à usage unique de préférence, pour éviter la contamination aérienne du fait de la desquamation. **Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 30

Il est recommandé de respecter un temps minimal entre deux interventions, déterminé par la cinétique d'élimination des particules de la salle d'opération. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 31

Il est recommandé d'assurer la propreté des surfaces au bloc opératoire (procédures écrites, formation du personnel, évaluation régulière), de façon à limiter leur biocontamination et participer à la prévention du risque infectieux. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 32

Il est recommandé d'utiliser des systèmes permettant de limiter le risque d'aérosolisation lors de la production de fumées chirurgicales. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 33

Il est recommandé d'utiliser des systèmes de réchauffement des patients basés sur une autre méthode que l'air pulsé. **Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Recommandation 34

Il est recommandé de ne pas arrêter totalement le traitement d'air lors de l'arrêt de l'activité opératoire. Il faut permettre un fonctionnement en régime de veille en période d'inactivité pour des raisons d'économies d'énergie. Toutefois, la pression relative entre locaux doit être maintenue pendant cette période et la température ne doit pas trop dévier. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Références à la norme

- Pour la qualification de tout nouveau système de maîtrise de l'air et pour la requalification, la norme NF S 90351 impose la mise en œuvre de contrôles, dont les contrôles particuliers et microbiologiques.
- Le contrôle particulier se fait selon la norme ISO 14644-1 et -2 (Cf. tableau I).
- Le contrôle microbiologique se fait selon la norme ISO 14698-1 et -2 et la norme NF S 90-351 (Cf. tableau I) [AFNOR Normalisation - 2013].
- Le contrôle particulier est réalisé selon la norme ISO 14644-2, qui définit la fréquence en fonction du niveau de performance du système de traitement d'air :
 - niveau inférieur ou égal à ISO 5 : tous les 6 mois
 - niveau supérieur à ISO 5 : tous les 12 mois.
- Pour plus de précisions sur la tenue recommandée au bloc opératoire, se référer aux normes NF EN 13795.

Références

à des recommandations antérieures

(Patient suspect ou atteint d'une tuberculose pulmonaire active)

- Il est fortement recommandé de « maintenir l'isolement respiratoire des patients suspects ou atteints de tuberculose bacillifère durant l'ensemble de la prise en charge périopératoire : port de masque chirurgical pour le patient et port d'un équipement de protection respiratoire sans soupape (EPR) pour le personnel. » **Grade A, 2**
- Il est recommandé de « prendre des dispositions pour assurer le réveil de ces patients en évitant si possible le passage en SSPI. » **Grade B, 3**
- Il est recommandé d'« intercaler un filtre bactérien sur le circuit respiratoire entre le patient et la pièce en Y et changer le matériel de ventilation, y compris les circuits du ventilateur, après l'anesthésie de ces patients. » **Grade B, 2**
- Il est fortement recommandé lorsque c'est possible, de reporter l'intervention chirurgicale d'un patient suspect ou atteint de tuberculose active jusqu'à la fin de la période de contagiosité. En cas d'impossibilité du report, utiliser des masques adaptés au risque bacillifère et placer le patient en fin de programme opératoire. **Grade A, 2**
- Il est fortement recommandé, dans le cas particulier de l'endoscopie bronchique d'un patient suspect ou atteint de tuberculose bacillifère, de reporter l'examen de ces patients. **Grade A, 2**



Nantes



1, 2 et 3 juin 2016

XXVII^e Congrès National de la Société Française d'Hygiène Hospitalière



- Risque infectieux émergent : leçons des dernières crises (Ebola, grippe, MERS)
- Désinfection autour des gestes invasifs
- *Clostridium difficile* : épidémiologie et clinique, gestion d'une épidémie : Quelles sont nos problématiques d'hygiène, récurrence, diagnostic, etc ?
- Mortalité et morbidité des infections nosocomiales : impact financier, impact sociétal, part de la résistance, etc.

Argumentaire scientifique et recommandations

Le groupe de travail insiste sur une mesure préalable indispensable à toute mise en place d'un traitement de l'air : l'analyse de risque préalable [Haute Autorité de santé - 2012]. Le choix de la méthode de traitement, ainsi que la mise en place de mesures organisationnelles et comportementales dépendent en grande partie des conclusions de l'analyse préalable. Elle est principalement réalisée par les acteurs locaux, seuls à même de faire correspondre les exigences en matière de qualité de l'air aux actes effectués.

Recommandation 0 (hors cotation)

Il est fortement recommandé de faire une analyse *a priori* des risques pour la mise en place d'un traitement de l'air.

Le concept de traitement de l'air

1 Quelle est la place de la qualité l'air dans la prévention des infections du site opératoire (par rapport aux autres mesures dont l'efficacité est démontrée) ?

Commentaire

L'efficacité du traitement de l'air dans la prévention des infections du site opératoire est essentiellement basée sur les travaux de LIDWELL *et al.* (dont une étude randomisée de bonne qualité), ceux-ci ont été publiés entre 1983 et 1987 [LIDWELL *et al.* - 1987].

Lorsque l'effet de l'antibioprophylaxie est pris en compte dans l'étude portant sur l'influence de la ventilation avec un flux unidirectionnel sur la survenue d'ISO après pose de prothèses articulaires, les taux d'ISO diminuent de 3,4 % à 1,6 % quand la ventilation en flux unidirectionnel est utilisée seule, de 3,4 % à 0,8 % quand une antibioprophylaxie est utilisée seule et de 3,4 % à 0,7 % quand les deux sont

associées ; dans cette étude de LIDWELL, seules les concentrations bactériennes en fonction de chaque type de ventilation sont données (et pas les concentrations particulières).

Depuis et malgré l'évolution des techniques (conception des blocs opératoires, recrutement des patients, techniques chirurgicales), aucune étude randomisée de qualité n'a été réalisée. De nombreuses recommandations restent donc fondées sur les travaux de LIDWELL *et al.* Ces travaux ont été analysés dans les recommandations SFHH de 2004, *Qualité de l'air au bloc opératoire*, et ne seront pas détaillés dans la présente mise à jour.

Pour des raisons matérielles et éthiques, il n'existe pas de données de la littérature comparant l'absence de traitement de l'air à un traitement de l'air dans la prévention des infections du site opératoire.

a Au bloc opératoire

La question de l'impact du traitement de l'air dans les blocs opératoires par rapport aux autres mesures de prévention des infections du site opératoire (ISO) est difficile à résoudre. Cette difficulté réside dans le fait que la venti-

lation au sein des salles du bloc opératoire est un acquis de longue date [CHOW et YANG - 2004; COMBET - 2009] et qu'aucune étude récente n'a essayé de quantifier son effet indépendant sur la survenue des ISO. Par ailleurs, le risque d'infection du site opératoire est très dépendant du type d'intervention chirurgicale (durée d'intervention, largeur de l'incision, mouvements du chirurgien, instruments utilisés, niveau de contamination inhérent au site opératoire...) et du terrain, dont les facteurs liés aux patients. Ainsi, l'apport du traitement de l'air varierait pour chaque intervention chirurgicale, sans pouvoir être facilement extrapolable d'un type d'intervention chirurgicale à un autre (cf. 4.).

Le traitement de l'air a pour objectif de prévenir la survenue d'ISO liée au vecteur air. Parmi les différentes méthodes possibles, le choix est réalisé en se basant sur le niveau de contamination microbiologique cible déterminé par l'analyse de risque préalable.

LIDWELL *et al.* ont montré une relation entre aérobiocontamination et survenue d'ISO [LIDWELL *et al.* - 1987]. De plus l'air a été clairement identifié comme étant la source des micro-organismes en cause dans la survenue d'ISO [LUTZ *et al.* - 2003; FAIBIS *et al.* - 2005]; ils provenaient généralement des membres de l'équipe chirurgicale [EDMISTON *et al.* - 2005; FAIBIS *et al.* - 2005; NAPOLI *et al.* - 2012b].

Il est alors logique que le traitement de l'air ait une influence sur la survenue des ISO. Cependant, la quantification de cet effet est impossible à partir la littérature disponible.

L'efficacité du traitement de l'air sur la prévention des ISO peut être évaluée par la comparaison de méthodes répondant à des niveaux techniques différents et donc à des niveaux d'aérobiocontamination différents (reliant ainsi traitement de l'air aérobiocontamination et survenue d'ISO).

Ainsi, flux unidirectionnel et non unidirectionnel (anciennement flux laminaire et flux turbulent) ont souvent été comparés. Ceci a permis de mettre en évidence des différences significatives d'efficacité sur la survenue des ISO : le nombre de ré-intervention, en faveur du flux unidirectionnel dans certaines études [LIDWELL *et al.* - 1987; GRUENBERG *et al.* - 2004; YAVUZ *et al.* - 2006; KAKWANI *et al.* - 2007; BOSANQUET *et al.* - 2013; JEONG *et al.* - 2013]. Parmi ces études, de qualités méthodologiques variables, seules deux ont été randomisées. Les odds ratio (OR) variaient de 0,25 à 0,50, selon les sous-groupes analysés en faveur du flux unidirectionnel [LIDWELL *et al.* - 1987; BOSANQUET *et al.* - 2013].

L'étude monocentrique de BOSANQUET *et al.* concerne 170 interventions de chirurgie vasculaire. Les patients ont été répartis aléatoirement (à partir de la liste d'attente

dans le groupe « environnement chirurgical conventionnel » (ECC) ou dans le groupe « flux unidirectionnel » (FU), avec un ratio respectif de 2/1. Un seul chirurgien a réalisé l'ensemble des interventions. En analyse multivariée, les facteurs associés à la survenue d'une ISO étaient les suivants : incision de l'aîne, utilisation d'un greffon artériel et type de traitement de l'air. On notait pour cette dernière variable un risque de survenue d'une ISO augmenté dans le groupe ECC par rapport au flux unidirectionnel, avec un OR ajusté de 4,02 (intervalle de confiance à 95 % allant de 1,12 à 13,69)

Néanmoins un nombre équivalent d'études n'a soit pas retrouvé d'effet statistiquement significatif (positif ou négatif) du flux laminaire [MAROTTE *et al.* - 1987; ENGSAETER *et al.* - 2003; KNOBBEN *et al.* - 2006; MINER *et al.* - 2007; BREIER *et al.* - 2011; NAMBA *et al.* - 2012], soit a trouvé un effet négatif statistiquement significatif de l'utilisation du flux laminaire [BRANDT *et al.* - 2008; HOOPER *et al.* - 2011] (les études reposant sur des critères intermédiaires seront discutées dans la partie 5.a).

L'étude de cohorte multicentrique de BREIER *et al.* concerne 33 463 poses de prothèse de hanche et genou, dans 48 hôpitaux. Les taux d'ISO « sévères » (ie profonde et d'organe) étaient de 0,74 pour 100 procédures pour les poses de prothèses liées à l'arthrose, 2,39 pour celles liées à une fracture (hanche) et 0,63 pour les prothèses de genou. Pour les trois types de prothèses, ni l'utilisation d'un flux unidirectionnel, ni sa taille n'étaient associées à une réduction du risque d'ISO.

L'étude de BRANDT *et al.* analyse, comme celle de BREIER *et al.*, les données du réseau de surveillance allemand KISS (*Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System*) portant sur 99 230 interventions d'orthopédie et de chirurgie abdominale. Les estimations des risques d'ISO « sévères » sont les suivants : prothèse de hanche : OR = 1,63 (intervalle de confiance à 95 % : 1,06 à 2,52) en cas d'utilisation de flux unidirectionnel par rapport à un flux « turbulent » ; prothèse de genou : OR = 1,76 (0,80-3,85) ; appendicectomie : OR = 1,52 (0,91-2,53) ; cholécystectomie : OR = 1,37 (0,63-2,97) ; chirurgie colique et herniorraphie : OR non statistiquement différent de 1.

Ces deux études, BREIER *et al.* et BRANDT *et al.*, ont pris en compte dans leur analyse différents facteurs d'ajustement : âge, sexe, classe d'Altemeier, score NNIS...).

Deux méta-analyses ont été réalisées récemment pour évaluer l'efficacité respective des flux unidirectionnels et non unidirectionnels, sur la prévention des ISO. GASTMEIER *et al.* ont observé que la survenue d'ISO était majorée dans le remplacement total de hanche et de genou pour les

patients opérés sous flux laminaire (respectivement OR de 1,36 et 1,71) [GASTMEIER *et al.* - 2012]. ZHENG *et al.* ont observé des résultats similaires mais non significatifs, en utilisant la même méthode [ZHENG *et al.* - 2014].

GASTMEIER *et al.*, ont analysé cinq études de cohorte (BRANDT *et al.*, BREIER *et al.*, HOOPER *et al.*, MINER *et al.*, KAKWANI *et al.*) publiées de 2000 à 2009, dans leur revue de la littérature. Le critère de jugement était la survenue d'ISO « sévère » (ie profond et d'organe). Aucune étude n'a mis en évidence un bénéfice (réduction du risque d'ISO) du flux unidirectionnel, pour les prothèses de genou. Une étude, avec de petits effectifs, a mis en évidence un bénéfice du flux unidirectionnel pour les prothèses de hanche (KAKWANI *et al.*). Il s'agit d'une étude monocentrique, avec uniquement une analyse statistique univariée. Les résultats étaient les suivants : 0 infection / 212 (procédures) en cas de flux unidirectionnel, vs 9/229 en cas de ventilation conventionnelle. Une étude (HOOPER *et al.*) a mis en évidence un taux d'ISO supérieur pour les prothèses de genou, en cas d'utilisation de flux unidirectionnel. L'OR était de 1,92 (1,10-3,34). Trois études, BRANDT *et al.*, HOOPER *et al.*, BREIER *et al.*, ont mis en évidence un taux d'ISO supérieur pour les prothèses de hanche, en cas d'utilisation de flux unidirectionnel. Les OR étaient respectivement de 1,52 (1,20-1,92), 2,42 (1,35-4,32) et 1,83 (1,43-2,34). Au total, l'OR issu de la méta-analyse était de 1,36 (1,06-1,74) pour les prothèses de genou, en défaveur du flux unidirectionnel. Il était de 1,71 (1,21-2,41) pour les prothèses de hanche, également en défaveur du flux unidirectionnel. Selon les auteurs, « la mise en place de flux unidirectionnels dans de nouveaux blocs opératoires pourrait aboutir à un gaspillage de ressources... La question se pose de savoir s'il ne faudrait pas remplacer les flux unidirectionnels existants par des systèmes de ventilation conventionnelle ».

Les résultats paradoxaux obtenus par le flux laminaire sont parfois expliqués par : un non-respect des règles sous un flux laminaire (utilisation de combinaisons étanches, placement approprié de l'équipe) [EVANS - 2011] ; une fausse impression de sécurité du chirurgien qui se contaminerait alors plus facilement [HUMPHREYS - 2012] ; une adoption progressive de dispositifs de chauffage des patients qui ont potentiellement un effet délétère lorsqu'ils sont associés avec le flux laminaire [MCGOVERN *et al.* - 2011] (les études les plus en faveur du flux laminaire étant aussi les plus anciennes).

Du fait de ces biais, les résultats des comparaisons ne permettent pas d'établir de lien entre le type de traitement d'air, l'aérobiocontamination et la survenue d'ISO.

Les autres mesures de traitement de l'air n'ont pas fait l'objet d'études sur critères de jugement terminaux (nombre de renouvellements d'air, utilisation de filtre HEPA). Une partie des études a néanmoins consisté à évaluer l'influence de nouvelles structures. Il s'agissait alors de comparer une salle opératoire conventionnelle en régime non-unidirectionnel à une salle à filtration HEPA, flux unidirectionnel, et augmentation du nombre d'ACH. Dans cette situation l'apport indépendant de chaque mesure ne pouvait pas être évalué [MAROTTE *et al.* - 1987 ; YAVUZ *et al.* - 2006].

Il faut noter que la grande majorité des études rapportées ont été réalisées en chirurgie orthopédique [LIDWELL *et al.* - 1987 ; MAROTTE *et al.* - 1987 ; ENGESAETER *et al.* - 2003 ; KNOBBEN *et al.* - 2006 ; KAKWANI *et al.* - 2007 ; MINER *et al.* - 2007 ; BRANDT *et al.* - 2008 ; HOOPER *et al.* - 2011 ; GASTMEIER *et al.* - 2012 ; NAMBA *et al.* - 2012 ; ZHENG *et al.* - 2014] avec deux exceptions en chirurgie cardio-vasculaire [YAVUZ *et al.* - 2006 ; BOSANQUET *et al.* - 2013] et deux autres en chirurgie digestive [BRANDT *et al.* - 2008 ; JEONG *et al.* - 2013].

L'efficacité du flux laminaire est généralement comparée à l'antibioprophylaxie. Les quelques études ayant évalué ces deux critères à la fois ont montré, soit une efficacité plus importante de l'antibioprophylaxie sur la survenue des ISO [LIDWELL *et al.* - 1987 ; MAROTTE *et al.* - 1987 ; ZHENG *et al.* - 2014], soit égale [NAMBA *et al.* - 2012]. L'antibioprophylaxie est généralement associée à un risque relatif de 0,25, alors que celui du flux laminaire est très variable, allant de 0,4 à 1,7.

Dans la méta-analyse bayésienne de ZHENG *et al.*, l'objectif était d'estimer l'efficacité comparative des stratégies de prévention des ISO après pose de prothèse de hanche (PH), via une méta-analyse en réseau (comparaisons directes et indirectes). Le critère de jugement principal était le nombre d'ISO associé à la pose de PTH. Douze études concernant 123 788 PTH et neuf stratégies de prévention d'ISO ont été identifiées. La stratégie *antibioprophylaxie + ciment imprégné d'antibiotiques + ventilation conventionnelle* réduit significativement le risque d'ISO, par rapport à la stratégie de référence (*Pas d'antibioprophylaxie + ciment sans antibiotique + ventilation conventionnelle*), avec un OR de 0,13 (ICr 95 % : 0,03-0,35), avec la plus forte probabilité (47-64 %) et plus haut rang médian d'être la stratégie la plus efficace. Certains résultats de l'analyse statistique suggèrent que la stratégie *antibioprophylaxie + ciment imprégné d'antibiotiques + ventilation par flux laminaire* pourrait potentiellement augmenter le risque d'infection, par rapport à la stratégie *antibioprophylaxie + ciment imprégné d'antibiotiques + ventilation conventionnelle* (OR : 1,96 ; ICr 95 % : 0,52

à 5,37). Il n'y avait pas de haut niveau de preuve montrant que la stratégie *ciment imprégné d'antibiotiques et absence d'antibioprophylaxie* réduisait significativement les infections, par rapport à la stratégie *ciment sans antibiotique + antibioprophylaxie* (OR : 1,28 ; ICr 95 % : 0,38 à 3,38) (NB : dans chaque stratégie, un traitement conventionnel est adopté).

En conclusion, les auteurs n'ont mis en évidence aucune preuve convaincante en faveur de l'utilisation du flux d'air laminaire, par rapport à la ventilation conventionnelle, pour la prévention des ISO associées à la pose de PTH.

La ventilation par flux laminaire est largement utilisée et « chère ». La stratégie *ciment imprégné d'antibiotique et absence d'antibioprophylaxie* pourrait ne pas réduire significativement les ISO associées à la pose de PTH.

La stratégie avec la plus forte probabilité de réduction des ISO associées à la pose de PTH était *antibioprophylaxie + ciment imprégné d'antibiotiques + ventilation conventionnelle*.

Selon les auteurs, leur synthèse des données de la littérature montre la nécessité de revoir les recommandations actuelles, eu égard aux preuves disponibles. Ils proposent aussi la mise en place d'études randomisées *ad hoc*.

Des études présentées, il n'est pas possible de quantifier l'effet du traitement de l'air par rapport aux autres mesures de prévention des ISO. Cependant, si le flux non-unidirectionnel est considéré comme la méthode minimale à adopter pour tout bloc opératoire, alors l'effet constaté de l'adoption d'un système à flux unidirectionnel est au mieux minime par rapport à l'effet de l'antibioprophylaxie sur la survenue des ISO en chirurgie orthopédique. Il n'est pas possible de se prononcer sur les autres spécialités, du fait de l'absence de littérature.

Recommandation 1

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air avec flux unidirectionnel en chirurgie orthopédique prothétique pour diminuer l'aérobiocontamination. Celui-ci vient en complément de l'antibioprophylaxie qui joue un rôle essentiel dans la prévention de l'infection pour ce type de chirurgie. Grade B, 1. Accord fort (p25 : 7 ; p50 : 9)

Commentaire

L'antibioprophylaxie joue un rôle majeur dans la prévention des infections du site opératoire pour les interventions de classe I avec pose d'implant ou de prothèse ; le rôle du traitement de l'air est complémentaire en chirurgie ortho-

pédique prothétique. Le bénéfice de la synergie entre ces deux méthodes de prévention des ISO est faible.

La littérature est quasi inexistante dans les autres types de chirurgie.

Les recommandations relatives à l'antibioprophylaxie en chirurgie de la Société française d'anesthésie et de réanimation ont été actualisées en 2010 [MARTIN *et al.* - 2010].

Recommandation 2

Il est fortement recommandé de mettre en place un traitement d'air dans un bloc opératoire polyvalent. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. Grade A, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Actuellement, les plateaux techniques sont destinés à une activité polyvalente (mutualisation des plateaux techniques entre les différentes disciplines interventionnelles ; augmentation de l'efficacité demandée par les tutelles).

Les équipements de traitement de l'air sont pérennes et il n'est pas possible, pour une même salle, de les changer en fonction du type d'intervention chirurgicale.

La nécessité de disposer d'un traitement de l'air dépend du niveau de risque (*cf.* argumentaire de la question 4).

b Dans les secteurs interventionnels autres

Les apports des actes interventionnels non pratiqués au bloc et de la chirurgie mini-invasive, à la fois en termes de qualité de vie des patients et de complications postopératoire, ont fortement contribué à leur essor.

Les complications infectieuses de ce type d'acte sont rares : l'incision est soit limitée, soit inexistante (abord par orifice naturel), le temps d'exposition de la plaie est généralement bien plus court que lors d'une intervention classique.

Par ailleurs, on constate que lorsqu'une complication infectieuse suit l'acte, le micro-organisme en cause correspond généralement à un germe banal de la flore de l'appareil anatomique traité : bactéries à gram négatif pour les interventions de l'appareil digestif, staphylocoque pour les interventions endovasculaires (contamination au niveau de la peau) [NOUWEN *et al.* - 1999 ; HALPENNY et TORREGGIANI - 2011] suggérant une transmission des infections par contact.

De ce fait, peu d'études se sont intéressées à la question de l'impact du traitement de l'air sur la survenue de compli-

cations infectieuses en secteur interventionnel. NOUWEN *et al.* ont étudié l'effet potentiel de la qualité de l'air sur la survenue d'infection liée au cathéter chez des patients neutropéniques. La pose des cathéters avait lieu au bloc opératoire (traitement de l'air) ou en radiologie (absence de traitement d'air). Cette étude, de faible puissance, ne montrait pas de différence statistique en termes d'infections (8 bactériémies sur 23 *versus* 9 bactériémies sur 25; $p = 1$) [NOUWEN *et al.* - 1999].

VAN DEN BROEK *et al.* ont montré qu'en pratique courante, la coloscopie entraînait une augmentation importante de la concentration aérienne en bactéries issues de la flore digestive des patients [VAN DEN BROEK - 2010]. Cette étude ne permet néanmoins pas de répondre à la question des conséquences de cette augmentation sur la survenue d'infection. En début de journée, la contamination aéro-biologique est de 4 UFC/m³; en fin de journée, elle est de 16 UFC/m³. La contamination aéro-biologique au retrait de la pince à biopsie passe de 14 UFC/m³, sans dispositif particulier à 7 UFC/m³, en présence d'un dispositif d'aspiration de l'air.

Autant il est admis qu'une augmentation de la concentration aérienne bactérienne dans un contexte de chirurgie ouverte puisse influencer la survenue d'infections du site opératoire (ISO), autant il n'est pas certain qu'en l'absence d'incision cette augmentation puisse augmenter le risque infectieux.

Recommandation 3

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air dans les secteurs interventionnels autres. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. Grade B, 3. Accord total (p25:9; p50:9)

Commentaire

La littérature relative à la survenue des infections consécutives aux actes interventionnels non pratiqués en bloc opératoire est pauvre.

Aucune des deux études disponibles ne permet de conclure à un effet positif du traitement de l'air sur le risque infectieux, même s'il est probable que certains actes augmentent l'aérobiocontamination.

Dans des recommandations anglaises concernant les MAI (*Minimal access interventions*) il est discuté une approche [HUMPHREYS *et al.* - 2012] concernant des procédures qualifiées de mineures (des exemples sont donnés dans cet article). Pour ces procédures, un traitement de l'air est envisagé en cas d'anesthésie générale en raison des problèmes de pollution par les gaz anesthésiques ou s'il existe un risque de conversion vers une technique invasive.

c Selon les différentes classes d'Altemeier

Il n'existe pas de littérature s'intéressant directement à l'apport du traitement de l'air selon la classe Altemeier de l'acte pratiqué [Altemeier - 1979]. Cependant il est possible de se référer aux différentes études rapportées dans la question 1.a) en reclassant les actes étudiés dans les classes Altemeier.

En procédant ainsi, on observe que la classe 1 (chirurgie propre) est celle qui a été le plus étudiée [LIDWELL *et al.* - 1987; MAROTTE *et al.* - 1987; ENGESAETER *et al.* - 2003; YAVUZ *et al.* - 2006; KAKWANI *et al.* - 2007; MINER *et al.* - 2007; BRANDT *et al.* - 2008; BREIER *et al.* - 2011; HOOPER *et al.* - 2011; NAMBA *et al.* - 2012; GASTMEIER *et al.* - 2012; BOSANQUET *et al.* - 2013; ZHENG *et al.* - 2014] à travers la chirurgie orthopédique et la chirurgie cardiaque.

En chirurgie orthopédique, les résultats des différentes études ne permettent pas de conclure qu'un traitement de l'air « plus poussé » puisse aboutir à un plus faible taux d'ISO.

En chirurgie cardiovasculaire, deux études (dont une randomisée de faible puissance) suggèrent un effet du flux unidirectionnel sur la prévention des ISO [YAVUZ *et al.* - 2006; BOSANQUET *et al.* - 2013].

Deux études observationnelles ont été réalisées en chirurgie digestive (classe II et III d'Altemeier: chirurgie propre contaminée et chirurgie contaminée). Une première (étude de cohorte multicentrique, en chirurgie gastrique), qui a mis en évidence un effet indépendant du flux laminaire sur la survenue des ISO [JEONG *et al.* - 2013], et une seconde (chirurgie orthopédique et abdominale) qui n'a pas retrouvé d'effet significatif [BRANDT *et al.* - 2008].

Il est donc difficile de définir l'apport du traitement de l'air dans l'ensemble des deux classes concernées, sur la base de ces deux seules études.

Recommandation 4

Il est fortement recommandé de mettre en place un traitement de l'air en chirurgie propre. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulière au moins équivalente à ISO 7. Grade A, 1. Accord total (p25:9; p50:9)

Commentaire

La recommandation est issue de l'extrapolation d'un résultat obtenu en chirurgie orthopédique prothétique [LIDWELL *et al.* - 1987].

Il n'y a pas de données de la littérature permettant de comparer l'absence à la présence de traitement de l'air dans la survenue des ISO en chirurgie propre.

Il n'existe pas d'études comparant l'efficacité du traitement de l'air dans la prévention des ISO, entre les autres classes d'Altemeier (hors chirurgie propre).

2 Quelle est la place du traitement de l'air dans la prévention de la contamination des dispositifs médicaux en peropératoire ?

La contamination des instruments peut potentiellement être la source d'ISO, comme l'a prouvé une récente épidémie [DANCER *et al.* - 2012]. L'étude de cet événement indésirable a identifié les mauvaises pratiques de stérilisation comme étant la source de la contamination des instruments.

De plus THORE *et al.* ont montré que les instruments étaient le point d'origine principal des particules porteuses de bactéries (mise en suspension des bactéries lors de gestes d'incision, de coagulation...) [THORE et BURMAN - 2006].

SAITO *et al.* ont observé que les instruments stériles en début d'opération (laparotomie) pouvaient se contaminer par la flore cutanée ou digestive du patient par contact direct ou indirect [SAITO *et al.* - 2014].

Une étude sur la dynamique de contamination de plateaux stériles au sein d'un bloc a démontré que 30 % des plateaux étaient contaminés au bout de 4h de présence en salle opératoire, essentiellement avec des bactéries de la flore cutanée [DALSTROM *et al.* - 2008]. Elle a aussi permis de montrer que le simple fait de couvrir ces plateaux d'un linge stérile permettait de limiter significativement leur contamination.

Ces deux études remettent en question l'utilisation de la seule stérilisation comme moyen de prévention des dispositifs médicaux et instruments destinés à la chirurgie, ceux-ci pouvant se contaminer durant l'intervention.

Trois études ont évalué l'impact de différents traitements de l'air sur la contamination potentielle des instruments au décours d'une opération [THORE et BURMAN - 2006; DA COSTA *et al.* - 2008; NILSSON *et al.* - 2010]. Deux d'entre elles ont conclu à un effet bénéfique (réduction de la contamination) de l'inclusion du plateau d'instruments dans un flux laminaire [THORE et BURMAN - 2006; NILSSON *et al.* - 2010]. La troisième a conclu à l'absence d'effet [DA COSTA *et al.* - 2008].

Les deux premières études ont été effectuées en condition réelle, tandis que la troisième consistait en une simple simulation d'activité. Néanmoins, dans les deux premières études la résistance microbiologique du matériel n'était pas prise en compte.

Recommandation 5

Il est recommandé de mettre en place un traitement de l'air pour la prévention de la contamination peropératoire des dispositifs médicaux. Selon la norme NF S 90-351 en vigueur, ce traitement d'air permet d'atteindre une classe de contamination particulaire au moins équivalente à ISO 7.

Lorsqu'un flux unidirectionnel est utilisé, il doit inclure la table d'instruments. Grade B, 2. Accord fort (p25 : 8 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

Recommandation 6

Il est recommandé de respecter les séquences de déconditionnement des dispositifs médicaux stériles au fur et à mesure des différents temps opératoires. Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

3 Existe-t-il une corrélation entre la propreté particulaire et la maîtrise de l'aérobiocontamination ?

L'évaluation de l'intérêt du comptage particulaire, pour la surveillance de la qualité de l'air au bloc opératoire et comme moyen d'estimer la caractéristique microbiologique, a débuté dans les années 1990. SEAL et CLARK ont notamment importé cette méthode des environnements industriels. À l'époque, une corrélation avait été retrouvée entre comptage particulaire (nombre de particules/m³) et aérobiocontamination (unités formant colonies/m³).

Depuis dix ans, cinq études se sont intéressées à la question de la corrélation entre concentration particulaire et qualité microbiologique de l'air. Parmi elles, deux ont trouvé une corrélation [STOCKS *et al.* - 2010 ; WAN *et al.* - 2011], trois n'en ont pas trouvé [LANDRIN *et al.* - 2005 ; SCALTRITI *et al.* - 2007 ; CRISTINA *et al.* - 2012].

La difficulté d'interprétation de ces différentes études réside dans des différences conséquentes entre les environnements des expériences et dans les paramètres recueillis (diamètres de particules, instrument de recueil, co-variables prises en compte).

Commentaire

Avec les connaissances actuelles, il est difficile de conclure sur l'existence d'une corrélation entre concentration aérienne bactérienne et comptage particulaire.

4 Peut-on définir différentes qualités d'air pour différents niveaux de risque (c'est-à-dire une qualité d'air unique ou adaptée selon la spécialité) au bloc opératoire et en secteurs interventionnels ?

Les différentes subdivisions de la question 1 permettent en partie d'établir l'existence de niveaux de risque de contamination aérienne, selon la spécialité ou l'acte au bloc opératoire.

Cependant une échelle de ce risque ne peut être créée si elle ne repose que sur les études réalisées. Ces dernières sont en effet quasi exclusivement réalisées en chirurgie orthopédique, avec quelques exceptions en chirurgie cardiaque et digestive.

Dans ce contexte, on ne peut établir un niveau de qualité d'air requis que pour les spécialités citées. Concernant les autres spécialités/actes, l'échelle ne pourrait être construite qu'à partir d'une extrapolation sur la base d'arguments théoriques (classe de chirurgie, incidence des ISO, personnels présents, efficacité des systèmes de ventilation selon les actes...).

Après réflexion du groupe de travail, une telle extrapolation ne peut être réalisée devant le peu de données disponibles.

En secteur interventionnel, le nombre très limité d'études ne permet pas d'établir d'échelles de risque de survenue d'ISO lié à l'air, selon l'acte ou la spécialité. Pour mener une analyse de risque il est nécessaire de prendre en compte la fréquence et la gravité du risque qui permettent de définir un niveau de criticité et un niveau de maîtrise adapté.

Les principales recommandations émises sur la qualité de l'air lors d'interventions n'ont pas utilisé d'échelle de risque selon l'acte pratiqué. Ainsi, le CDC a structuré ses recommandations sur le type de structure (bloc opératoire, chambre de patient...) [SEHULSTER *et al.* - 2003].

Le CSS de Belgique a aussi utilisé une approche par type de structure, en y ajoutant les secteurs interventionnels autres que le bloc opératoire. Ces derniers ont été séparés en deux catégories (groupe de salle et salle individuelle) [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013]. Les recommandations émises varient au sein de chaque structure.

Les auteurs des recommandations de l'HIS ont structuré leurs recommandations sur le type de ventilation [HOFFMAN *et al.* - 2002].

La norme NFS 90-351 propose quatre zones de risque au sein de l'hôpital. Les salles de petite chirurgie et d'obsté-

trique appartiennent à la zone 3 ; les blocs opératoires sont en zones 3-4 ; les salles d'imagerie interventionnelle sont classées en zone 3 [AFNOR NORMALISATION - 2013].

Les recommandations de qualité d'air au sein de chaque zone varient considérablement.

Commentaire

Dans un traitement d'air, il existe différents moyens aérauliques (filtration, surpression, renouvellement et régime de distribution) mis en œuvre pour assurer la maîtrise de la qualité de l'air. En revanche, il n'existe pas de données à l'heure actuelle pour recommander un niveau de maîtrise de la qualité de l'air pour un niveau de risque infectieux.

Un niveau de maîtrise correspond néanmoins à un niveau d'aérobiocontamination et de contamination particulaire. Certaines études ont permis de déterminer que le risque infectieux diminue avec la contamination microbiologique. Mais, elles ne permettent pas de se prononcer sur l'apport des techniques modernes (faible différence de contamination de l'air, effet de seuil).

De ce fait, il n'y a pas de garantie qu'un niveau maximal de maîtrise de la qualité de l'air diminue le niveau de risque infectieux. La priorité doit être accordée à d'autres facteurs ayant une influence plus importante sur ce risque : antibio-prophylaxie, antisepsie de la peau et des muqueuses, etc.

Dans les blocs opératoires polyvalents, le traitement d'air choisi doit être univoque et tenir compte des exigences de la chirurgie la plus exposée aux risques infectieux. Le choix du niveau technique est réalisé par l'établissement, sur des critères locaux (financiers, architecturaux, comportementaux...).

Dans les secteurs interventionnels, le traitement de l'air peut être adapté aux procédures.

5 Dès lors qu'un traitement d'air est nécessaire, quelles sont les possibilités techniques actuelles en fonction des qualités requises ?

a « Conventionnelle » : filtration – surpression (avec cascade de pression ou sas) – renouvellement – régime de distribution (flux uni ou non unidirectionnel)

Les études dont le critère de jugement est clinique (survenue d'ISO profonde, superficielle ou ré-intervention) ne permettent pas de conclure sur l'intérêt du flux laminaire en chirurgie orthopédique, ainsi qu'en chirurgie digestive. Elles sont plutôt en faveur de son installation en chirurgie cardiaque (cf. question 1.a).

Les études avec critères de jugement intermédiaires (comptage particulaire, concentration microbiologique de l'air, de la table opératoire) sont toutes en faveur de l'installation du flux unidirectionnel [MEMARZADEH et MANNING ; CHOW et YANG - 2005 ; HANSEN *et al.* - 2005 ; TALON *et al.* - 2006a ; AL-WAKED - 2010 ; HIRSCH *et al.* - 2012 ; SMITH *et al.* - 2013].

L'étude de TAYLOR et BANNISTER a permis de montrer qu'une simple interposition du chirurgien dans le flux laminaire, au-dessus de la plaie, entraînait une contamination considérable de cette dernière, égale à deux fois celle observée en dehors du flux laminaire, et 27 fois plus élevée qu'au sein du flux [TAYLOR et BANNISTER - 1993]. Une seconde étude expérimentale a mis en évidence des concentrations en particules similaires entre une absence de ventilation et un flux unidirectionnel, sur un modèle de plaie en simulation d'activité [PERSSON et VAN DER LINDEN - 2004]. En l'absence d'activité, aucune particule n'était détectée.

La question de la taille du flux laminaire a été évaluée par deux études. La première, utilisant un critère de jugement intermédiaire (contamination microbiologique) a trouvé un impact significatif de l'augmentation de la taille du flux [DIAB-ELSCHAHAWI *et al.* - 2011]. La seconde, utilisant comme critère de jugement la survenue d'ISO, n'a pas trouvé d'impact significatif [BREIER *et al.* - 2011].

Une étude simulant les mouvements d'air au sein d'une salle d'intervention utilisant un flux unidirectionnel, a conclu à l'existence d'un effet potentiellement obstructif du positionnement du scialytique [AL AKOUM *et al.* - 2004 ; CHOW et YANG - 2005].

Depuis les études des années 1980 se prononçant en faveur du flux unidirectionnel en bloc orthopédique, l'ins-

tallation de ce système a fortement progressé, atteignant 75 % pour les poses de prothèse de genou aux USA en 2005 [HUMPHREYS - 2012], 40 % en chirurgie orthopédique en Nouvelle Zélande en 2011 [HOOPER *et al.* - 2011].

Devant les résultats contradictoires des études, le CDC a révisé sa recommandation de 1997 conseillant l'installation de flux unidirectionnel et a considéré l'intérêt de l'installation du flux unidirectionnel comme un problème non résolu (sur les études disponibles en 2003) [SEHULSTER *et al.* - 2003]. Une récente conférence de consensus internationale sur la chirurgie orthopédique a émis une recommandation, mentionnant que les arthroplasties pouvaient être réalisées dans des salles ne disposant pas d'un système à flux unidirectionnel [ALIJANIPOUR *et al.* - 2014].

Depuis 2003 les études disponibles n'ont pas permis d'éclaircir l'impact réel de l'utilisation du flux laminaire sur la survenue des ISO. Il ne paraît pas possible de se prononcer sur l'intérêt d'une telle installation.

Cependant, en cas d'installation, il est nécessaire de respecter à la lettre un certain nombre de règles inhérentes à l'utilisation du flux laminaire [TAYLOR et BANNISTER - 1993; PERSSON et VAN DER LINDEN - 2004; CHOW et YANG - 2005; KNOBBEN *et al.* - 2006].

Le régime de surpression et la filtration nécessaires au bloc opératoire n'ont pas été récemment étudiés. Dans les principales recommandations, il est conseillé d'utiliser un régime de surpression afin de limiter la contamination des salles [SEHULSTER *et al.* - 2003; CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013]. La filtration recommandée est variable : HEPA [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013] ou supérieure à 90 % d'efficacité [SEHULSTER *et al.* - 2003].

En secteur interventionnel et chirurgie mini-invasive, les pratiques sont très hétérogènes concernant le système de ventilation utilisé. Une enquête de pratiques datant de 2005, sur les pratiques au Royaume-Uni, a permis de montrer de très fortes variations selon la spécialité. Les opérations de chirurgie orthopédique étaient fréquemment effectuées en salle ultra-propre (45 à 50 %), situation très exceptionnelle par rapport aux autres disciplines dont les interventions étaient le plus souvent réalisées en bloc opératoire avec une ventilation conventionnelle. Les interventions neurologiques étaient le plus souvent effectuées dans des salles non ventilées. Enfin, certaines disciplines disposaient de salle d'intervention dédiée, ventilée : cardiologie, radiologie, gastro-entérologie [SMYTH *et al.* - 2005].

Les recommandations concernant les secteurs interventionnels laissent soit le choix du type de ventilation à la discrétion de l'établissement [HUMPHREYS *et al.* - 2012; CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013], soit recommandent un système à flux unidirectionnel [CHAN *et al.* - 2012].

Elles conseillent soit un renouvellement horaire de l'air de l'ordre de 15 ACH avec filtration adéquate [HUMPHREYS *et al.* - 2012], soit un renouvellement de 6 ACH sans filtre HEPA et sans surpression [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013], soit ne mentionnent pas ces autres mesures [CHAN *et al.* - 2012].

Recommandation 7

Il est fortement recommandé qu'un traitement de l'air assure : apport d'air neuf, filtration, surpression, renouvellement de l'air (cinétique d'élimination des particules), régime de distribution. Grade A, 2. Accord total (p25 : 9; p50 : 9)

Commentaire

Le renouvellement de l'air est assuré soit par l'apport d'air neuf soit par « recyclage ».

Le régime de distribution peut être unidirectionnel ou non unidirectionnel (cf. commentaire de la question 4).

La littérature disponible concerne une étude ancienne randomisée [LIDWELL *et al.* - 1987], et des études récentes observationnelles dont les résultats sont contradictoires.

Recommandation 8

Il est recommandé que la cascade de pression assure un gradient de 15 ± 5 Pa. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9; p50 : 9)

Commentaire

À titre d'exemple, les caractéristiques techniques du traitement d'air sont données dans le tableau III.

b « Autres » : UV, Unité mobile de décontamination de l'air utilisant le plasma, etc.

Quelques études se sont intéressées à l'efficacité des ultraviolets [RITTER *et al.* - 2007; MEMARZADEH *et al.* - 2010; REED - 2010; NARDELL *et al.* - 2013] dans la prévention de la contamination aérienne au bloc opératoire. Certaines ont observé un très fort impact de l'utilisation des UV, avec une division par trois du nombre d'ISO après l'installation par rapport au flux laminaire [RITTER *et al.* - 2007].

Cependant, ce système a rapidement été décrié, en raison de son impact potentiel sur la santé des patients (risque de brûlure cornéenne, néoplasie...) [EVANS - 2011].

En 2007, le *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) rattaché au *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) a mené une enquête au sein d'un hôpital qui utilisait les UV comme moyen de prévention des ISO au bloc. Celle-ci a permis de mettre à jour un certain nombre de symptômes et de maladies pouvant être attribués aux radiations UV-C. Il s'agit de kératoconjunctivites, d'érythèmes cutanés, de photokératites et de possibles cancers cutanés... Suite à l'enquête, il a été recommandé de ne pas utiliser les UV au sein des blocs opératoires [SYLVAIN et TAPP - 2007], en se référant à la recommandation de 2003 du CDC [SEHULSTER *et al.* - 2003]. Les conclusions d'autres auteurs [MEMARZADEH *et al.* - 2010; EVANS - 2011] vont dans le même sens.

L'intérêt des unités mobiles générant un flux unidirectionnel a essentiellement été évalué dans le cadre d'un soutien à un système de ventilation à flux turbulent disposant d'un renouvellement d'air faible (6 à 16 ACH) [THORE et BURMAN - 2006; BERGERON *et al.* - 2007; PASQUARELLA *et al.* - 2007; SOSSAI *et al.* - 2011].

THORE *et al.* ont permis de montrer que l'ajout de l'unité mobile permettait de significativement diminuer la concentration microbiologique et particulaire aérienne, sans pour autant atteindre le niveau d'une salle à flux unidirectionnel dans une salle initialement à 6 ACH. Ils concluent que l'unité mobile de flux laminaire serait potentiellement utile, dans le cas d'intervention à haut risque, à condition d'être placée près du site opératoire (au maximum 1 mètre) [THORE et BURMAN - 2006].

Dans une salle d'intervention à 12,5 ACH, SOSSAI *et al.* ont observé que l'adjonction de l'unité mobile permettait d'atteindre un niveau de concentration microbiologique identique à celui d'une salle en flux unidirectionnel, au niveau du site opératoire. Son rayon d'action étant très limité, une seule unité ne permet pas de couvrir aussi la table d'instruments [SOSSAI *et al.* - 2011].

Dans une étude réalisée dans des conditions sensiblement identiques, PASQUARELLA *et al.* ont observé des résultats inverses : des conditions de propreté identiques à une salle en flux unidirectionnel, au niveau de la table d'instrument, mais pas au niveau de la plaie [PASQUARELLA *et al.* - 2007]. La différence étant probablement liée au placement de l'unité mobile et à son faible rayon d'action.

Un petit système générant un flux d'air dirigé et filtré (HEPA), fixé à la jambe du patient, a montré une efficacité notable dans la diminution du nombre de particules et de germes, au niveau du site chirurgical [STOCKS *et al.* - 2011].

Une étude relative à l'efficacité d'une unité mobile de

décontamination de l'air, basée sur des réacteurs à plasma froid, a permis de montrer que l'ajout de cette unité diminuait par un facteur 6 la cinétique de décontamination d'une salle d'opération, par rapport à un système de ventilation utilisant des filtres HEPA [BERGERON *et al.* - 2007]. Elle a aussi permis de diviser par deux la concentration de la flore mésophile.

En France, des appareils mobiles sont disponibles et proposent les techniques suivantes :

- une filtration particulaire simple (le plus souvent de type HEPA après pré-filtration). Cela augmente le taux de brassage de la salle ;
- un traitement « biocide » associé ou pas à une filtration particulaire et/ou une filtration sur charbon actif. Le traitement biocide peut être de l'UV, de la photocatalyse, du plasma, de l'ionisation, de l'ozonation. Il peut aussi être intégré au traitement de l'air de la salle.

Au centre hospitalier Lyon Sud, des tests ont montré une baisse de l'aérobiocontamination avec une technologie par ozonation. Celle-ci est moins bruyante, moins encombrante que l'unité mobile de filtration mais elle n'influe pas sur la classe particulaire.

Recommandation 9

Il est recommandé de ne pas utiliser des méthodes de traitement de l'air basées sur les UV du fait de leur retentissement sur le personnel. Grade D, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Le CDC ne recommande pas l'utilisation de cette technique, du fait de l'exposition aux UV importante parce que répétitive chez le personnel, à la différence du patient.

Recommandation 10

Il est recommandé de ne pas utiliser exclusivement des méthodes de traitement de l'air non conventionnelles (ex : dispositif mobile de traitement de l'air) dans le cadre de la maîtrise du risque infectieux. Grade D, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

En cas d'impossibilité d'utiliser un système de traitement d'air fixe, il est possible d'utiliser des dispositifs mobiles, en complément ou en remplacement temporaire d'un système partiellement ou totalement défaillant, sous réserve de l'accompagner d'un plan d'action pour valider l'efficacité du système mis en place (contrôle particulaire et éventuellement microbiologique) puis pour la remise en place du système de traitement d'air.

L'exploitation du traitement de l'air

6 Est-il nécessaire de réaliser des contrôles microbiologiques/particulaires de l'air ?

Comme abordé dans la question 4, les études sur l'existence d'une corrélation entre comptage particulaire et concentration aérienne microbiologique sont, actuellement contradictoires, et ne permettent pas de tirer de conclusion définitive [LANDRIN *et al.* - 2005 ; SCALTRITI *et al.* - 2007 ; STOCKS *et al.* - 2010 ; WAN *et al.* - 2011 ; CRISTINA *et al.* - 2012].

Dans ces conditions, il peut paraître difficile de recommander le comptage particulaire comme outil d'évaluation de la qualité microbiologique de l'air. De faibles concentrations de germes peuvent être la cause d'ISO, sans que le seuil d'alerte particulaire ne soit franchi.

Néanmoins, l'intérêt du comptage particulaire peut se justifier pour surveiller l'apparition d'une défaillance du système [GOSDEN *et al.* - 1998 ; HOFFMAN *et al.* - 2002], ou de contamination fongique exceptionnelle du bloc opératoire [LUTZ *et al.* - 2003]. Toutefois, même dans ces conditions, les prélèvements de surface peuvent être bien plus contributifs que les prélèvements d'air [HEINEMANN *et al.* - 2004].

Malgré l'absence de preuves concluantes, de nombreux auteurs recommandent le comptage particulaire [DHARAN et PITTET - 2002 ; STOCKS *et al.* - 2010 ; WAN *et al.* - 2011]. Il en est de même pour le CDC et les recommandations françaises [MINISTÈRE DE LA SANTÉ - 2002 ; SEHULSTER *et al.* - 2003].

L'intérêt des mesures de la qualité microbiologique de l'air est discutable, dans la mesure où celles-ci sont longues et perturbent donc plus l'activité que le simple comptage particulaire. Néanmoins, la qualité bactérienne de l'air ne semble être analysable qu'à l'aide de ces prélèvements spécifiques (corrélation incertaine avec le nombre de particules). Certains les recommandent donc pour l'évaluation de routine de la qualité de l'air des blocs [LANDRIN *et al.* - 2005 ; TANG et WAN - 2013], allant à l'encontre des recommandations du CDC et de l'HIS [HOFFMAN *et al.* - 2002 ; SEHULSTER *et al.* - 2003].

Concernant la construction de nouveaux blocs opératoires, JOWITT et MORRIS recommandent l'abandon des mesures de contamination aérienne microbiologique. Celles-ci leur paraissent à la fois coûteuses et redondantes, lorsque tous les autres tests suivant la mise en place ont été réalisés avec succès [JOWITT et MORRIS - 2005]. C'est l'argumentation retenue par les recommandations du département de la santé du Royaume Uni pour les salles répondant

aux standards « ultra-propre », mais pas pour les salles d'opérations classiques [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007a].

La norme NF S 90351 impose, elle, pour la qualification de tout nouveau système de maîtrise de l'air, la mise en œuvre de contrôles dont les contrôles particuliers et microbiologiques [AFNOR NORMALISATION - 2013].

Recommandation 11

Il est fortement recommandé de mettre en place un contrôle particulaire de l'air ambiant (résultats immédiats, méthode normée, meilleure reproductibilité) chaque fois qu'un système de maîtrise de l'air a pour objectif d'obtenir un environnement maîtrisé au bloc opératoire et en secteur interventionnel. Grade A, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Ce contrôle peut être effectué au repos ou en activité.

Recommandation inspirée de la RA96 du document *La qualité de l'air au bloc opératoire*, Recommandations d'experts, SF2H, 2004 [SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE - 2004].

Recommandation 12

Il est recommandé de ne pas faire en routine des contrôles microbiologiques de l'air quel que soit le mode de diffusion (flux unidirectionnel ou flux non unidirectionnel) du système de maîtrise de l'air. Grade D, 3. Accord fort (p25 : 7 ; p50 : 9)

Commentaire

Recommandation contraire à la RA98 du document *La qualité de l'air au bloc opératoire*, Recommandations d'experts, SF2H, 2004, introduisant la notion de routine ; il s'agit ici d'un « avis d'expert », en l'absence d'études sur l'intérêt de ce contrôle pour la prévention des ISO et l'absence de corrélation établie entre niveau particulaire et niveau microbiologique [SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE - 2004].

Cette recommandation est cohérente avec les recommandations du CDC (2003) et de l'HIS (2002). Néanmoins, certains auteurs recommandent toujours les contrôles microbiologiques de routine.

Référence à la norme

■ Pour la qualification de tout nouveau système de maîtrise de l'air et pour la requalification, la norme NF S 90351 impose la mise en œuvre de contrôles, dont les contrôles particuliers et microbiologiques.

7 Dès lors qu'il est nécessaire de réaliser des contrôles

a Pour quel type de traitement d'air ?

Seules les recommandations du Royaume-Uni se basent sur les types de traitement d'air, pour définir quels contrôles sont à réaliser [SEHULSTER *et al.* - 2003]. Celles-ci excluent les prélèvements microbiologiques de l'air pour les salles d'opérations à ventilation conventionnelle en routine. Ils sont réservés aux investigations de cas d'ISO et aux modifications du système de ventilation. Il n'est pas fait mention des comptages particuliers.

Pour les salles ultra-propres, il n'est pas non plus recommandé de faire de prélèvements de routine [SEHULSTER *et al.* - 2003].

Aucune étude n'a été réalisée sur cette question.

Commentaire

Renvoi aux recommandations 11 et 12, qui sont proposées pour tout type de système de maîtrise de l'air.

b Pour quels secteurs ?

La nécessité de réaliser des prélèvements de l'air, afin d'évaluer sa qualité microbiologique (que ce soit par comptage particulaire ou microbiologique) au bloc opératoire, est un problème non résolu (cf. question 6).

Dans la mesure où le risque de survenue d'ISO lié à l'air est considérablement limité dans la chirurgie mini-invasive et les secteurs interventionnels autres, il ne paraît pas nécessaire de réaliser des contrôles spécifiques à ces locaux. L'entretien classique des systèmes de ventilation au sein de l'hôpital s'applique alors.

Commentaire

Renvoi aux recommandations 11 et 12 qui sont proposées pour tout type de système de maîtrise de l'air.

c Selon quelles techniques ?

Le CDC recommande de ne pas prélever avec une méthode passive pour évaluer la concentration aérienne fongique, ainsi que d'utiliser des appareils à forte capacité de prélèvement en cas de concentration microbienne attendue basse [SEHULSTER *et al.* - 2003].

Pour les prélèvements bactériologiques, les méthodes passives et actives obtiennent généralement des résultats identiques au niveau de la qualité de l'air, dans leurs échelles

respectives (UFC/m²/h en méthode passive, UFC/m³ en méthode active) [NAPOLI *et al.* - 2012a, 2012b]. La méthode passive facilite le calcul du nombre de bactéries sédimentant au niveau de la plaie [FRIBERG *et al.* - 1999a, 1999b, 2001]. La méthode active est plus efficace pour évaluer le nombre de bactéries inspirées par l'équipe et les malades.

Une étude expérimentale a permis de montrer que les systèmes de collecte de l'air disponibles sur le marché obtenaient des résultats identiques, mais que l'utilisation de milieux de cultures différents pouvait faire varier leur efficacité. Ainsi, il serait préférable d'utiliser des milieux de cultures SCDALP (*Soybean Casein Digest Agar Lecithin Polysorbate*) à la place des milieux de culture SCDA (*Soybean Casein Digest Agar*) pour mesurer la qualité de l'air [SHINTANI *et al.* - 2004].

Certains auteurs recommandent de réaliser trois prélèvements consécutifs, que ce soit pour le comptage particulaire ou pour les prélèvements microbiologiques, du fait de la variabilité entre les prélèvements [MINISTÈRE DE LA SANTÉ - 2002]. Il est également recommandé d'utiliser un système qui peut être télécommandé, afin qu'il n'y ait pas besoin d'un technicien dans la salle au moment de la mesure [HOFFMAN *et al.* - 2002].

Pour les salles ultra-propres, les prélèvements doivent être réalisés hors activité, afin d'assurer la reproductibilité des résultats et ainsi permettre d'identifier les variations de la qualité de l'air [GOSDEN *et al.* - 1998].

Références à la norme

■ Le contrôle particulaire se fait selon la norme ISO 14644-1 et -2 (cf. tableau I).

■ Le contrôle microbiologique se fait selon la norme ISO 14698-1 et -2 et la norme NF S 90-351 (cf. tableau I) [AFNOR NORMALISATION - 2013].

Commentaire

La recommandation 18 précise que ces contrôles doivent être réalisés par des professionnels qualifiés, maîtrisant les modalités de prélèvements décrites dans les normes.

d À quelle fréquence ?

Lorsque les contrôles microbiologiques/particulaires de l'air sont recommandés, il n'est pas établi de fréquence optimale de contrôle. Celle-ci est donc laissée à la discrétion de l'équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière [MINISTÈRE DE LA SANTÉ - 2002].

Au CHU de Toulouse par exemple, après une étude des caractéristiques particulières et microbiologiques de l'air

au sein des blocs opératoires, il a été décidé de réaliser un comptage particulière par trimestre [DIULIUS - 2003].

Concernant les salles opératoires ultra-propres (flux unidirectionnel), certains auteurs conseillent de réaliser un contrôle microbiologique annuel [GOSDEN *et al.* - 1998]. Les recommandations du Royaume-Uni conseillent une inspection trimestrielle (ne comportant pas nécessairement des prélèvements), associée à un contrôle annuel [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b].

Référence à la norme

■ Le contrôle particulière est réalisé selon la norme ISO 14644-2, qui définit la fréquence en fonction du niveau de performance du système de traitement d'air :

- Niveau inférieur ou égal à ISO 5 : tous les 6 mois
- Niveau supérieur à ISO 5 : tous les 12 mois.

Recommandation 13

Pour le contrôle microbiologique, aucune fréquence ne peut être établie pour le contrôle ; quand ces contrôles sont réalisés, leur fréquence est laissée à l'appréciation du groupe pluridisciplinaire en charge de la gestion du risque lié à l'air dans l'établissement. Grade C, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

e Par qui ?

Les recommandations du CDC n'identifient pas la personne devant contrôler la qualité de l'air au bloc opératoire et en secteur interventionnel. Les recommandations du CSS de Belgique reviennent sur la nécessaire information des responsables du bloc opératoire et de l'équipe opérationnelle d'hygiène, des résultats obtenus [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013].

Tableau I – Techniques de contrôles particulière et microbiologique – Adapté des normes NF S 90351 et ISO 14698-1 et -2.

Risques liés à	Prélèvement						Textes de référence
	Objectif	Type*	Nature	Milieu de cultures**	Incubation	Équipement	
La contamination particulière	Routine	Cf. normes ***	Particules inertes	Non adapté	Non adapté	Compteur de particules	NF S 90351 ISO 14644-1 et 2
	(RE) Qualification						
	Pré/post travaux						
L'aérobio-contamination	(RE) qualification	2	Particules viables	Type PCA ; MEA ou SAB (pour RIF)	30 °C	Biocollecteur	
	Pré/post travaux	1 ou 2****					
La contamination des surfaces	(RE) qualification	2	Particules viables	Type PCA CT ; MEA CT ou SAB CT (pour RIF)	Pendant 5-7 jours	Applicateur	
	Pré/post travaux	1 ou 2****					

*Type (cf. schéma et légende ci-dessous)

● 1 ou zonage (ronds) : prélèvement en routine dans le proche environnement du patient incluant la table opératoire (en 3 points selon une diagonale).

■ 2 (carrés) : prélèvement en cas de (re)qualification ou d'analyse de causes de la salle entière soit le zonage et des prélèvements dans le reste de la salle ; dans le cas particulier d'une analyse des causes, augmenter progressivement le nombre de points de prélèvement en partant du zonage.

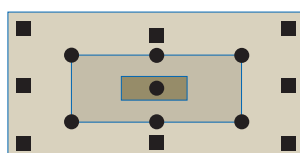
**Milieu de cultures

Aérobiocontamination : PCA (*Plate Count Agar*) pour la flore mésophile totale ou milieu équivalent ; gélose à l'extrait de malt (MEA) ou Sabouraud glucosé (SAB) pour la flore fongique.

Contamination des surfaces : PCA (*Plate Count Agar*) contact pour la flore mésophile totale ; gélose contact à l'extrait de malt (MEA) ou Sabouraud glucosé (SAB) pour la flore fongique ; CT = contact (pour les empreintes). RIF = risque infectieux associé aux champignons filamenteux. Selon les additifs dans les milieux de culture choisis, les résultats peuvent différer de façon substantielle. Pour un suivi longitudinal, utiliser de préférence toujours les mêmes milieux.

*** Les techniques de prélèvements pour les contrôles particuliers (y compris les équipements nécessaires) sont détaillées dans les normes citées dans le tableau auxquelles le professionnel en charge des prélèvements doit se conformer.

**** Type 2 s'il s'agit de qualification ou requalification après travaux.



- Salle à environnement maîtrisé
- Proche environnement patient
- Table opératoire

Les recommandations françaises de 2002 donnent la responsabilité des contrôles à l'équipe opérationnelle d'hygiène et au CLIN [MINISTÈRE DE LA SANTÉ - 2002]. Les recommandations du Royaume-Uni indiquent que le responsable du contrôle des infections au sein de l'établissement doit gérer la politique de surveillance microbiologique de l'air [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b].

Aucune étude n'a été publiée sur cette question.

Recommandation 14

Il est recommandé de confier les contrôles particuliers et microbiologiques à des professionnels internes ou externes, maîtrisant les modalités de prélèvements décrites dans les normes, c'est-à-dire formés et évalués. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9; p50 : 9)

Commentaire

Concernant les prélèvements de surface, en référence au document de 2002, il est rappelé que ces prélèvements sont préconisés dans le cadre d'une démarche qualité au bloc opératoire.

À titre d'exemple, au moins dix points de prélèvement seront choisis dans la zone opératoire (table d'opération, scialytique, table d'instrumentation...).

f Quelle conduite à tenir en cas de non-conformité ?

Les niveaux de qualité microbiologique de l'air requis évoluent selon les auteurs, les recommandations, les systèmes de ventilation (unidirectionnel, conventionnel) et la méthode de mesure (active ou passive). PASQUARELLA *et al.* ont mené une enquête de plusieurs années sur la qualité de l'air au sein de plusieurs salles d'interventions à ventilation conventionnelle. Sur cette base, ils ont proposé un niveau d'alerte à 180 UFC/m³, pour les blocs en activité et à 32 UFC/m³, pour les blocs hors activité (en utilisant une mesure par méthode active) [PASQUARELLA *et al.* - 2012]. Concernant les

salles à régime de distribution unidirectionnel, les niveaux d'alerte sont à 10 UFC/m³ [DHARAN et PITTET - 2002; CHOW et YANG - 2004].

La norme NFS 90-351 propose un niveau cible au repos de 10 UFC/m³, pour les salles en ISO 7 et un niveau cible à moins de 1 UFC/m³, pour les salles en ISO 5 (cf. tableaux III et IV). Selon cette norme, les salles classées en ISO 5 correspondent aux salles de chirurgie orthopédique et aux salles dédiées aux grands brûlés et aux greffes d'organe. Toutes les autres salles d'opérations, de même que les salles interventionnelles autres, sont classées en ISO 7 [AFNOR NORMALISATION - 2013].

Les recommandations de l'HIS reviennent succinctement sur la conduite à tenir en cas de non-conformité [HOFFMAN *et al.* - 2002]. En cas de non-conformité en activité, il est recommandé d'intervenir hors activité, de vérifier les débits et d'évaluer le nombre de présents en salle de façon courante. En cas de non-conformité hors activité, il est recommandé de vérifier la technique de prélèvement et de répéter les mesures. Si les résultats continuent à dépasser les seuils, il est recommandé de vérifier une possible panne du système ainsi que les filtres (pour l'unidirectionnel uniquement) et la vitesse du flux (pour l'unidirectionnel uniquement). À cette étape, il faut discuter avec l'équipe d'hygiène des mesures à prendre pour prévenir la survenue d'ISO.

Au CHU de Toulouse, une étude a été menée qui a abouti à l'élaboration d'un protocole de conduite à tenir en cas de non-conformité lors d'un comptage particulière. La première étape consiste à explorer les paramètres physiques du système de ventilation. Si ceux-ci sont non conformes, la centrale de distribution est explorée. S'ils sont conformes, l'accent est mis sur le bionettoyage et le contrôle des filtres. Quand le bionettoyage renforcé a été réalisé, un nouveau comptage particulière est réalisé en association avec un prélèvement microbiologique de l'air. En cas de non-conformité de ces deux derniers, des mesures de suspension de l'activité peuvent être prises selon l'évaluation du risque infectieux [DIULIUS - 2003].

Tableau II - Niveau de conformité particulière.

ISO 14644-1 (1999)		Concentration maximum admissible (particules/m ³ d'air) en particules de taille égale ou supérieure à celle ci-dessous				
N° de la classe ISO	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO 7				352 000	83 200	2 930
ISO 8				3 520 000	832 000	29 300

Recommandation **15**

Il est recommandé de faire une analyse *a priori* des risques (par exemple en utilisant une méthode de type AMDEC³, des 5 M⁴, etc.) pour identifier les causes latentes possibles de non-conformité des contrôles environnementaux mis en œuvre et les mesures correctives envisageables. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Commentaire

Les niveaux de conformité sont définis dans la norme ISO 14644-1 (niveau particulaire) et NFS 90-351 (niveau microbiologique), selon les critères des tableaux II et III ci-dessous extraits des deux normes [AFNOR NORMALISATION - 2013]. Ces niveaux de conformité pour la NFS 90-351 s'entendent au repos.

Dans les classes de risque, la classe ISO 6 n'est pas prise en compte dans la norme NFS 90-351.

Recommandation **16**

Il est recommandé, en cas de non-conformité répétitive des contrôles environnementaux, de procéder à une analyse formalisée des causes (analyse *a posteriori*). **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Commentaire

L'analyse formalisée des causes sera notamment basée sur les résultats de l'analyse préalable de risque pour la mise en place d'éventuelles actions correctives.

Tableau IV – Niveau de conformité microbiologique (source : NFS 90-351)

Classe de propreté microbiologique	Concentration maximale en nombre de particules viables par mètre cube d'air (UFC/m ³)
M100	100
M10	10
M1	≤ 1

Tableau III - Valeurs guides de performance aéraulique au repos (NF S 90-351, 2013).

Classe de risque	Classe de propreté particulaire (ISO 14 644-1)	Cinétique d'élimination des particules	Classe de propreté microbiologique	Pression différentielle (positive ou négative)	Plage de températures	Régime d'écoulement de l'air de la zone à protéger	Autres spécifications, valeur minimale
4 ^a	ISO 5	CP 5	M 1	15 Pa ± 5 Pa	19 °C à 26 °C	Flux unidirectionnel	Zone sous le flux Vitesse d'air de 0,25 m/s à 0,35 m/s Ensemble du local taux d'air neuf > ou = 6 volumes/heure
3	ISO 7	CP 10	M 10	15 Pa ± 5 Pa	19 °C à 26 °C	Flux unidirectionnel ou non unidirectionnel	taux de brassage > ou = 15 volumes/heure
2	ISO 8	CP 20	M 100	15 Pa ± 5 Pa	19 °C à 26 °C	Flux non unidirectionnel	taux de brassage > ou = 10 volumes/heure

a Le taux de brassage, dans le cas particulier d'un flux unidirectionnel, doit être fixé indépendamment pour la zone située sous le flux et pour l'ensemble du local considéré.

Exemple de calcul : pour une salle d'opération de 200 m³ équipée d'un flux unidirectionnel recycleur de 3 m x 4 m.

Un plafond de 3 m x 4 m qui souffle à 0,3 m/s produit 12 960 m³/h.

Le volume de la zone sous flux est de 40 m³ ce qui donne un taux de brassage de 324 vol/h.

Si l'on considère que 6 vol/h d'air neuf sont suffisants pour assurer la surpression de la salle et l'élimination des polluants, le débit nécessaire sera de 1 200 m³/h d'air neuf.

Si l'air neuf est introduit dans le flux unidirectionnel, la zone sous flux sera balayée par 11 760 m³/h d'air recyclé et 1 200 m³/h d'air neuf.

Il faut donc pour les zones à risque 4 (ou à risque 3 si un flux unidirectionnel est mis en place) :

- choisir un flux unidirectionnel de taille suffisante pour protéger toute la zone à risque pour le patient ;
- fixer une vitesse d'air suffisante pour assurer la propreté de l'air sur l'ensemble du volume sous le flux ;
- choisir un taux d'air neuf suffisant pour évacuer les polluants présents dans la salle et assurer une surpression par rapport à son environnement.

3- AMDEC : analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité

4- 5M ou diagramme d'Ishikawa

8 Quels indicateurs de performance ou de fonctionnement doivent être présents en salle d'opérations (surpression, débit, température, niveau sonore...)?

Aucune étude n'a été faite sur la question.
Les recommandations n'abordent pas ce point.

Pour certains paramètres influant directement sur le risque infectieux au bloc opératoire tel que la surpression, il paraît nécessaire de disposer d'instruments de mesure au sein du bloc [DIULIUS - 2003]. Les indicateurs obtenus permettraient d'agir rapidement en cas de défaillance aiguë du système.

Recommandation 17

Il est recommandé, pour chaque salle bénéficiant d'un système de maîtrise de la qualité de l'air, de mettre à disposition des utilisateurs au moins les témoins de bon fonctionnement suivants : pression et température.
Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Les paramètres à surveiller dans le cadre de la maintenance sont énumérés dans la question 9 ; recommandation 23.

Les conditions d'utilisation du traitement de l'air

9 Quelle maintenance et quelles modalités de suivi carnet/registre de suivi)?

Les procédures et guides d'entretien doivent être disponibles pour le personnel. Toute action entreprise sur le système de traitement d'air doit être consignée dans un carnet/registre de suivi conservé pendant au minimum cinq ans [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b ; CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013].

Dans les recommandations du CSS de Belgique, les différents paramètres à évaluer périodiquement sont [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013] :

- Vitesse de circulation/fréquence de renouvellement de l'air
- Filtre HEPA
- Pressions atmosphériques
- Température de la salle
- Écart de température entre air entrant et air sortant
- Humidité relative

Le CDC insiste sur la surveillance des mêmes paramètres [SEHULSTER *et al.* - 2003], de même que le *Department of Health* (UK) qui, en plus, recommande d'évaluer le bruit [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b].

Les paramètres contrôlés doivent atteindre au minimum 75 % des niveaux atteints lors de l'installation [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b].

La périodicité du suivi est dépendante du type d'installation.

L'OMS recommande par ailleurs de contrôler la concentration de particules fines au sein de l'environnement. Celles-ci doivent être à des niveaux inférieurs à 50 µg/m³ pour les PM10 et 25 µg/m³ pour les PM2,5 [WORLD HEALTH ORGANIZATION - 2006]. L'utilisation de certains instruments chirurgicaux (électrocoagulation, bistouri électrique) entraîne la mise en suspension d'un nombre considérable de particules [HANSEN *et al.* - 2005 ; KÜÇÜKDURMAZ *et al.* - 2012]. Les systèmes de traitement de l'air doivent être à même d'assurer des concentrations particulières convenables dans ces conditions, afin de protéger le personnel.

Les salles opératoires doivent répondre à certains critères de qualité de l'environnement, définis dans le code du travail français (*cf.* partie 4. Notes).

La maintenance des filtres et des systèmes de ventilation (nettoyage des batteries, humidificateur, systèmes de drainage, dépoussiérage...) au sein des blocs opératoires doit suivre les recommandations des constructeurs.

Le *Department of Health* (UK) recommande de laver à l'eau chaude les batteries, humidificateur et système de drainage [DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b].

Il n'a pas été émis de recommandations spécifiques fondées sur des arguments scientifiques concernant la maintenance des systèmes de traitement de l'air en secteurs interventionnels, autres que le bloc opératoire. Cependant, la norme NF S90-351 s'applique également aux secteurs interventionnels y compris pour la maintenance des systèmes de traitement d'air.

Lors des périodes de maintenance, les blocs et salles d'interventions autres ne doivent pas être utilisés [TARKKANEN *et al.* - 2004 ; DEPARTMENT OF HEALTH - 2007b ; GNIADK et MACURA - 2011].

Recommandation 18

Il est recommandé de réaliser ou faire réaliser une maintenance préventive du système de traitement d'air dans son ensemble au moins une fois par an (fréquence pouvant varier selon la norme concernée ; NFS 90-351 ou ISO 14644-2) et selon les recommandations de l'installateur. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Recommandation 19

Il est recommandé de réaliser une maintenance curative : - en cas de modification des conditions d'utilisation (travaux, dommages, etc.) ; - en cas de modification des valeurs des paramètres surveillés. Cette maintenance est réalisée en dehors de toute activité opératoire ou interventionnelle. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Pour les définitions de la maintenance préventive et curative, se référer au glossaire.

Recommandation 20

Il est recommandé de réaliser, dans le cadre de l'exploitation et de la maintenance, la surveillance des paramètres suivants : paramètres aérauliques (mesure des débits, calcul des taux de renouvellement horaire et des taux de brassage, visualisation des flux d'air, perte de charge des filtres), pressions différentielles, température, hygrométrie et cinétique d'élimination des particules. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

À titre d'exemple, l'extrait de la norme ISO 14644-2 fournit pour certains paramètres la fréquence et la méthode d'essai (Tableau V).

Certains paramètres peuvent être suivis en continu (gestion technique centralisée, gestion de maintenance assistée par ordinateur).

La visualisation des flux d'air n'est pratiquement jamais faite à la conception alors qu'il n'y a qu'à ce moment qu'elle est vraiment utile. Elle est très onéreuse et contraignante à mener et nécessite l'intervention de spécialistes.

Pour l'hygrométrie, les humidificateurs sont rarement nécessaires en France métropolitaine.

Cette liste peut être complétée notamment par : le nettoyage des CTA, batterie, bacs à condensats, des fréquences des variateurs, des alimentations électriques, des paramètres de régulation, des étanchéités...

Recommandation 21

Il est recommandé de surveiller et de tracer quotidiennement à l'ouverture de la salle les paramètres affichés tels que pression et température. Il est recommandé de disposer d'une procédure écrite sur les mesures à mettre en œuvre en cas de non-conformité. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

Tableau V - Fréquence de surveillance et méthode d'essai des paramètres du système de traitement de l'air selon la norme ISO 14644-2.

Paramètres	Fréquence	Méthode
Débit volumétrique (mesuré directement ou calculé à partir de la vitesse)	12 mois	ISO 14644-3 (B4)
Pression différentielle	12 mois	ISO 14644-3 (B5)
Fuite d'un filtre installé	24 mois	ISO 14644-3 (B6)
Visualisation du flux d'air	24 mois	ISO 14644-3 (B7)
Récupération	24 mois	ISO 14644-3 (B13)
Fuite de confinement	24 mois	ISO 14644-3 (B14)

Recommandation **22**

Il est recommandé de créer un carnet sanitaire de l'installation qui précise les caractéristiques techniques, les opérations de maintenance, la nature et la fréquence des mesures de contrôle, les résultats et les actions correctrices éventuelles mises en œuvre. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Commentaire : néant.

Recommandation **23**

Il est recommandé de porter à la connaissance du conseil de bloc les éléments liés au suivi des performances et à la maintenance. Cette information doit être tracée dans le carnet sanitaire. **Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)**

Commentaire : néant.

10 Quelles sont les autres mesures nécessaires pour préserver/conservé la qualité de l'air préalablement définie ?

De manière générale, le comportement de l'équipe chirurgicale peut avoir une importance considérable sur la survenue des ISO comme le suggèrent certaines études [KNOBBEN *et al.* - 2006 ; GAILLARD *et al.* - 2009 ; SARTINI *et al.* - 2013].

a Limitation du nombre de personnes en salle et de l'ouverture des portes

L'ensemble des études réalisées au cours de la dernière décennie sur cette question a retrouvé une association significative entre le nombre de personnes présentes au sein de la salle d'opération et différents critères de jugement : nombre de particules aériennes augmenté [HANSEN *et al.* - 2005], contamination microbiologique aérienne également augmentée [SADRIZADEH *et al.* ; ANDERSSON *et al.* - 2012 ; CHOW et WANG - 2012], contamination de la plaie [BYRNE *et al.* - 2007]. Ceci confirme les résultats d'études plus anciennes [THURSTON - 2004].

Les mouvements de l'équipe chirurgicale semblent avoir une influence plus importante que le nombre de personnes au sein des salles [BROHUS *et al.* - 2006 ; TALON *et al.* - 2006b ; ANDERSSON *et al.* - 2012 ; CHOW et WANG - 2012]. Cependant, DHARAN *et al.* n'ont pas observé de différences de vitesse de sédimentation des bactéries sur un plateau à instrument, avec et sans simulation de mouvements [DALSTROM *et al.* - 2008].

Concernant les secteurs interventionnels, aucune étude spécifique n'a été menée. Néanmoins, il est probable que les résultats sur la contamination microbiologique dépendant du nombre de personnes soient aussi applicables à ces locaux.

Au cours des interventions de chirurgie orthopédique et cardiaque, les portes de la salle d'interventions sont très régulièrement ouvertes (de 20 à 50 fois par heure en moyenne), comme le montrent les enquêtes de pratiques [YOUNG et O'REGAN - 2010 ; PANAHI *et al.* - 2012].

De la même manière que pour le nombre de personnes, l'ouverture des portes a été associée à une augmentation de la contamination microbiologique de l'air, dans de nombreuses études [SCALTRITI *et al.* - 2007 ; SMITH *et al.* - 2013]. Dans une étude évaluant un nouveau bloc opératoire, il a été observé que celui-ci était plus efficace dans la pré-

vention des ISO que le bloc précédemment utilisé. Cette différence est expliquée par les auteurs à la fois par le changement du système de ventilation (passage d'un régime non-unidirectionnel à un régime unidirectionnel), ainsi que par la mise en place de portes automatiques fonctionnelles, sans que les apports spécifiques de chacune de ces deux mesures puissent être distingués [HANSEN *et al.* - 2005].

Les différentes recommandations disponibles conseillent de limiter au maximum le nombre de personnes, ainsi que l'ouverture des portes des salles d'opérations [SEHULSTER *et al.* - 2003 ; CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013 ; ALJANIPOUR *et al.* - 2014], y compris pour les secteurs interventionnels [HUMPHREYS *et al.* - 2012].

Recommandation 24

Il est fortement recommandé de limiter au minimum nécessaire le nombre de personnes présentes dans la salle pendant l'intervention. Grade A, 2. Accord total (p25:9; p50:9)

Commentaire : néant.

Recommandation 25

Il est fortement recommandé de réduire au minimum nécessaire les allées et venues et mouvements du personnel, ainsi que les ouvertures de porte dans la salle d'opération ou dans le secteur interventionnel. Grade A, 2. Accord total (p25:9; p50:9)

Commentaire : néant.

b Tenue vestimentaire spécifique y compris le port du masque ?

Les combinaisons étanches devraient permettre de limiter la contamination de la salle d'opération, car l'équipe chirurgicale est une source importante des micro-organismes aériens [EDMISTON *et al.* - 2005]. Elles ont été particulièrement évaluées en chirurgie prothétique où le risque infectieux est déjà très faible, mais où l'infection peut être redoutable.

Les résultats de ces études sont discordants. L'étude de LIDWELL *et al.*, fréquemment citée, était en faveur de leur utilisation [LIDWELL *et al.* - 1987], alors que des études plus récentes sont en faveur de leur abandon [PASQUARELLA *et al.* - 2003 ; MINER *et al.* - 2007 ; HOOPER *et al.* - 2011 ; NAMBA *et al.* - 2012]. Néanmoins, les ISO en chirurgie prothétique étant de plus en plus rares, il est difficile (*cf.* puissance statistique) de déceler l'apport réel d'une nouvelle méthode de prévention.

EDMISTON *et al.* ont démontré que le masque chirurgical perdait rapidement son efficacité à filtrer l'air expiré, en condition réelle. Pour maintenir une qualité d'air suffisante, les auteurs recommandent de changer le masque toutes les 90 minutes [EDMISTON *et al.* - 2005]. Dans leur étude réalisée en condition expérimentale, BARBOSA *et al.* ont montré une perte d'efficacité du masque intervenant après deux à quatre heures d'utilisation [BARBOSA et GRAZIANO - 2006].

Les études dont le critère de jugement est le nombre d'ISO, pour évaluer l'efficacité du port du masque par l'équipe chirurgicale, sont très peu nombreuses. Une méta-analyse récente n'a retrouvé que trois études randomisées (2 106 patients au total) traitant de la question en chirurgie propre. Elle n'a pas pu conclure à une efficacité du port du masque [LIPP et EDWARDS - 2002]. Les OR des trois études étaient : 1,34 (0,58-3,07), 0,07 (0,00-1,63) et 1,17 (0,70-1,97). Les principaux biais de ces trois études étaient une quasi-randomisation et non une randomisation pour deux des études, une définition de l'ISO variable et une durée de suivi des patients également variable.

Une des études ne traitait que de la question du port du masque par le personnel en tenue non stérile [WEBSTER *et al.* - 2010]. Les auteurs suggèrent que les masques n'ont peut-être pas autant d'influence qu'on le pense, dans la prévention des ISO.

A contrario, deux études ont démontré une efficacité du port du masque par le chirurgien, lors d'une opération de la cataracte. La première, réalisée par ALWITRY *et al.*, est une étude randomisée. Elle comparait le port du masque (groupe A) à l'absence de masque par le chirurgien (groupe B). 109 patients ont été randomisés dans le groupe A vs 112 dans le groupe B. Le critère de jugement était le taux de sédimentation en UFC/minute, au voisinage de la tête du patient. Un seuil arbitraire de 1 UFC/minute a été retenu (taux de sédimentation supérieur à 1 UFC/minute). On obtenait 4,6 % (5/109) dans le groupe A vs 19,6 % (22/112) dans le groupe B ($p = 0,0006$). Le nombre de bactéries au voisinage de la tête du patient était significativement moins important en cas du port de masque. Les principaux micro-organismes retrouvés étaient *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus* spp, *Streptococcus* spp et *Pseudomonas* spp. Aucune ISO n'a été rapportée dans les deux groupes [ALWITRY *et al.* - 2002]. La seconde est l'étude cas-témoin de KAMALARAJAH *et al.* visant à rechercher les facteurs de risque d'endophtalmie. Elle incluait 214 patients atteints d'endophtalmie et 445 témoins. En l'absence de port de masque par le chirurgien et l'infirmière de bloc opératoire, l'OR ajusté (analyse multivariée) est de 3.34 (1.94-5.74) [KAMALARAJAH *et al.* - 2007].

De la même manière, des cas d'ISO à *Staphylococcus aureus* ont été attribués à une mauvaise utilisation du

masque [GAILLARD *et al.* - 2009]. De nombreuses études expérimentales plus anciennes ont mis en évidence l'efficacité du masque sur des critères de jugement microbiologiques [FRIBERG *et al.* - 2001 ; THURSTON - 2004] ou sur la survenue d'ISO [CHAMBERLAIN et HOUANG - 1984].

Malgré l'existence d'études randomisées et d'une méta-analyse en défaveur du port du masque [LIPP et EDWARDS - 2002], il paraît difficile de recommander le non-port du masque pour l'équipe chirurgicale.

Des bonnets et capuches stériles sont parfois utilisés pendant les interventions chirurgicales pour limiter la contamination aérienne, du fait de la desquamation. Ces différents types de protection de la tête semblent avoir une efficacité similaire [GORDON *et al.* - 2009]. L'efficacité des protections classiques de la tête semble comparable à celle d'un système étanche avec aspiration [FRIBERG *et al.* - 2001]. L'oubli d'une protection peut très nettement favoriser la contamination de la plaie chirurgicale [FRIBERG *et al.* - 2001].

Une étude a déterminé qu'il était préférable de porter des tenues à usage unique que des tenues réutilisables en coton/polyester lors des opérations, sur critère de jugement microbiologique (UFC/m³ d'air) [TAMMELIN *et al.* - 2013]. Cette étude a été aidée financièrement par Mölnlycke (industriel produisant des tenues chirurgicales à usage unique).

En secteurs interventionnels et chirurgie mini-invasive, il est conseillé de porter au minimum une paire de gants stériles ainsi qu'un tablier protecteur, avec « renforcement » de la tenue en cas d'interventions plus à risque (blouse chirurgicale stérile à usage unique, masque chirurgical) [HUMPHREYS *et al.* - 2012].

Commentaire

Les données concernant les tenues étanches ne permettent d'émettre de recommandation en leur faveur ou en leur défaveur.

Recommandation 26

Il est recommandé d'utiliser du non-tissé pour les champs opératoires et les tenues stériles de l'équipe opératoire. Grade B, 3. Accord fort (p25 : 8 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

Recommandation 27

Il est recommandé de porter un masque chirurgical dès l'entrée en salle d'opération et pendant tout le séjour du patient en salle d'intervention. Grade B, 2. Accord simple (p25 : 6 ; p50 : 9)

Commentaire

Deux études expérimentales ont été publiées sur la durée d'efficacité des masques chirurgicaux. La première démontrait une perte d'efficacité notable du masque après 90 minutes d'utilisation. La seconde, une perte d'efficacité après deux à quatre heures d'utilisation. Pour ces deux études, Kimberly-Clark (industriel produisant des masques chirurgicaux) a contribué soit au financement, soit à la fourniture du matériel.

Les fabricants mentionnent généralement une durée d'efficacité de trois heures pour les masques chirurgicaux. En pratique, il est difficile de préconiser un changement du masque en per-opératoire.

Recommandation 28

Il est recommandé d'éliminer immédiatement tout masque après usage. Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

Recommandation 29

Il est recommandé de recouvrir complètement la chevelure et la barbe, à l'aide d'une cagoule ou d'une coiffe, à usage unique de préférence, pour éviter la contamination aérienne du fait de la desquamation. Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Une seule étude s'est focalisée sur la question de l'usage unique vs les tenues réutilisables ces dix dernières années. Elle trouve un avantage aux tenues à usage unique. Il faut noter que cette étude a été aidée financièrement par Mölnlycke (industriel produisant des tenues chirurgicales à usage unique).

De par nature, l'usage unique est préférable en particulier concernant les cagoules et coiffes.

Référence à la norme

■ Pour plus de précisions sur la tenue recommandée au bloc opératoire, se référer aux normes NF EN 13795.

c Temps de repos de la salle entre deux interventions y compris le temps du bionettoyage ?

Le temps de repos de la salle est dépendant des paramètres du système de traitement de l'air. En particulier, plus l'ACH est élevé plus le temps de repos nécessaire sera court.

Le système de traitement de l'air doit être évalué lors de

son installation sur certains paramètres, dont la capacité à épurer l'air au bout d'un temps donné. Chaque établissement de santé doit se baser sur les capacités de ses différentes salles, pour établir un temps de repos minimal entre deux interventions.

Recommandation 30

Il est recommandé de respecter un temps minimal entre deux interventions, déterminé par la cinétique d'élimination des particules de la salle d'opération. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

Le temps de repos théorique est entièrement déterminé par la cinétique d'élimination des particules, mesurée à l'installation et lors de la maintenance pour chaque salle.

La cinétique de décontamination est le temps pour éliminer 90 % des particules de 0,5 µm de diamètre ou plus.

En pratique, le temps de repos est aussi dépendant du temps minimal de bionettoyage de la salle. Celui-ci est généralement plus long que la cinétique d'élimination des particules, en particulier pour les salles construites ou rénovées récemment.

d Quel bionettoyage des surfaces ?

Il existe un lien direct entre la contamination de l'air et celle des surfaces. Les deux sources de contamination sont présentes en salle : les germes aériens sédimentent progressivement et les mouvements de l'équipe chirurgicale mettent en suspension des germes présents sur les surfaces. Dans une salle d'opération, les germes issus des surfaces correspondraient à moins de 15 % de la totalité des germes aériens [HAMBRAEUS *et al.* - 1978].

Il paraît nécessaire d'assurer un bionettoyage minimal des surfaces, pour garantir le maintien de la qualité de l'air au sein du bloc. Ainsi, le CSS de Belgique recommande que les surfaces des salles soient macroscopiquement propres et qu'une attention particulière soit accordée aux surfaces fréquemment touchées [CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ - 2013].

Recommandation 31

Il est recommandé d'assurer la propreté des surfaces au bloc opératoire (procédures écrites, formation du personnel, évaluation régulière), de façon à limiter leur biocontamination et participer à la prévention du risque infectieux. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire : néant.

e Mesures de prévention liées à l'utilisation d'instruments chirurgicaux (électrocoagulation, ultrason, laser) ou à des procédures spécifiques (coelioscopie) générant des fumées

On appelle fumées l'ensemble des sous-produits générés par l'action des instruments de section et d'hémostase (lasers, instruments pour électrocoagulation) sur les tissus biologiques vivants [SOCIÉTÉ PALL France - 2005].

Il existe principalement trois dispositifs chirurgicaux générant des fumées ou vapeur lors de leur utilisation : l'électrocoagulation, les bistouris à ultrasons et le laser.

Ces trois dispositifs entraînent tous une aérosolisation de particules, les bistouris à ultrasons paraissent être les moins producteurs [BARRETT et GARBER - 2003].

Il a été démontré que certaines de ces particules sont porteuses de virus et de cellules viables. Dans une revue de la littérature datant de 2003, quelques cas de transmissions virales (HPV) du patient à l'opérateur ont été rapportés dans le cadre de l'utilisation de laser [BARRETT et GARBER - 2003]. De plus, de l'ARN viral du VIH a été retrouvé dans des fumées chirurgicales issues d'un laser ; selon les auteurs, d'autres virus pourraient être retrouvés dans ces fumées, tel que celui de l'hépatite B [ALP *et al.* - 2006].

L'électrocoagulation est considérée comme moins à risque de transmission virale. Cependant, des virus viables ont déjà été retrouvés dans des fumées issues de ce procédé [ALP *et al.* - 2006 ; MOWBRAY *et al.* - 2013].

Aucune étude n'a rapporté une transmission bactérienne du patient à l'opérateur, quelle que soit la méthode utilisée.

Néanmoins, des bactéries ont pu être cultivées à partir de fumées chirurgicales issues de laser [CAPIZZI *et al.* - 1998].

Les techniques basées sur les ultrasons présentent aussi un risque théorique de transmission bactérienne. Ils sont émetteurs de particules de diamètre plus important et la chaleur produite lors de leur utilisation est suffisamment faible pour que des bactéries puissent survivre [BARRETT et GARBER - 2003 ; MOWBRAY *et al.* - 2013].

En dehors du risque infectieux, de nombreux autres risques sont associés aux fumées chirurgicales. Les procédures basées sur la chaleur émettent de nombreuses particules cancérogènes qui ne sont pas filtrées par les masques chirurgicaux [BARRETT et GARBER - 2003 ; NÄSLUND ANDREASSON *et al.* - 2012 ; CHOI *et al.* - 2014 ; TSENG *et al.* - 2014]. La fumée issue de laser est considérée comme étant au moins aussi cancérogène que celle issue de cigarettes. Les bistouris à ultrasons produisent des fumées qui, en toxicité, sont

comparables à celles d'une atmosphère de ville [FITZGERALD *et al.* - 2012].

Ces particules sont aussi des irritants directs du système respiratoire. Il s'agit souvent de particules ultra-fines (inférieures à 2,5 µm) pouvant atteindre le niveau alvéolaire [MOWBRAY *et al.* - 2013].

Les fumées chirurgicales peuvent aussi être responsables de la dissémination de cellules cancéreuses viables, donc de métastases (notamment par effet cheminée, lors d'une procédure intracavitaire).

En coelioscopie, les fumées, si elles ne sont pas aspirées, peuvent avoir une toxicité directe sur le péritoine. De plus, la concentration de monoxyde de carbone atteinte au sein de la cavité peut être considérable et pourrait entraîner une intoxication par diffusion sanguine [BARRETT et GARBER - 2003]. Néanmoins Il n'existe aucun cas à ce jour d'intoxication au CO, tout au plus une augmentation minime de l'HbCO sans aucune conséquence pathologique : Il existe à ce jour seulement trois références bibliographiques dont deux reprennent les mêmes résultats dans deux journaux différents [NEZHAT *et al.* - 1996]. L'exposition de l'équipe chirurgicale au monoxyde de carbone lors de l'aspiration est négligeable.

Différentes méthodes d'aspiration existent pour limiter au maximum les risques liés à la diffusion des fumées [BARRETT et GARBER - 2003 ; KAROO *et al.* - 2004 ; BHANDARKAR *et al.* - 2012 ; TAKAHASHI *et al.* - 2013].

Le CDC a recommandé en 2003 d'utiliser des systèmes d'aspirations des fumées lors de l'utilisation de procédure avec laser, en particulier dans le cas d'opérations sur des tissus infectés par le HPV ou par une tuberculose extra-pulmonaire [SEHULSTER *et al.* - 2003].

Il recommande aussi le port de masques adaptés limitant l'exposition de l'équipe chirurgicale aux fumées issues de l'utilisation d'un laser.

L'utilisation d'un système de chauffage des patients lors des interventions est assez répandue, depuis qu'il a été démontré qu'ils permettaient de diminuer le taux d'ISO en chirurgie cardiaque.

Cependant, plusieurs études ont démontré que l'utilisation de système de réchauffement du patient basé sur la ventilation d'air chaud pouvait conduire à la fois à une perturbation du flux unidirectionnel et à une contamination microbiologique de l'air issu des systèmes [ALBRECHT *et al.* - 2011 ; MCGOVERN *et al.* - 2011 ; LEGG *et al.* - 2012 ; BELANI *et al.* - 2013]. Par ailleurs, une étude rétrospective qui comparait le réchauffement par air pulsé *versus* couverture

chauffante a conclu que l'utilisation du réchauffement par air pulsé entraîne une augmentation significative du taux d'ISO en chirurgie orthopédique avec un OR de 3,8 (non ajusté) [MCGOVERN *et al.* - 2011]. Ces résultats ont conduit les auteurs de ces études à recommander des systèmes de réchauffement basés sur d'autres méthodes que l'air pulsé.

Recommandation 32

Il est recommandé d'utiliser des systèmes permettant de limiter le risque d'aérosolisation lors de la production de fumées chirurgicales. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Recommandation 33

Il est recommandé d'utiliser des systèmes de réchauffement des patients basés sur une autre méthode que l'air pulsé. Grade B, 2. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

La composition des fumées chirurgicales varie selon les procédures utilisées. Elles entraînent systématiquement, par leur action mécanique, une aérosolisation de particules.

Il a été prouvé que les fumées issues de lasers pouvaient contenir des bactéries viables. Aucune étude n'a permis de montrer les mêmes résultats pour l'électrocoagulation et le bistouri à ultrason. Cependant, sur des arguments théoriques, la transmission bactérienne paraît possible, en particulier pour le bistouri à ultrasons.

De plus, les fumées chirurgicales sont souvent composées de produits toxiques ou cancérogènes dont la diffusion doit être limitée, afin de protéger le patient comme l'équipe chirurgicale.

L'évacuation des fumées produites pendant les coelioscopies semble être une mesure de protection indispensable pour le patient, du fait de leur toxicité sur le péritoine et de la possible diffusion sanguine de toxiques (en particulier le monoxyde de carbone).

Cependant, elle doit se réaliser en limitant au maximum l'aérosolisation de particules pour limiter le risque infectieux.

Lors de la coelioscopie, les fumées sont générées à l'intérieur de la cavité péritonéale du patient par les instruments d'électrochirurgie (pyrolyse des tissus) et plus rarement par des applications de laser. Elles sont concentrées et peuvent réduire la visibilité du champ opératoire. Elles sont évacuées par un trocart dans l'environnement du bloc opératoire lors d'une rapide décompression. Les risques associés à ces fumées sont d'ordres multiples :

- chimiques, liés à la présence de sous-produits issus de la combustion des protéines et lipides des tissus soumis à de très hautes températures ;

- particulières, liés à leur taille dite respirable et leur possibilité de pénétrer dans les alvéoles pulmonaires;
- biologiques, si les particules sont des cellules ou des virus viables.

NB : pour les équipements électroniques munis d'un ventilateur, il n'existe pas d'étude montrant le degré d'interférence avec la qualité de l'air. Cependant, on peut recommander leur entretien régulier.

11 Quelles sont les mesures à mettre en œuvre chez un patient porteur d'une tuberculose pulmonaire active admis au bloc opératoire ou en secteur interventionnel ?

Référence à des recommandations antérieures

- Il est fortement recommandé de « maintenir l'isolement respiratoire des patients suspects ou atteints de tuberculose bacillifère durant l'ensemble de la prise en charge périopératoire : port de masque chirurgical pour le patient et port d'un équipement de protection respiratoire sans soupape (EPR) pour le personnel. » [SFH - 2013] **Grade A, 2**

Commentaire

L'isolement respiratoire tel que mentionné est actuellement appelé « précaution complémentaire air ». Le personnel d'entretien du bloc doit également porter un masque adapté au risque dans le cas de prise en charge d'un patient bacillifère au bloc opératoire (uniquement valable pour le cas spécifique du patient bacillifère).

« Certains modèles de masque présentent une soupape expiratoire dont le rôle est de diminuer la résistance lors de l'expiration et ainsi d'améliorer le confort d'utilisation. L'air expiré à travers la soupape n'est pas filtré. Les masques à soupape ne sont donc pas à utiliser au bloc opératoire ou pour les soins nécessitant une asepsie stricte » [SF2H - 2013].

- Il est recommandé de « prendre des dispositions pour assurer le réveil de ces patients en évitant si possible le passage en SSPI » [SFAR - 1997]. **Grade B, 3**

Commentaire : néant.

- Il est recommandé d'« intercaler un filtre bactérien sur le circuit respiratoire entre le patient et la pièce en Y et changer le matériel de ventilation, y compris les circuits du ventilateur, après l'anesthésie de ces patients » [CDC - 2005]. **Grade B, 2**

Commentaire : néant.

- Il est fortement recommandé, lorsque c'est possible, de reporter l'intervention chirurgicale d'un patient suspect ou atteint de tuberculose active jusqu'à la fin de la période de contagiosité. En cas d'impossibilité du report, utiliser des masques adaptés au risque bacillifère et passer le patient en fin de programme opératoire. [CDC - 2005] **Grade A, 2**

Commentaire

Dans les recommandations du CDC sur la prévention des infections à *Mycobacterium tuberculosis* [CDC - 2005], il est également rappelé l'importance des allées et venues ainsi que les fermetures des portes.

- Il est fortement recommandé, dans le cas particulier de l'endoscopie bronchique d'un patient suspect ou atteint de tuberculose bacillifère, de reporter l'examen. [CDC - 2005] **Grade A, 2**

Commentaire

Cette recommandation issue du CDC (2005) est reprise par la SF2H (2013).

12 Quel fonctionnement du traitement d'air en dehors de l'activité ?

Les principales recommandations ne semblent pas traiter cette question. Une étude expérimentale a permis de montrer que l'arrêt de la ventilation entraînait une augmentation du nombre de particule par m³ après une courte période d'arrêt (10 heures, équivalent d'une nuit) [DETENKOFER *et al.* - 2003]. Cependant après remise en marche de la ventilation, le niveau particulaire redescendait rapidement (temps inférieur à 15 minutes pour 95 % des essais) en dessous du seuil de tolérance (10⁴ particules de diamètre supérieur à 0,5 µm par m³). Les auteurs recommandent une durée de remise en marche de 30 minutes avant réutilisation de la salle. Les caractéristiques techniques du système de ventilation de ce bloc opératoire ne sont pas toutes décrites, il est simplement mentionné qu'il disposait d'une filtration HEPA. Le gain estimé par l'arrêt du système de ventilation sur un an est estimé à 6 000 \$ et 14 tonnes de CO₂.

Recommandation 34

Il est recommandé de ne pas arrêter totalement le traitement d'air lors de l'arrêt de l'activité opératoire.

Il faut permettre un fonctionnement en régime de veille en période d'inactivité pour des raisons d'économies d'énergie. Toutefois, la pression relative entre locaux doit être maintenue pendant cette période et la température ne doit pas trop dévier. Grade B, 3. Accord total (p25 : 9 ; p50 : 9)

Commentaire

En pratique, lors de l'arrêt de l'activité, le système de traitement de l'air doit être mis dans un état de veille qui lui permette de garantir la surpression et l'apport d'air neuf. Cf. le tableau VI inspiré du tableau 17 de la norme NFS 90-351.

Tableau VI - Valeurs guides de performance en veille.

Classe de risque	Classe de propreté particulaire	Cinétique d'élimination des particules	Classe de propreté microbiologique	Pression différentielle (positive ou négative)	Plage de température	Régime d'écoulement de l'air de la zone à protéger	Taux d'air neuf
4	ISO 8	Non contrôlée	Non contrôlée	15 Pa (±5 Pa)	15 °C à 30 °C	Pas de contrainte	6 vol/h minimum d'air neuf à dimensionner pour obtenir une ΔP de 15 Pa ± 5 Pa par rapport aux locaux adjacents
3							
2							

Liste des tableaux

Tableau I	Techniques de contrôles particulaire et microbiologique – Adapté des normes NF S 90351 et ISO 14698-1 et -2	p. 35
Tableau II	Niveau de conformité particulaire	p. 36
Tableau III	Valeurs guides de performance aéraulique en activité ou au repos (NF S 90-351, 2013)	p. 37
Tableau IV	Niveau de conformité microbiologique	p. 37
Tableau V	Fréquence de surveillance et méthode d'essai des paramètres du système de traitement de l'air selon la norme ISO 14644-2	p. 39
Tableau VI	Valeurs guide de performance en veille	p. 46

Glossaire

Aérobiocontamination :

- contamination aéroportée liée à la présence dans l'air ambiant de biocontaminants, sous forme de particules viables (micro-organismes), véhiculées ou non par des particules supports inertes.
- contamination de l'air ou d'un gaz par des particules viables (Norme NFS 90-351) .

Aérosol : suspension de fines particules solides ou liquides dans un mélange gazeux. La majorité des aérosols contaminants, invisibles à l'œil nu, est comprise entre 0,1 et 20 µm : les plus gros (> 5 µm) sédimentent à proximité du lieu d'émission, les plus petits restent en suspension plusieurs heures et suivent les mouvements de l'air.

AIA : Anesthésiques Inflammables Autorisés ; concerne les locaux où se pratiquait l'anesthésie par inhalation à l'aide de produits susceptibles de former avec l'atmosphère ambiante un mélange pouvant s'enflammer ou exploser. Les anesthésiques par inhalation actuellement utilisés, ne comportent ni risque d'explosion ni risque d'incendie. La salle d'opération est alors classée « Non AIA ».

Air neuf :

- air pris à l'air libre, hors des sources de pollution.
- air pénétrant dans le système provenant de l'extérieur avant tout traitement d'air (norme NFS 90-351 et Tableau 2 de la norme NF EN 13779 : 2007).

Taux d'air neuf : quotient du volume total d'air neuf soufflé en une heure par le volume total de la pièce. L'apport est au minimum de 6 volumes/heure.

Biocollecteur : appareil destiné aux prélèvements d'air à visée microbiologique. Le résultat de la mesure s'exprime en UFC/m³.

Climatisation : ensemble des procédés permettant la maîtrise de la température et de l'hygrométrie relative dans un local.

Contaminant : toute entité particulaire, moléculaire, non-particulaire ou biologique, susceptible de produire un effet indésirable sur le produit ou procédé.

Filtration : permet de retenir les particules en suspension dans l'air. Fait appel à des dispositifs de constitution, de caractéristiques et d'efficacité différentes (filtres à moyenne efficacité G1 à G4 ; filtres à haute efficacité F5 à F9 ; filtres à très haute efficacité H10 à H14).

Flux non-unidirectionnel : régime de distribution d'air où l'air filtré, soufflé dans la zone propre, se mélange à l'air déjà présent par induction.

Flux unidirectionnel :

- flux d'air maîtrisé traversant l'ensemble d'un plan de coupe d'une zone propre, possédant une vitesse régulière et des filets à peu près parallèles
- régime de distribution d'air où l'air soufflé dans la zone propre se mélange à l'air déjà présent au moyen de l'induction (Norme NFS 90-351)

Flux laminaire : maintenant appelé flux unidirectionnel.

Flux turbulent : maintenant appelé flux non unidirectionnel.

Maintenance : ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise (Norme NF EN 13306 X 60-319) [AFNOR NORMALISATION - 2010].

Maintenance curative : maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut remplir une fonction requise de façon durable.

Maintenance préventive : maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien (Norme NF EN 13306 X 60-319) [AFNOR NORMALISATION - 2010].

Masque chirurgical : le masque chirurgical est un dispositif médical qui a pour objectif de limiter la transmission d'agents pathogènes du porteur vers le patient et l'environnement. Il doit couvrir le nez, la bouche et le menton ainsi que répondre à des critères d'efficacité en termes de filtration de respirabilité et de résistance à la pression.

Particule : élément minuscule de matière, possédant un périmètre physique défini.

Préfiltre : filtre à air monté en amont d'un autre filtre, afin de réduire la charge sur celui-ci.

Propreté : condition d'un produit, d'une surface, d'un appareil, d'un gaz ou d'un fluide, etc. possédant un niveau défini de contamination (Norme NF EN ISO 14644-4) [AFNOR NORMALISATION - 2001].

Propreté microbiologique de l'air : caractérisée par un nombre de micro-organismes contenus dans un échantillon représentatif. Permet de définir des classes de propreté microbiologique.

Propreté particulière de l'air : caractérisée par un nombre de particules de dimension égale ou supérieure à une dimension définie et contenu dans un échantillon représentatif. Permet de définir des classes de propreté particulière.

Sas :

- local ou zone intermédiaire qui est habituellement ventilé et utilisé pour maintenir le transfert d'air contaminé d'une zone à une autre.
- local ou zone intermédiaire utilisé pour maîtriser le transfert d'air contaminé d'une zone à une autre (Norme NFS 90-351)

Salle propre : salle dans laquelle la concentration des particules en suspension dans l'air est maîtrisée et qui est construite et utilisée de façon à minimiser l'introduction, la production et la rétention des particules à l'intérieur de la pièce, et dans laquelle d'autres paramètres pertinents, tels que la température, l'humidité et la pression sont maîtrisés comme il convient.

Salle ultra-propre : une salle ultra-propre est définie comme ne contenant pas plus de 10 UFC/m³.

Taux de renouvellement d'air : taux d'air neuf introduit dans la salle exprimé en rapport avec le volume de la zone à traiter (Norme NF S 90-351).

Taux de brassage de l'air : taux de brassage d'un volume d'air exprimé par unité de temps, et calculé en divisant le volume d'air soufflé pendant cette unité de temps par le volume de l'espace (Norme NF S 90-351).

Traitement de l'air : le traitement de l'air se définit comme l'ensemble des techniques (surpression, filtration, renouvellement d'air, cinétique d'élimination des particules, régime de distribution) et des mesures organisationnelles et comportementales qui permettent d'assurer une qualité de l'air optimale compte tenu de l'analyse de risque préalable.

UFC : Unité Formant Colonie, généralement exprimé en nombre/m³ pour ce qui concerne l'air.

Références bibliographiques

- AFNOR NORMALISATION. NF EN ISO 14644-4 : Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Partie 4 : conception, construction et mise en fonctionnement. Afnor 2001; 51 p.
- AFNOR NORMALISATION. NF EN 13306 : Maintenance - Terminologie de la maintenance. Afnor 2010; 36 p.
- AFNOR NORMALISATION. NF S90-351 Avril 2013 - Établissements de santé - Zones à environnement maîtrisé - Exigences relatives à la maîtrise de la contamination aéroportée. Afnor 2013; 68 p.
- AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'ÉVALUATION EN SANTÉ. Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. 2000; 60 p.
- AL AKOUM M, DUPRAT S, LIDOVE A, RUNDSTADLER Y. Modélisation aérodynamique de salles d'opération. ITBM-RBM 2004; 2: 107-112.
- ALBRECHT M, GAUTHIER RL, BELANI K, LITCHY M, LEAPER D. Forced-air warming blowers: An evaluation of filtration adequacy and airborne contamination emissions in the operating room. *Am J Infect Control* 2011; 4: 321-328.
- ALJANIPOUR P, KARAM J, LLINÁS A, VINCE KG, ZALAVRAS C, AUSTIN M, *et al.* Operative environment. *J Arthroplasty* 2014; 2 Suppl: 49-64.
- ALP E, BIJL D, BLEICHRODT RP, HANSSON B, VOSS A. Surgical smoke and infection control. *J Hosp Infect.* 2006; 1: 1-5.
- ALTEMEIER WA. Surgical infection: Incisional wounds, in Bennett JV, Brachman PS (eds): *Hospital Infections*. Boston, Little Brown & Co 1979; 287-306.
- ALWITRY A, JACKSON E, CHEN H, HOLDEN R. The use of surgical face-masks during cataract surgery: is it necessary? *Br J Ophthalmol.* 2002; 9: 975-977.
- ANDERSSON AE, BERGH I, KARLSSON J, ERIKSSON BI, NILSSON K. Traffic flow in the operating room: an explorative and descriptive study on air quality during orthopedic trauma implant surgery. *Am J Infect Control* 2012; 8: 750-755.
- BARBOSA MH, GRAZIANO KU. Influence of wearing time on efficacy of disposable surgical masks as microbial barrier. *Braz J Microbiol.* 2006; 3: 216-217.
- BARRETT WL, GARBER SM. Surgical smoke: a review of the literature. Is this just a lot of hot air? *Surg Endosc.* 2003; 6: 979-987.
- BELANI KG, ALBRECHT M, MCGOVERN PD, REED M, NACHTSHEIM C. Patient warming excess heat: the effects on orthopedic operating room ventilation performance. *Anesth Analg.* 2013; 2: 406-411.
- BERGERON V, REBOUX G, POIROT JL, LAUDINET N. Decreasing airborne contamination levels in high-risk hospital areas using a novel mobile air-treatment unit. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am.* 2007; 10: 1181-1186.
- BHANDARKAR DS, MITTAL G, KATARA A, UDWADIA TE. Smoke evacuation in single-incision laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2012; 3: 882-883.
- BOSANQUET DC, JONES CN, GILL N, JARVIS P, LEWIS MH. Laminar flow reduces cases of surgical site infections in vascular patients. *Ann R Coll Surg Engl.* 2013; 1: 15-19.
- BRANDT C, HOTT U, SOHR D, DASCHNER F, GASTMEIER P, RÜDEN H. Operating room ventilation with laminar airflow shows no protective effect on the surgical site infection rate in orthopedic and abdominal surgery. *Ann Surg.* 2008; 5: 695-700.
- BREIER A-C, BRANDT C, SOHR D, GEFFERS C, GASTMEIER P. Laminar airflow ceiling size: no impact on infection rates following hip and knee prosthesis. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am.* 2011; 11: 1097-1102.
- VAN DEN BROEK P. Bacterial aerosols during colonoscopy: something to be worried about? *Endoscopy* 2010; 9: 755-756.
- BROHUS H, BALLING KD, JEPPESEN D. Influence of movements on contaminant transport in an operating room. *Indoor Air* 2006; 5: 356-372.
- BYRNE AM, MORRIS S, MCCARTHY T, QUINLAN W, O'BYRNE JM. Outcome following deep wound contamination in cemented arthroplasty. *Int Orthop.* 2007; 1: 27-31.
- CAPIZZI PJ, CLAY RP, BATTEY MJ. Microbiologic activity in laser resurfacing plume and debris. *Lasers Surg Med.* 1998; 3: 172-174.
- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Guidelines for Preventing the Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in Health-Care Settings. 2005, p. 144. Report N°: Vol 54 - N° RR-17. Accessible à : <http://www.cdc.gov/mmwr/pdf/rr/rr5417.pdf> (Consulté le 15-03-2015)
- CHAMBERLAIN GV, HOUANG E. Trial of the use of masks in the gynaecological operating theatre. *Ann R Coll Surg Engl.* 1984; 6: 432-433.
- CHAN D, DOWNING D, KEOUGH CE, SAAD WA, ANNAMALAI G, D'OTHEE BJ, *et al.* Joint Practice Guideline for Sterile Technique during Vascular and Interventional Radiology Procedures: From the Society of Interventional Radiology, Association of perioperative Registered Nurses, and Association for Radiologic and Imaging Nursing, for the Society of Interventional Radiology (Wael Saad, MD, Chair), Standards of Practice Committee, and Endorsed by the Cardiovascular Interventional Radiological Society of Europe and the Canadian Interventional Radiology Association. *J Vasc Interv Radiol.* 2012; 12: 1603-1612.
- CHOI SH, KWON TG, CHUNG SK, KIM TH. Surgical smoke may be a bio-hazard to surgeons performing laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2014; 8: 2374-2380.
- CHOW T, YANG X. Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: review of research activities and practical guidance. *J Hosp Infect.* 2004; 2: 85-92.
- CHOW TT, WANG J. Dynamic simulation on impact of surgeon bending movement on bacteria-carrying particles distribution in operating theatre. *Build Environ.* 2012; 57: 68-80.
- CHOW TT, YANG XY. Ventilation performance in the operating theatre against airborne infection: numerical study on an ultra-clean system. *J Hosp Infect.* 2005; 2: 138-147.
- COMBET M. Salles propres à l'hôpital : un historique. *Salles propres* 2009; 61: 15-19.
- CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ. Recommandations pour la prévention des infections post-opératoires au sein du quartier opératoire [Internet]. Conseil supérieur de la santé 2013:80. Accessible à : http://health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19091270_fr.pdf (Consulté le 15-03-2015)
- DA COSTA AR, KOTHARI A, BANNISTER GC, BLOM AW. Investigating bacterial growth in surgical theatres: establishing the effect of laminar airflow on bacterial growth on plastic, metal and wood surfaces. *Ann R Coll Surg Engl.* 2008; 5: 417-419.
- CRISTINA ML, SPAGNOLO AM, SARTINI M, PANATTO D, GASPARINI R, ORLANDO P, *et al.* Can particulate air sampling predict microbial load in operating theatres for arthroplasty? *PloS One* 2012; 12: e52809.
- DALSTROM DJ, VENKATRAYAPPA I, MANERNACH AL, PALCIC MS, HEYSE BA, PRAYSON MJ. Time-dependent contamination of opened sterile operating-room trays. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 5: 1022-1025.
- DANCER SJ, STEWART M, COULOMBE C, GREGORI A, VIRDI M. Surgical site infections linked to contaminated surgical instruments. *J Hosp Infect.* 2012; 4: 231-238.
- DEPARTMENT OF HEALTH (UK). Health Technical Memorandum 03-01: Specialised ventilation for healthcare premises Part A: Design and validation. 2007 a; 134 p.

- DEPARTMENT OF HEALTH (UK). Health Technical Memorandum 03-01: Specialised ventilation for healthcare premises Part B: Operational management and performance verification. 2007 b; 36 p.
- DETTENKOFER M MD, SCHERRER M, HOCH V MD, GLASER H, SCHWARZER G MS, ZENTNER J MD, *et al.* Shutting Down Operating Theater Ventilation When the Theater is Not in Use: Infection Control and Environmental Aspects. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2003; 8: 596-600.
- DHARAN S, PITTET D. Environmental controls in operating theatres. *J Hosp Infect.* 2002; 2: 79-84.
- DIAB-ELSCAHAWI M, BERGER J, BLACKY A, KIMBERGER O, OGUZ R, KUELP-MANN R, *et al.* Impact of different-sized laminar air flow *versus* no laminar air flow on bacterial counts in the operating room during orthopedic surgery. *Am J Infect Control.* 2011; 7: e25-e29.
- DIULIUS D. Élaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air dans les blocs opératoires des hôpitaux de Toulouse. École nationale de la santé publique 2003; 82 p.
- EDMISTON CE JR, SEABROOK GR, CAMBRIA RA, BROWN KR, LEWIS BD, SOMMERS JR, *et al.* Molecular epidemiology of microbial contamination in the operating room environment: Is there a risk for infection? *Surgery* 2005; 4: 573-579; discussion 579-582.
- ENGESAETER LB, LIE SA, ESPEHAUG B, FURNES O, VOLLSET SE, HAVELIN LI. Antibiotic prophylaxis in total hip arthroplasty: effects of antibiotic prophylaxis systemically and in bone cement on the revision rate of 22,170 primary hip replacements followed 0-14 years in the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop Scand.* 2003; 6: 644-651.
- EVANS RP. Current Concepts for Clean Air and Total Joint Arthroplasty: Laminar Airflow and Ultraviolet Radiation: A Systematic Review. *Clin Orthop.* 2011; 4: 945-953.
- FAIBIS F, LAPORTE C, FIACRE A, DELISSE C, LINA G, DEMACHY MC, *et al.* An outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* surgical-site infections initiated by a healthcare worker with chronic sinusitis. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am.* 2005; 2: 213-215.
- FITZGERALD JEF, MALIK M, AHMED I. A single-blind controlled study of electrocautery and ultrasonic scalpel smoke plumes in laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2012; 2: 337-342.
- FRIBERG B, FRIBERG S, BURMAN LG. Correlation between surface and air counts of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation: an experimental study. *J Hosp Infect.* 1999 a; 1: 61-68.
- FRIBERG B, FRIBERG S, BURMAN LG. Inconsistent correlation between aerobic bacterial surface and air counts in operating rooms with ultra clean laminar air flows: proposal of a new bacteriological standard for surface contamination. *J Hosp Infect.* 1999 b; 4: 287-293.
- FRIBERG B, FRIBERG S, OSTENSSON R, BURMAN LG. Surgical area contamination--comparable bacterial counts using disposable head and mask and helmet aspirator system, but dramatic increase upon omission of head-gear: an experimental study in horizontal laminar air-flow. *J Hosp Infect.* 2001; 2: 110-115.
- GAILLARD T, GAILLARD C, MARTINAUD C, VÉDY S, PONS S, BRISOU P. Epidemic surgical site infections attributable to incorrect use of face masks. *J Hosp Infect.* 2009; 2: 192-193.
- GANDJBAKHCH I. Bloc opératoire : de la salle d'opération à la plateforme interventionnelle. Académie nationale de médecine. *Bull Acad Natle Méd.* 2009; 4: 981-987.
- GASTMEIER P, BREIER AC, BRANDT C. Influence of laminar airflow on prosthetic joint infections: a systematic review. *J Hosp Infect.* 2012; 2: 73-78.
- GNIADEK A, MACURA AB. Air-conditioning vs. presence of pathogenic fungi in hospital operating theatre environment. *Wiad Parazytol.* 2011; 2: 103-106.
- GORDON RJ, BANNISTER GC, BOWKER KE, MASON AC, CHEUNG LL, EAMES R. Headwear in laminar flow operating theatres. *J Hosp Infect.* 2009; 3: 289-291.
- GOSDEN PE, MACGOWAN AP, BANNISTER GC. Importance of air quality and related factors in the prevention of infection in orthopaedic implant surgery. *J Hosp Infect.* 1998; 3: 173-180.
- GRUENBERG MF, CAMPANER GL, SOLA CA, ORTOLAN EG. Ultraclean air for prevention of postoperative infection after posterior spinal fusion with instrumentation: a comparison between surgeries performed with and without a vertical exponential filtered air-flow system. *Spine* 2004; 20: 2330-2334.
- GUYATT GH, OXMAN AD, VIST GE, KUNZ R, FALCK-YTTER Y, ALONSO-COELLO P, *et al.* GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ.* 2008; 7650: 924-926.
- HALPENNY DF, TORREGGIANI WC. The infectious complications of interventional radiology based procedures in gastroenterology and hepatology. *J Gastrointest Liver Dis JGLD.* 2011; 1: 71-75.
- HAMBRAEUS A, BENGTSSON S, LAURELL G. Bacterial contamination in a modern operating suite. 3. Importance of floor contamination as a source of airborne bacteria. *J Hyg (Lond).* 1978; 2: 169-174.
- HANSEN D, KRABS C, BENNER D, BRAUKSIEPE A, POPP W. Laminar air flow provides high air quality in the operating field even during real operating conditions, but personal protection seems to be necessary in operations with tissue combustion. *Int J Hyg Environ Health* 2005; 6: 455-460.
- HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ. Mettre en œuvre la gestion des risques associés aux soins en établissement de santé : des concepts à la pratique. 2012; 64 p.
- HEINEMANN S, SYMOENS F, GORDTS B, JANNES H, NOLARD N. Environmental investigations and molecular typing of *Aspergillus flavus* during an outbreak of postoperative infections. *J Hosp Infect.* 2004; 2: 149-155.
- HILL DS, O'NEILL JK, POWELL RJ, OLIVER DW. Surgical smoke - a health hazard in the operating theatre: a study to quantify exposure and a survey of the use of smoke extractor systems in UK plastic surgery units. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS.* 2012; 7: 911-916.
- HIRSCH T, HUBERT H, FISCHER S, LAHMER A, LEHNHARDT M, STEINAU HU, *et al.* Bacterial burden in the operating room: impact of airflow systems. *Am J Infect Control* 2012; 7: e228-232.
- HOFFMAN PN, WILLIAMS J, STACEY A, BENNETT AM, RIDGWAY GL, DOBSON C, *et al.* Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. *J Hosp Infect.* 2002; 1: 1-28.
- HOOPER GJ, ROTHWELL AG, FRAMPTON C, WYATT MC. Does the use of laminar flow and space suits reduce early deep infection after total hip and knee replacement? The ten-year results of the New Zealand Joint Registry. *J Bone Joint Surg Br.* 2011; 1: 85-90.
- HUMPHREYS H. Surgical site infection, ultraclean ventilated operating theatres and prosthetic joint surgery: where now? *J Hosp Infect.* 2012; 2: 71-72.
- HUMPHREYS H, COIA JE, STACEY A, THOMAS M, BELL AM, HOFFMAN P, *et al.* Guidelines on the facilities required for minor surgical procedures and minimal access interventions. *J Hosp Infect.* 2012; 2: 103-109.
- JEONG SJ, ANN HW, KIM JK, CHOI H, KIM CO, HAN SH, *et al.* Incidence and risk factors for surgical site infection after gastric surgery: a multicenter prospective cohort study. *Infect Chemother.* 2013; 4: 422-430.
- JOWITT D, MORRIS AJ. The questionable value of microbiological sampling when commissioning new operating theatres. *J Hosp Infect.* 2005; 3: 267-268.

- KAKWANI RG, YOHANNAN D, WAHAB KHA. The effect of laminar air flow on the results of Austin-Moore hemiarthroplasty. *Injury* 2007; 7: 820-823.
- KAMALARAJAH S, LING R, SILVESTRI G, SHARMA NK, COLE MD, CRAN G, *et al.* Presumed infectious endophthalmitis following cataract surgery in the UK: a case-control study of risk factors. *Eye Lond Engl*. 2007; 5: 580-586.
- KAROO ROS, WHITAKER IS, OFFER G, SHARPE DT. Surgical smoke without fire: the risks to the plastic surgeon. *Plast Reconstr Surg*. 2004; 6: 1658-1660.
- KNOBBEN BAS, VAN HORN JR, VAN DER MEI HC, BUSSCHER HJ. Evaluation of measures to decrease intra-operative bacterial contamination in orthopaedic implant surgery. *J Hosp Infect*. 2006; 2: 174-180.
- KÜÇÜKDURMAZ F, İMREN Y, AKKOYUNLU Y, TUNCAY İ, ŞEN C. Domestic electric drills in the service of orthopaedic surgery: a potential and preventable source of surgical site infections. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012; 6: 455-459.
- LANDRIN A, BISSERY A, KAC G. Monitoring air sampling in operating theatres: can particle counting replace microbiological sampling? *J Hosp Infect*. 2005; 1: 27-29.
- LEGG AJ, CANNON T, HAMER AJ. Do forced air patient-warming devices disrupt unidirectional downward airflow? *J Bone Joint Surg Br*. 2012; 2: 254-256.
- LIDWELL OM, ELSON RA, LOWBURY EJ, WHYTE W, BLOWERS R, STANLEY SJ, *et al.* Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. A multicenter study of 8,052 joint replacement operations. *Acta Orthop Scand*. 1987; 1: 4-13.
- LIPP A, EDWARDS P. Disposable surgical face masks for preventing surgical wound infection in clean surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2002; 1: CD002929.
- LUTZ BD, JIN J, RINALDI MG, WICKES BL, HUYCKE MM. Outbreak of invasive *Aspergillus* infection in surgical patients, associated with a contaminated air-handling system. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 2003; 6: 786-793.
- MAROTTE JH, LORD GA, BLANCHARD JP, GUILLAMON JL, SAMUEL P, SERVANT JP, *et al.* Infection rate in total hip arthroplasty as a function of air cleanliness and antibiotic prophylaxis. 10-year experience with 2,384 cementless Lord madreporic prostheses. *J Arthroplasty* 1987; 1: 77-82.
- MARTIN C, AUBOYER C, DUPONT H, GAUZIT R, KITZIS M, LEPAPE A, *et al.* Antibioprophylaxie en chirurgie et médecine interventionnelle (patients adultes) - Actualisation 2010. FR: SFAR; 2010 p. 30. Accessible à : http://www.sfar.org/_docs/articles/Antibioprophylaxieversion2010.doc.pdf (Consulté le 15-03-2015)
- MCGOVERN PD, ALBRECHT M, BELANI KG, NACHTSHEIM C, PARTINGTON PF, CARLUKE I, *et al.* Forced-air warming and ultra-clean ventilation do not mix: an investigation of theatre ventilation, patient warming and joint replacement infection in orthopaedics. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 11: 1537-1544.
- MEMARZADEH F, MANNING A. Reducing risks of surgery. *ASHRAE J*. 2: 28-33.
- MEMARZADEH F, OLMSTED RN, BARTLEY JM. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: effective adjunct, but not stand-alone technology. *Am J Infect Control*. 2010; 5 Suppl 1: S13-24.
- MINER AL, LOSINA E, KATZ JN, FOSSEL AH, PLATT R. Deep infection after total knee replacement: impact of laminar airflow systems and body exhaust suits in the modern operating room. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am*. 2007; 2: 222-226.
- MINISTÈRE DE LA SANTÉ. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé : air, eaux et surfaces. Direction générale de la santé, Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins, Comité technique national des infections nosocomiales; 2002; 78 p.
- MOWBRAY N, ANSELL J, WARREN N, WALL P, TORKINGTON J. Is surgical smoke harmful to theater staff? a systematic review. *Surg Endosc*. 2013; 9: 3100-3107.
- NAMBA RS, INACIO MCS, PAXTON EW. Risk factors associated with surgical site infection in 30,491 primary total hip replacements. *J Bone Joint Surg Br*. 2012; 10: 1330-1338.
- NAPOLI C, MARCOTRIGIANO V, MONTAGNA MT. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. *BMC Public Health*. 2012 a; 12: 594.
- NAPOLI C, TAFURI S, MONTENEGRO L, CASSANO M, NOTARNICOLA A, LATARULO S, *et al.* Air sampling methods to evaluate microbial contamination in operating theatres: results of a comparative study in an orthopaedics department. *J Hosp Infect*. 2012 b; 2: 128-132.
- NARDELL E, VINCENT R, SLINNEY DH. Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) for Air Disinfection: A Symposium in Print. *Photochem Photobiol*. 2013; 4: 764-769.
- NÄSLUND ANDREASSON S, MAHTEME H, SAHLBERG B, ANUNDI H. Polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke during peritonectomy procedures. *J Environ Public Health*. 2012: 929053; doi:10.1155/2012/929053, 6 p.
- NEZHAT C, SEIDMAN D, VREMAN H, STEVENSON D, NEZHAT F, NEZHAT C. The risk of carbon monoxide poisoning after prolonged laparoscopic surgery. *Obstet Gynecol*. 1996; 5: 771-774.
- NILSSON K-G, LUNDHOLM R, FRIBERG S. Assessment of horizontal laminar air flow instrument table for additional ultraclean space during surgery. *J Hosp Infect*. 2010; 3: 243-246.
- NOUWEN JL, WIELENGA JJ, VAN OVERHAGEN H, LAMÉRIS JS, KLUYTMANS JA, BEHRENDT MD, *et al.* Hickman catheter-related infections in neutropenic patients: insertion in the operating theater versus insertion in the radiology suite. *J Clin Oncol Off J Am Soc Clin Oncol*. 1999; 4: 1304.
- PANAHI P, STROH M, CASPER DS, PARVIZI J, AUSTIN MS. Operating room traffic is a major concern during total joint arthroplasty. *Clin Orthop*. 2012; 10: 2690-2694.
- PASQUARELLA C, PITZURRA O, HERREN T, POLETTI L, SAVINO A. Lack of influence of body exhaust gowns on aerobic bacterial surface counts in a mixed-ventilation operating theatre. A study of 62 hip arthroplasties. *J Hosp Infect*. 2003; 1: 2-9.
- PASQUARELLA C, SANSEBASTIANO GE, FERRETTI S, SACCANI E, FANTI M, MOSCATO U, *et al.* A mobile laminar airflow unit to reduce air bacterial contamination at surgical area in a conventionally ventilated operating theatre. *J Hosp Infect*. 2007; 4: 313-319.
- PASQUARELLA C, VITALI P, SACCANI E, MANOTTI P, BOCCUNI C, UGOLOTTI M, *et al.* Microbial air monitoring in operating theatres: experience at the University Hospital of Parma. *J Hosp Infect*. 2012; 1: 50-57.
- PERSSON M, VAN DER LINDEN J. Wound ventilation with ultraclean air for prevention of direct airborne contamination during surgery. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am*. 2004; 4: 297-301.
- REED NG. The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. *Public Health Rep*. 2010; 1: 15-27.
- RITTER MA, OLBERDING EM, MALINZAK RA. Ultraviolet lighting during orthopaedic surgery and the rate of infection. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 9: 1935-1940.
- SADRIZADEH S, TAMMELIN A, EKOLIND P, HOLMBERG S. Influence of staff number and internal constellation on surgical site infection in an operating room. *Particuology*. [cited 2014 Mar 4]; Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S167420011300223X> (Consulté le 15-03-2015)

- SAITO Y, KOBAYASHI H, UETERA Y, YASUHARA H, KAJIURA T, OKUBO T. Microbial contamination of surgical instruments used for laparotomy. *Am J Infect Control* 2014; 1: 43-47.
- SARTINI M, SPAGNOLO AM, PANATTO D, PERDELLI F, CRISTINA ML. Improving environmental quality in an operating room: clinical outcomes and economic implications. *J Prev Med Hyg.* 2013; 2: 75-79.
- SCALTRITI S, CENCETTI S, ROVESTI S, MARCHESI I, BARGELLINI A, BORELLA P. Risk factors for particulate and microbial contamination of air in operating theatres. *J Hosp Infect.* 2007; 4: 320-326.
- SEHULSTER L, CHINN RYW, CDC, HICPAC. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep Morb Mortal Wkly Rep Recomm Rep Cent Dis Control.* 2003; RR-10: 1-42.
- SHINTANI H, TANIAI E, MIKI A, KUROSU S, HAYASHI F. Comparison of the collecting efficiency of microbiological air samplers. *J Hosp Infect.* 2004; 1: 42-48.
- SMITH EB, RAPHAEL IJ, MALTFORT MG, HONSAWEK S, DOLAN K, YOUNKINS EA. The effect of laminar air flow and door openings on operating room contamination. *J Arthroplasty* 2013; 9: 1482-1485.
- SMYTH ETM, HUMPHREYS H, STACEY A, TAYLOR EW, HOFFMAN P, BANNISTER G. Survey of operating theatre ventilation facilities for minimally invasive surgery in Great Britain and Northern Ireland: current practice and considerations for the future. *J Hosp Infect.* 2005; 2: 112-122.
- SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ANESTHÉSIE-RÉANIMATION (SFAR). Recommandations concernant l'hygiène en anesthésie. 1997. Accessible à : <http://www.sfar.org/article/6/recommandations-concernant-l-hygiene-en-anesthesie-sfar-1997> (Consulté le 23-04-2015)
- SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE (SF2H). Prévention de la transmission croisée par voie respiratoire : Air ou Gouttelettes. 2013; 60 p.
- SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE (SFHH). La qualité de l'air au bloc opératoire : recommandations d'experts. 2004; 61 p.
- SOCIÉTÉ PALL FRANCE. Risques potentiels liés aux fumées chirurgicales pour le personnel du bloc opératoire. 2004; 49 p.
- SOSSAI D, DAGNINO G, SANGUINETI F, FRANCHIN F. Mobile laminar air flow screen for additional operating room ventilation: reduction of intraoperative bacterial contamination during total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol.* 2011; 4: 207-211.
- STOCKS GW, O'CONNOR DP, SELF SD, MARCEK GA, THOMPSON BL. Directed air flow to reduce airborne particulate and bacterial contamination in the surgical field during total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2011; 5: 771-776.
- STOCKS GW, SELF SD, THOMPSON B, ADAME XA, O'CONNOR DP. Predicting bacterial populations based on airborne particulates: a study performed in nonlaminar flow operating rooms during joint arthroplasty surgery. *Am J Infect Control* 2010; 3: 199-204.
- SYLVAIN D, TAPP L. UV-C exposure and health effects in surgical suite personnel. CDC NIOSH; 2007. Report N°: 2007-0257-3082.
- TAKAHASHI H, YAMASAKI M, HIROTA M, MIYAZAKI Y, MOON JH, SOUMA Y, *et al.* Automatic smoke evacuation in laparoscopic surgery: a simplified method for objective evaluation. *Surg Endosc.* 2013; 8: 2980-2987.
- TALON D, SCHOENLEBER T, BERTRAND X, VICHARD P. Performances of different types of airflow system in operating theatre. *Ann Chir.* 2006; 5: 316-321.
- TALON D, SCHOENLEBER T, BERTRAND X, VICHARD P. What type of airflow system should be used in orthopaedic operating theatres? *J Hosp Infect.* 2006; 3: 344-345.
- TAMMELIN A, LJUNGQVIST B, REINMÜLLER B. Single-use surgical clothing system for reduction of airborne bacteria in the operating room. *J Hosp Infect.* 2013; 3: 245-247.
- TANG CS, WAN GH. Air quality monitoring of the postoperative recovery room and locations surrounding operating theaters in a medical center in Taiwan. *PloS One.* 2013; 4: e61093.
- TARKKANEN A, RAIVIO V, ANTILA V-J, TOMMILA P, RALLI R, MERENMIES L, *et al.* Fungal endophthalmitis caused by *Paecilomyces variotii* following cataract surgery: a presumed operating room air-conditioning system contamination. *Acta Ophthalmol Scand.* 2004; 2: 232-235.
- TAYLOR GJ, BANNISTER GC. Infection and interposition between ultraclean air source and wound. *J Bone Joint Surg Br.* 1993; 3: 503-504.
- THORE M, BURMAN LG. Further bacteriological evaluation of the TOUL mobile system delivering ultra-clean air over surgical patients and instruments. *J Hosp Infect.* 2006; 2: 185-192.
- THURSTON A. Sacred rituals in the operating theatre: summarising the science. *Curr Orthop.* 2004; 2: 135-146.
- TSENG H-S, LIU S-P, UANG S-N, YANG L-R, LEE S-C, LIU Y-J, *et al.* Cancer risk of incremental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in electrocautery smoke for mastectomy personnel. *World J Surg Oncol.* 2014; 12: 31.
- AL-WAKED R. Effect of Ventilation Strategies on Infection Control Inside Operating Theatres. *Eng Appl Comput Fluid Mech.* 2010; 1: 1-16.
- WAN GH, CHUNG FF, TANG CS. Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. *Am J Infect Control.* 2011; 4: 302-308.
- WEBSTER J, CROGER S, LISTER C, DOIDGE M, TERRY MJ, JONES I. Use of face masks by non-scrubbed operating room staff: a randomized controlled trial. *ANZ J Surg.* 2010; 3: 169-173.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air Quality Guidelines: Global Update 2005 : Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide. 2006; 484 p.
- YAVUZ SS, YESIM BICER M, NİHAN YAPICI M, SİBEL KALACA M, OSMAN OZCAN AYDIN M, GERCEK CAMUR M, *et al.* Analysis of Risk Factors for Sternal Surgical Site Infection: Emphasizing the Appropriate Ventilation of the Operating Theaters. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006; 9: 958-963.
- YOUNG RS, O'REGAN DJ. Cardiac surgical theatre traffic: time for traffic calming measures? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010; 4: 526-529.
- ZHENG H, BARNETT AG, MEROLLINI K, SUTTON A, COOPER N, BERENDT T, *et al.* Control strategies to prevent total hip replacement-related infections: a systematic review and mixed treatment comparison. *BMJ Open.* 2014; 3: e003978.

Annexe I

Cotation des recommandations par le groupe de lecture

stats	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
mean	7.571429	8.571429	8.285714	8.785714	8.571429	8.857143	8.928571	8.785714	8.285714	8.5	8.785714
sd	2.310987	.9376145	1.898525	.5789342	.8516306	.5345225	.2672612	.8017837	1.9779	1.286019	.5789342
p50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
min	1	6	2	7	6	7	8	6	2	5	7
max	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
p25	7	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9
p75	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
iqr	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

stats	r12	r13	r14	r15	r16	r17	r18	r19	r20	r21	r22
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
mean	8.142857	8.785714	8.928571	8.642857	9	8.785714	8.928571	8.928571	8.642857	8.785714	8.928571
sd	1.09945	.8017837	.2672612	.8418974	0	.5789342	.2672612	.2672612	.9287827	.5789342	.2672612
p50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
min	6	6	8	6	9	7	8	8	6	7	8
max	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
p25	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
p75	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
iqr	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

stats	r23	r24	r25	r26	r27	r28	r29	r30	r31	r32	r33
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
mean	8.714286	9	8.928571	8.071429	7.571429	8.428571	8.714286	8.714286	8.857143	8.357143	7.928571
sd	.6112498	0	.2672612	1.979288	2.13809	1.86936	.8254203	.6112498	.3631365	2.134232	2.368521
p50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
min	7	9	8	2	2	2	6	7	8	1	1
max	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
p25	9	9	9	8	6	9	9	9	9	9	9
p75	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
iqr	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0

stats	r34
N	14
mean	6.785714
sd	3.745327
p50	9
min	0
max	9
p25	7
p75	9
iqr	2

r1	Freq.	Percent	Cum.
1	1	7.69	7.69
6	1	7.69	15.38
7	2	15.38	30.77
8	1	7.69	38.46
9	8	61.54	100.00
Total	13	100.00	
r2	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
7	1	7.69	15.38
8	1	7.69	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r3	Freq.	Percent	Cum.
2	1	7.69	7.69
7	1	7.69	15.38
8	1	7.69	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r4	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r5	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
8	3	23.08	30.77
9	9	69.23	100.00
Total	13	100.00	
r6	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r7	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r8	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r9	Freq.	Percent	Cum.
2	1	7.69	7.69
6	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r10	Freq.	Percent	Cum.
5	1	7.69	7.69
6	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r11	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r12	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
7	4	30.77	38.46
8	1	7.69	46.15
9	7	53.85	100.00
Total	13	100.00	

r13	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r14	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r15	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
8	2	15.38	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r16	Freq.	Percent	Cum.
9	13	100.00	100.00
Total	13	100.00	
r17	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r18	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r19	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r20	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
7	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r21	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r22	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r23	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	2	15.38	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r24	Freq.	Percent	Cum.
9	13	100.00	100.00
Total	13	100.00	
r25	Freq.	Percent	Cum.
8	1	7.69	7.69
9	12	92.31	100.00
Total	13	100.00	
r26	Freq.	Percent	Cum.
2	1	7.69	7.69
6	1	7.69	15.38
7	1	7.69	23.08
8	1	7.69	30.77
9	9	69.23	100.00
Total	13	100.00	

r27	Freq.	Percent	Cum.
2	1	7.69	7.69
5	1	7.69	15.38
6	2	15.38	30.77
7	1	7.69	38.46
8	1	7.69	46.15
9	7	53.85	100.00
Total	13	100.00	
r28	Freq.	Percent	Cum.
2	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r29	Freq.	Percent	Cum.
6	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r30	Freq.	Percent	Cum.
7	1	7.69	7.69
8	2	15.38	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r31	Freq.	Percent	Cum.
8	2	15.38	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r32	Freq.	Percent	Cum.
1	1	7.69	7.69
8	1	7.69	15.38
9	11	84.62	100.00
Total	13	100.00	
r33	Freq.	Percent	Cum.
1	1	7.69	7.69
5	1	7.69	15.38
6	1	7.69	23.08
9	10	76.92	100.00
Total	13	100.00	
r34	Freq.	Percent	Cum.
0	3	23.08	23.08
7	2	15.38	38.46
9	8	61.54	100.00
Total	13	100.00	

Annexe II

Éléments stratégie de recherche de la littérature

PubMed

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «air»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «air»[All Fields] AND «treatment»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «Textiles»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «cloth»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «Masks»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«SSI»[All Fields] AND «laminar»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«SSI»[All Fields] AND «air»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«SSI»[All Fields] AND «filtration»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«Operating Rooms»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND «Infection»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Operating Rooms»[Mesh] AND «Air Pollutants»[Mesh] AND «Infection»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Operating Rooms»[Mesh] AND «Air Pollutants»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Operating Rooms»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Wound Infection»[Mesh] AND «Air Pollutants»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Radiology, Interventional»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh]

«Endovascular Procedures»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh]

«Nephrology»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh]

«Air Microbiology»[Mesh] AND «Radiography, Interventional»[Mesh]

«Air Microbiology»[Mesh] AND «Coronary Angiography»[Mesh]

«Air Microbiology»[Mesh] AND «Cardiology»[Mesh]

«Surgical Procedures, Minimally Invasive»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/15»[PDat]:

«2014/02/12»[PDat])

«interventional»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«colonoscopy»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«bronchoscopy»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«radiology»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«cardiology»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«obstetric»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«neurology»[All Fields] AND («airborne»[All Fields] OR «air treatment»[All Fields]) AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Altemeier»[All Fields] AND («2004/02/15»[PDat]: «2014/02/11»[PDat])

«Surgical Instruments»[MeSH Terms] AND «Air Microbiology»[Mesh]

«Surgical Instruments/microbiology»[MeSH Terms] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«particle»[All Fields] AND («hospitals»[MeSH Terms] OR «hospital»[All Fields]) AND «airborne»[All Fields] AND «2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat]

«required»[All Fields] AND «quality»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«risk»[All Fields] AND «Hospital»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«Surgical Procedures, Operative»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«positive pressure»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«positive-pressure»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh] AND («2004/02/16»[PDat]: «2014/02/12»[PDat])

«Air Filters»[Mesh] AND «Operating Rooms»[Mesh] AND

(«2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «filtration»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «filtration»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «ACH»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «Air changes»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «Air changes»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «Air Microbiology»[Mesh] AND «sampling»[All Fields]
 AND (Clinical Trial[ptyp] AND «2004/02/16»[Pdat]:
 «2014/02/12»[Pdat])
 «air sampling»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «air sampling»[All Fields] AND «Surgical Proce-
 dures, Operative»[Mesh] AND («2004/02/16»[Pdat]:
 «2014/02/12»[Pdat])
 «surveillance»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «air surveillance»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «maintenance»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «maintenance»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh]
 AND («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «traffic»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «staff»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «clothes»[All Fields] AND «Operating Rooms»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «clothes»[All Fields] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «Masks»[Mesh] AND «Air Microbiology»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])
 «Masks»[Mesh] AND «Operating Rooms»[Mesh] AND
 («2004/02/16»[Pdat]: «2014/02/12»[Pdat])

Em-premium

ISO air (depuis 2003)
 tenue au bloc opératoire (depuis 2003)
 traitement de l'air en secteur interventionnel (depuis 2003)
 qualité air hospital (depuis 2003, 12 premières pages)
 «qualité de l'air» hospital (depuis 2003)
 +»traitement de l'air» +hospital -allergies (depuis 2003)
 +»contrôle de l'air» +hospital (depuis 2003)
 +aerobiocontamination +hospital (depuis 2003)

BDSP

traitement de l'air en secteur interventionnel
 traitement de l'air en bloc opératoire
 (qualité OU traitement) ET air ET hospital (depuis 2003)

Science-direct

pub-date > 2002 and (air quality) and hospital
 pub-date > 2002 and («air quality») and SSI
 pub-date > 2002 and («air quality») and interventional
 pub-date > 2002 and («air quality») and hospital and sam-
 pling and ventilation (100 premiers résultats)

Web of Science

ssi air (anglais et français)
 TOPIC: (air quality) AND TOPIC: (hospital) AND TOPIC: (ven-
 tilation) Timespan=2004-2014.Search language=English
 TOPIC: (air quality) AND TOPIC: (ssi) Timespan=2004-2014.
 Search language=English
 TOPIC: («air quality») AND TOPIC: (interventional) Times-
 pan=2004-2014. Search language=English
 TOPIC: («air quality») AND TOPIC: (laminar) Times-
 pan=2004-2014. Search language=English
 TOPIC: («air sampling») AND TOPIC: (hospital) Times-
 pan=2004-2014. Search language=English

Ovid (comprend Francis)

limit to yr=»2003 - 2014»
 - Termes utilisés: air / air quality / quality / ssi
 limit to yr=»2003 - 2014»
 - Termes utilisés: air / air treatment / hospital / treatment (50
 premiers résultats)
 limit to yr=»2003 - 2014»
 - Termes utilisés: airborne / hospital / operating / sampling
 (150 premiers résultats)
 limit to yr=»2003 - 2014»
 - Termes utilisés: airborne / hospital / interventional (100
 premiers résultats)

Guideline.gov

«air»(sans limite de période)

Cochrane

«air»(sans limite de période)
 «ventilation»(sans limite de période)
 «laminar»(sans limite de période)

Bibliothèque interuniversitaire de santé

«air»(depuis 2003)

OpenGrey (SUDOC compris)

air operating room

air ssi

air infection

Google scholar

air AND (quality OR treatment) AND «operating room»
(depuis 2003 - 200 premiers résultats)

(«air quality» OR «air treatment ») AND «operating room»
(depuis 2003 - 100 premiers résultats)

(«air quality» OR «air treatment ») AND «minimally invasive»
(depuis 2003)

«air treatment » AND «interventional» (depuis 2003)

«air sampling» AND «operating room»(depuis 2003 - 100
premiers résultats)

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Qualité de l'air

au bloc opératoire

et autres secteurs interventionnels

Mai 2015