

# techniques hospitalières

720

65<sup>e</sup> année • mars-avril 2010

la revue des technologies de la santé • [www.techniqueshospitalieres.fr](http://www.techniqueshospitalieres.fr)

## ASEPSIE AU BLOC OPÉRATOIRE

- 7 Programme
- 9 Dix idées reçues sur les infections nosocomiales
- 13 Qualité de l'air au bloc opératoire
- 23 Temps de repos de la salle entre deux interventions
- 29 Traçabilité des instruments de chirurgie re-stérilisables : apport de la technologie RFID
- 34 Importance du matériel utilisé pour la préparation cutanée de l'opéré
- 40 Efficacité des antiseptiques modernes sur les bactéries multi-résistantes : intérêt pour l'incidence des infections du site opératoire (ISO)
- 44 Rôle des gants chirurgicaux dans la prévention des infections : réalités et limitations
- 49 Le bio-nettoyage vapeur
- 51 Diagnostic des infections sur prothèses articulaires : un nouvel outil sérologique multiparamétrique
- 57 Identification par spectrométrie de masse des bactéries isolées d'infections ostéo-articulaires : le réseau Ismabios
- 61 Infections du site opératoire en neurochirurgie : analyse des facteurs de risque et bilan des mesures de prévention
- 65 Expertise médico-légale en cas d'infection ostéo-articulaire

## IMAGERIE

- 69 Imagerie médicale. État de l'art Partie I : tendances générales et stratégies industrielles

ASEPTIC  
SURGERY  
FORUM 2010



**Jean-Charles Cêtre**

UNITÉ D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE  
HÔPITAL DE LA CROIX-ROUSSE, HOSPICES CIVILS DE LYON

**Joseph Hajjar**

SERVICE D'HYGIÈNE ET D'ÉPIDÉMIOLOGIE  
CENTRE HOSPITALIER DE VALENCE

**Ludwig-Serge Aho**

SERVICE D'ÉPIDÉMIOLOGIE ET D'HYGIÈNE HOSPITALIÈRES  
HÔPITAL D'ENFANTS  
CHU DE DIJON

# Qualité de l'air au bloc opératoire

ASEPTIC SURGERY FORUM – 26-27 MARS 2010 – PARIS, CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE



L'air transporte des particules inertes et de nombreux micro-organismes saprophytes ou pathogènes. La majorité des bactéries pathogènes ne survivent pas dans l'environnement, l'air ne constituant pas un écosystème naturel. Pourtant l'air apparaît comme un mode de transmission indéniable non seulement au bloc opératoire mais aussi dans les autres secteurs de soins. Un certain nombre d'aspects de la qualité de l'air au bloc opératoire peuvent s'étendre en tout ou partie aux zones à empoussièrement maîtrisé, notamment les secteurs protégés (1).

## Définir la qualité de l'air au bloc opératoire

### Rôle de l'air dans la contamination de la plaie opératoire

La compréhension du rôle de l'air implique la prise en compte de deux phénomènes associés (17), l'existence de micro-organismes (aérobiocontamination) et de particules inertes (aérocontamination) dont certaines servent de support aux bactéries. La taille des particules est importante pour expliquer les modalités de transmission de la contamination. Les plus grosses particules, supérieures à 5 µm, vont sédimenter rapidement et diffuser sur une faible distance (ce sont les court-courriers de la transmission aérienne). Au contraire, les particules plus fines, notamment celles autour du micron, vont rester en suspension durant plusieurs heures (une particule d'un micron sédimente d'un mètre en huit heures) et diffuser plus largement (ce sont les long-courriers de la transmission aérienne).

Dans l'environnement hospitalier, les micro-organismes de l'air, essentiellement les bactéries et champignons, sont dispersés au sein d'un aérosol également appelé *bioaérosol*. Ces micro-organismes trouvent leur origine :

- dans la flore saprophyte de base entrant dans la composition habituelle de l'air, constituée de micro-organismes rarement pathogènes, dont le nombre et la nature peuvent varier en fonction du lieu et des conditions atmosphériques. Elle est composée en majorité de *Bacillus*, de microcoques, et de staphylocoques à coagulase négative ; plus rarement de *Staphylococcus aureus* et d'autres espèces bactériennes peuvent être retrouvées : bacilles à Gram négatif et bactéries anaérobies de la flore tellurique (*Clostridium perfringens*, *Clostridium tetani*). Des levures et champignons (*Aspergillus* provenant de l'environnement inanimé, en particulier lors de travaux dans l'établissement de santé) font également partie de cette flore de base ;
- dans la flore commensale humaine constituée de bactéries émises par les organismes humains (des opérés et de l'équipe opératoire) et véhiculées par les différentes voies de transmission (contact, aéroportée). On retrouve ainsi majoritairement *Staphylococcus aureus*, staphylocoques à coagulase négative mais aussi parfois des bactéries à Gram négatif.

### Rôle de l'air dans la survenue des infections du site opératoire (ISO)

Cet environnement microbien présent au sein du bloc opératoire permet de comprendre l'implication éventuelle de l'air dans la survenue des infections de site opératoire (ISO). Les travaux de LIDWELL (8-10) ont permis de montrer la relation entre la qualité de l'air

du bloc opératoire et la survenue d'ISO en chirurgie orthopédique prothétique. LIDWELL a comparé les effets de l'air ultrapropre seul (moins de 10 UFC/m<sup>3</sup>), ceux de l'antibioprophyllaxie seule et ceux de l'air ultrapropre combiné à l'antibioprophyllaxie. « *Les taux d'ISO, avec l'utilisation d'un air ultrapropre seul, sont passés de 3,4 % à 1,6 % alors que les taux d'ISO des patients uniquement sous antibioprophyllaxie sont passés de 3,4 % à 0,8 %. En cas d'utilisation conjuguée d'air ultrapropre et d'antibioprophyllaxie, les taux d'ISO ont diminué de 3,4 % à 0,7 %. Ces résultats suggèrent que la réduction de l'incidence des ISO est avant tout liée à l'antibioprophyllaxie et que l'air ultrapropre apporte un supplément de gain de réduction dans la chirurgie orthopédique prothétique* » (12).

Ces constats, bien que non démontrés, pourraient s'appliquer par extrapolation aux gestes de chirurgie relevant de la classe 1 d'Altemeier (avec mise en place d'un matériel prothétique ou d'un implant), chirurgie où le mode primordial de contamination se fait par voie exogène par opposition aux gestes de chirurgie de classe II ou plus où la contamination est essentiellement endogène. D'une façon générale, de nombreux facteurs concourent à la survenue d'ISO et il est difficile d'estimer correctement la place de l'aérobiocontamination.

### Qualité de l'air au bloc opératoire

La qualité de l'air au bloc opératoire est définie par la norme AFNOR NF S 90-351 - juin 2003 Établissements de santé - Salles propres et environnement maîtrisés apparentés - Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée (11). Cette norme est un guide de bonne pratique, outil « prêt à l'emploi » de gestion de projet pour conduire et réaliser l'installation d'un environnement maîtrisé. Elle implique tous les acteurs, en proposant une conduite à tenir concernant toutes les phases du projet (conception, réalisation, exploitation et maintenance). Au début du projet, elle impose la réalisation d'une analyse multidisciplinaire de l'activité hospitalière afin de définir le niveau de risque acceptable. Ensuite, le choix de ce niveau engage les performances ou caractéristiques du dispositif de maîtrise de l'environnement. Enfin elle impose, dans un objectif de sécurité sanitaire et de sûreté de fonctionnement, une obligation de maintenance et de suivi.

Cette norme définit les niveaux de performances à atteindre et les moyens à mettre en œuvre. Les niveaux de performances pour les secteurs opératoires combinent, en fonction des niveaux de risque, différents indicateurs (**Tableau I**):

- la classe particulière qui précise les concentrations

Tableau I – Performances techniques à attendre dans les zones à risques des établissements de santé

Objectifs							Moyens	
Hors présence humaine et en présence d'équipements immobiliers				En activité				
Désignation de la zone	Classe particulière de la zone à protéger	Niveau cible de classe de cinétique de décontamination particulière à 0,5 µ	Niveau cible de classe bactériologique de la zone à protéger	Température de l'air (sauf besoins spécifiques)	Taux d'humidité de l'air	Pression acoustique maximale	Régime d'écoulement de l'air de la zone à protéger	Taux de renouvellement de l'air de la salle
Zone 4	ISO 5 < 3 500 particules ≥ 0,5 µ/m <sup>3</sup> d'air	CP 10	B 10	19-26 °C	45-65 %	48 dBA	Flux unidirectionnel	> 50 vol/h
Zone 3	ISO 7 < 350 000 particules ≥ 0,5 µ/m <sup>3</sup> d'air	CP 20	B 10	19-26 °C	45-65 %	45 dBA	Flux unidirectionnel ou non unidirectionnel	25-30 vol/h
Zone 2	ISO 8 < 3 500 000 particules ≥ 0,5 µ/m <sup>3</sup> d'air	CP 20	B 100	19-26 °C	45-65 %	40 dBA	Flux non unidirectionnel	15-20 vol/h
Zone 1	Locaux non spécifiques					35 dBA		

(Source : AFNOR)

maximales admissibles de particules (comprises entre  $0,5 \mu\text{m}$  et  $5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ) selon trois niveaux de risque. Le niveau de risque le plus exigeant, par exemple la chirurgie orthopédique (prothèses articulaires), est représenté par la zone 4 de classe particulaire ISO 5 suivant la norme NF EN ISO 14644-1 : 1999. Dans cette classe, le nombre maximal de particules doit être inférieur à  $3520/\text{m}^3$ . Le niveau 3, qui concerne les chirurgies à moindre exigence vis-à-vis de la qualité de l'environnement aérien, par exemple la chirurgie digestive, correspond à une classe particulaire ISO 7. Dans cette classe, le nombre maximal de particules doit être inférieur à  $352000/\text{m}^3$ . Enfin, toujours pour les secteurs opératoires, le dernier niveau (risque 2) qui concerne par exemple les circulations, la salle de soins post-interventionnelle (SSPI) correspond à une classe particulaire ISO 8. Dans cette classe, le nombre maximal de particules doit être inférieur à  $3520000/\text{m}^3$ . Curieusement le niveau ISO 6 (moins de  $35200$  particules/ $\text{m}^3$ ) n'a pas été pris en compte; cela aurait pourtant été utile pour certaines chirurgies où le rôle de l'air n'est pas négligeable sans toutefois atteindre le niveau d'exigences des prothèses articulaires;

- la classe de cinétique de décontamination particulaire qui est définie par le temps nécessaire pour obtenir une décroissance de 90 % (un log) par rapport à un pic de pollution initial, obtenu par exemple soit par la diffusion d'une fumée froide à l'aide d'un générateur de fumée (poire à fumée par exemple), soit par une série de mesures de l'empoussièrement en fin d'activité. La mesure, réalisée toutes les minutes, concerne là encore le créneau  $0,5 \mu\text{m}$  et  $5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . Cet indicateur, qui traduit la capacité d'autoépuration d'une salle, est le reflet des performances de ventilation. Dans les salles à niveau de risque 4, elle doit être inférieure ou égale à 10 minutes (CP 10). Dans les salles à niveau de risque 3, elle doit être inférieure ou égale à 20 minutes (**Schéma 1**);

- la classe bactériologique qui définit une concentration maximale de bactéries à ne pas dépasser, concentration exprimée en unités formant colonies (UFC) par mètre cube. Pour les installations de niveau de risque 4 ou 3, elle est indifféremment de 10 bactéries (B 10). En effet le dénombrement bactérien au moyen d'un biocollecteur est soumis à l'absence de standardisation et au manque de reproductibilité, ce qui doit rendre les interprétations prudentes. Habituellement, un décompte inférieur à  $10 \text{ UFC}/\text{m}^3$  signe une bonne maîtrise de l'aérobiocontamination, hors présence humaine.

Toutes ces mesures sont effectuées hors présence humaine: il n'a en effet pas été possible de définir des indicateurs de performances en activité afin de mieux apprécier l'aptitude des installations à maîtriser la qualité de l'air. C'est pourquoi la cinétique de décontamination est intéressante pour traduire la dynamique du comportement d'une salle. Les seuls niveaux de qualité en activité sont représentés par la définition de la pression acoustique maximale et de plages de température et d'humidité.

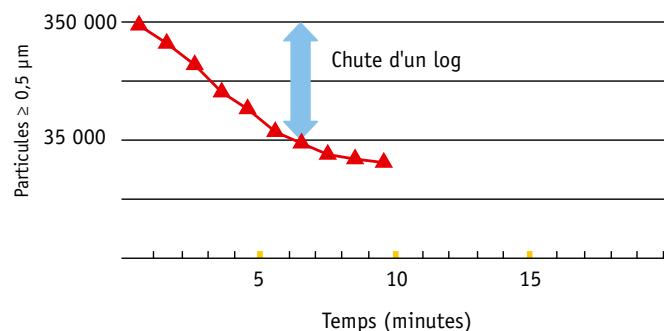
## Obtenir un air de qualité

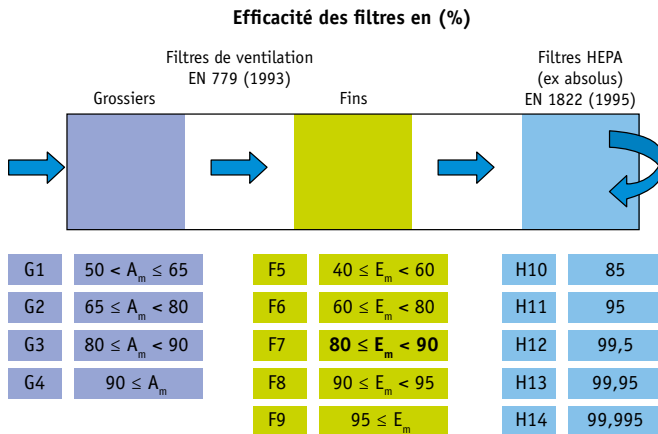
### Principes

Le traitement de l'air doit être cohérent avec l'architecture, les circuits, les équipements, les procédures, la formation, les contrôles et la maintenance. Il associe deux principes :

- la ventilation dont l'objectif est d'entraîner vers l'extérieur les particules et micro-organismes en suspension dans l'air, responsables de l'aérobiocontamination. L'élimination de ces particules sera fonction de la vitesse de soufflage de l'air et de la concentration en particules. Le flux d'air doit être homogène, avec un taux de renouvellement horaire suffisant pour traiter le volume de la salle. Alors qu'un taux de ventilation de six volumes/heure est souvent requis pour les chambres d'hospitalisation, il est habituellement supérieur à quinze volumes/heure pour les salles d'opération à flux turbulent et peut aller jusqu'à plusieurs dizaines voire centaines de volumes/heure pour les salles à flux unidirectionnel.;
- la climatisation destinée à assurer le confort des patients et soignants en ajustant la température et l'hygrométrie.

Schéma 1 - Cinétique de décontamination





Perte de charge finale : 250.....450

$A_m$  : efficacité de filtration (proportion pondérale retenue)  
 $E_m$  : efficacité de filtration opacimétrique

Schéma 2 - Cascade de filtration

**Mise en œuvre**

La maîtrise de la qualité de l'air prend en compte deux situations (3) :

■ **Salle d'opération au repos**

Il s'agit de fournir un air propre en assurant, outre le renouvellement d'air, filtration et surpression.

■ **FILTRATION DE L'AIR**

La filtration de l'air a pour but d'arrêter les impuretés de toute nature qui peuvent porter des micro-organismes ou en devenir le support. Elle met en œuvre une succession de filtres (notion de « cascades de filtration ») situés pour les uns, au niveau de la centrale de traitement d'air (CTA) et pour les autres, au niveau du point de livraison de l'air (**Schéma 2**). Ces filtres sont d'efficacité croissante, destinés à retenir, à l'entrée de la centrale, les plus grosses poussières (filtres grossiers), puis des particules de plus en plus fines (de l'ordre du micron : filtres fins), et des particules très fines (de l'ordre de 0,3 µm : filtres HEPA : *High Efficiency Particulate Air-filter*). On décrit ainsi trois types de filtres en fonction de leur niveau d'efficacité. Cette efficacité s'exprime en pourcentage de particules retenues, mais en prenant en compte la classification de ce filtre : grossier, fin ou HEPA. Par exemple : un filtre fin à 95 % d'efficacité (filtre F9) retient 95 % des particules de l'ordre du micron. Cependant, l'expression d'une efficacité apparemment très proche recouvre des réalités très diffé-

rentes. Cette différence est liée à la diversité des méthodes d'essai en fonction de la norme à laquelle on se réfère et du type de filtre. Ainsi un filtre H11 d'efficacité 95 % laisse-t-il passer 5 particules sur 100 tandis que le filtre H13 d'efficacité 99,95 % laisse passer 5 particules sur 10 000 (les particules auxquelles on se réfère sont les MPPS : *Most Penetrating Particle Size*, de l'ordre de 0,15 µm). Pour éviter une contamination rétrograde des gaines et protéger efficacement la zone à risque, il est important de donner la préférence à une filtration terminale : c'est-à-dire que le filtre situé au terme du processus de traitement de l'air se trouve le plus près possible de la zone à protéger (dans une salle d'opération, le filtre terminal se situe au niveau du plafond).

La notion de « perte de charge » rend compte de l'énergie à fournir pour permettre au flux d'air de vaincre la résistance du média filtrant : plus le filtre est dense, plus grande sera sa perte de charge. Un filtre à perte de charge élevée, donc très efficace, va nécessiter une installation puissante, notamment au niveau du ventilateur. Au fur et à mesure de son utilisation, le filtre se colmate avec une augmentation de la perte de charge : le mesurage de celle-ci permet de prévoir son changement.

Le point de captage de l'air neuf (par définition : un air pris hors source de pollution) mérite une étude d'implantation par rapport à l'environnement général (autoroutes, usines, vents dominants, rejets d'air vicié...) et à l'aérodynamique du site en fonction de la forme et de l'orientation des bâtiments (effets de cheminée, mouvements tourbillonnaires...).

■ **SURPRESSION**

La surpression évite l'entrée d'air éventuellement contaminé à partir des zones avoisinantes. Elle réalise en quelque sorte un « verrou aéraulique ». Elle est obtenue par un apport continu d'air neuf excédentaire par rapport aux extractions ; elle est de l'ordre de 15 pascals. Idéalement, elle est maintenue par l'utilisation correcte d'un sas (c'est-à-dire en respectant l'ouverture alternée des portes). À défaut, elle s'obtient en mettant en surpression relative les couloirs de desserte des salles d'intervention par rapport à l'extérieur, les salles d'opération étant elles-mêmes en surpression par rapport aux circulations : on établit ainsi un gradient de pression. L'utilisation d'indicateurs de surpression (manomètres) est importante : une surpression correcte vérifiée quotidiennement en début de programme opératoire est un gage de bon fonctionnement.

### ■ Salle d'opération en activité

Il s'agit de surcroît de maintenir l'aérobiocontamination à un niveau le plus faible possible et d'assurer une « dépollution » continue. En effet la principale source de pollution est représentée pendant l'activité par les émissions de particules et de bactéries en provenance de l'équipe soignante et du patient lui-même. Trois éléments concourent à ces objectifs :

#### ■ LIMITATION DE L'ÉMISSION DES PARTICULES ET BACTÉRIES

La discipline de l'équipe opératoire est une composante essentielle de la prévention de l'aérobiocontamination. L'homme est un grand émetteur de particules et bactéries dont l'émission est proportionnelle au nombre de personnes présentes dans la salle et à leurs mouvements et déplacements. Chacun d'entre nous héberge plus de bactéries  $10^{14}$  que de cellules  $10^{13}$  (16). La formation initiale et permanente des équipes opératoires insistera :

- sur les modalités du port du masque chirurgical, cagoule, enveloppant complètement les cheveux et le cou, extrémités élastiques évitant les effets de soufflets (bras, jambes), chemisette rentrée dans le pantalon...);
- sur la rigueur du comportement : limiter les mouvements amples lors de l'installation des champs et d'une manière générale éviter les mouvements inutiles ; installer les instruments stériles après le temps de drapage, et le plus près possible de l'intervention ; éviter l'ouverture des portes au moment des temps opératoires à risque ;
- sur la nécessité de ne pas introduire dans la salle d'intervention des matériels ou objets non désinfectés ;
- sur la discipline des visiteurs en limitant leur nombre qui sera adapté aux capacités d'épuration de la salle ;
- sur l'organisation des tâches pour éviter les allées et venues entre les différentes salles.

Le choix des textiles est important en ce qui concerne l'habillement de l'équipe opératoire et le drapage : le non-tissé et le poly-coton sont moins émetteurs de particules que le coton, et sont également plus étanches aux particules. Pour la tenue des opérateurs, le tissu barrière représente encore plus un gage de meilleure étanchéité et de moindre émission de particules.

#### ■ TAUX DE BRASSAGE OU TAUX DE RENOUVELLEMENT HORAIRE

Le taux de brassage ou taux de renouvellement horaire est calculé en utilisant le rapport des débits d'air soufflé (mesurés à l'anémomètre) au volume de la salle. Deux systèmes d'apport d'air existent :

- soit en tout air neuf : la totalité de l'air soufflé vient

de l'extérieur et, dans ce cas, il peut n'y avoir qu'une centrale desservant une ou plusieurs salles d'opération ;

- soit en air neuf + air recyclé. L'intérêt de ce dernier système est de réaliser des économies d'énergie (frigories ou calories) en faisant repasser en centrale l'air provenant de la salle d'intervention. Dans ce système, chaque salle doit être desservie par une centrale de traitement d'air autonome pour éviter les croisements d'air contaminé. Seule la centrale délivrant l'air neuf peut être commune aux différentes salles.

Le taux de brassage ou taux de renouvellement d'air est la valeur du quotient du volume de la salle et du débit volumique horaire d'air diffusé. Par exemple, une salle d'intervention d'un volume de  $100 \text{ m}^3$  qui a un apport d'air :

- de  $1000 \text{ m}^3/\text{heure}$  a un taux de brassage de 10 volumes/heure ;
- de  $5000 \text{ m}^3/\text{heure}$  a un taux de brassage de 50 volumes/heure.

L'air repris dans la salle au niveau des bouches de reprise, habituellement situées en partie basse, est filtré sur un média d'efficacité adaptée (efficacité minimale F5) pour garantir une certaine propreté du réseau de reprise d'air. Bien entendu, il convient d'éviter l'utilisation de filtres trop performants qui seraient un obstacle à la reprise de l'air, donc une source de contamination potentielle. Ce filtre sera changé régulièrement par l'équipe même du bloc opératoire (opération effectuée ventilation à l'arrêt). Les bouches de reprise doivent être dégagées. Les reprises seront judicieusement placées de façon à éviter les points morts. Le taux de renouvellement de l'air est un élément essentiel d'épuration de la salle : plus il est élevé, plus vite l'air contaminé est évacué et remplacé par l'apport d'air propre. Jadis, on conseillait de 6 à 10 volumes/heure ; actuellement, le *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) d'Atlanta (États-Unis) préconise un minimum de 15 voire 20 volumes/heure (14). Il en est de même dans le guide SFHH (Société française d'hygiène hospitalière) (12). On atteint même, dans les chirurgies définies en zone à risque 4, des taux de renouvellement d'air de 50 et plus. La valeur de ce taux n'est cependant pas l'unique garant de la propreté de l'espace d'intervention ; une attention particulière devra être portée à l'étude des mouvements d'air et des perturbations qui apparaissent en présence de thermoconvection et d'obstacles physiques (scialytique, colonnes vidéo, etc.).

En complément de ce dispositif, il est indispensable

d'assurer un apport d'air neuf pour maintenir une composition acceptable de l'air, en particulier son oxygénation et l'élimination des gaz : par exemple, le protoxyde d'azote. L'apport minimum d'air neuf est de 6 volumes/heure.

Par exemple, pour une salle de 100 m<sup>3</sup> avec renouvellement horaire de 50 volumes, le transfert d'air par les ouvertures prévues à cet effet est de 6 volumes/heure (ici 600 m<sup>3</sup>). La résistance que rencontre le flux d'air pour être évacué de la salle génère la surpression de la salle. On reprend par les bouches d'extraction 4 400 m<sup>3</sup>/heure (= 5 000 - 600). On injectera donc 600 m<sup>3</sup> d'air neuf qui permettront ainsi d'arriver à 5 000 m<sup>3</sup> (4 400 + 600) ce qui est un bilan équilibré pour la salle.

Par ailleurs, la qualité bactériologique de l'air de la salle est d'autant meilleure que le taux de brassage est important.

La classe de contamination est le résultat d'un équilibre entre :

- un paramètre stable : les possibilités d'autodécontamination liées au renouvellement de l'air ;
- un paramètre variable : l'émission des contaminants liée au nombre de personnes, à leur tenue et à leur comportement (6).

#### ■ MAÎTRISE DES FLUX D'AIR

La maîtrise des flux d'air est assurée selon deux mécanismes :

##### ■ LE FLUX UNIDIRECTIONNEL (FUD)

Le FUD représente le système le plus performant mais c'est également le plus contraignant et le plus coûteux. Il y a deux modalités de distribution de l'air : flux vertical ou flux horizontal. Le FUD, anciennement appelé flux laminaire, est un flux d'air maîtrisé, distribué à vitesse constante et selon des filets rectilignes et parallèles de même direction et de même sens. La vitesse est supérieure à 0,25 m/seconde et idéalement plus proche de 0,35 ou 0,40 m/sec. La caractéristique principale de ce système est d'assurer un « effet piston » qui assure un déplacement par balayage en mettant en œuvre des débits d'air importants donc un renouvellement supérieur à 50 vol/heure.

L'utilisation d'un FUD suppose des contraintes assumées par le personnel car toute interposition entre la zone d'émission du flux et la zone à protéger entraîne des turbulences après l'obstacle sur un trajet deux fois plus étendu que sa largeur. Par exemple, un obstacle d'environ 20 cm de diamètre entraîne une zone de turbulences d'environ 40 cm. D'où la nécessité pour l'équipe chirurgicale et anesthésique de s'entraîner à

un placement correct vis-à-vis du flux pour éviter de le perturber et d'engendrer des turbulences. On retrouve ici un grand principe de l'hygiène hospitalière : il ne sert à rien de disposer d'un dispositif sophistiqué tel un flux laminaire si l'on ne respecte pas les principes de base du comportement adéquat. EA SALVATI [13] rapporte une augmentation paradoxale du taux d'ISO après prothèse totale du genou sous flux laminaire (3,9 %) comparativement à une intervention sous flux turbulent (1,4 %) : l'explication réside dans un mauvais placement de l'équipe opératoire qui faisait écran à l'écoulement du flux horizontal. Il est également important de veiller au bon positionnement de tous les éléments sensibles à la contamination : foyer(s) opératoire(s), table d'instruments...

Ce système est coûteux en raison du prix de ses composants mais également de celui de la maintenance ; en effet, le moindre défaut, au niveau de la jonction des filtres par exemple, entraîne le passage préférentiel de l'air au travers de ces manques d'étanchéité. Ce phénomène est d'autant plus important que le filtre a une perte de charge élevée, donc difficile à traverser : « l'air va au plus facile » et profite de la moindre faille pour s'y engouffrer. Pour éviter ce dysfonctionnement, un test d'intégrité de filtre est pratiqué à la mise en route de l'installation et après changement des filtres HEPA.

Actuellement, on utilise des dispositifs à flux vertical de préférence au flux horizontal. Le flux vertical est délivré par l'intermédiaire d'un plafond soufflant composé de caissons filtrants (H 13 au minimum) jointifs entre eux et surplombant la zone d'intervention (table d'instrumentation comprise) sur une surface habituellement de 3 m sur 3 m.

Vitesse et débit caractérisent le FUD.

##### ■ LE FLUX NON UNIDIRECTIONNEL (FNUD)

Le FNUD, appelé autrefois flux turbulent, est caractérisé par un mode de diffusion par dilution. L'air filtré soufflé dans la zone propre se mélange à l'air déjà présent dans la salle, réalisant un phénomène de dilution, un peu à l'image de l'eau éclaircissant un sirop coloré. La distribution s'effectue soit au travers de bouches de soufflage à induction, soit au moyen d'un plafond soufflant, comportant ou non des filtres terminaux d'efficacité variable et caractérisé principalement par une vitesse de l'air, au sortir du plafond, en général inférieure à 0,20 m/sec. Ceci ne confère donc pas à l'air une laminarité du flux.

Le FNUD est moins performant mais moins contraignant et moins coûteux à la fois du point de vue inves-

tissement et du point de vue maintenance. Les débits d'air mis en œuvre sont moindres, le taux de brassage se situe entre 15 vol/h et 30-35 vol/h. L'emplacement des opérateurs intervient peu, par absence de phénomène d'écran. Ce dispositif est adapté aux chirurgies où l'aérobiocontamination est à risque moindre, par exemple en chirurgie digestive ou chirurgie classée en risque 3 requérant une classe ISO 7.

### Mesurer la qualité de l'air au bloc opératoire

Contrôler, c'est établir un système de surveillance et définir des niveaux acceptables : les valeurs seuils sont différentes dans leur interprétation d'une valeur « couperet ». Il s'agit de répondre aux interrogations suivantes : quoi : particules et/ou bactéries ? quand : avant, pendant, après l'activité ? où ? quelle fiabilité ? quelles corrélations entre particules et bactéries ? quelles contraintes de mise en œuvre ? quel coût ?

#### Principes

On distingue :

- l'évaluation des résultats, grâce à laquelle on établit la qualification de performances en se référant au contrôle qualité. Celui-ci utilise des indicateurs de résultats qui permettent un constat *a posteriori*, dont l'objectif est correctif : c'est un contrôle final (Schéma 3) ;
- l'évaluation de la qualité du processus, grâce à laquelle on établit la qualification opérationnelle de fonctionnement en se référant à l'assurance qualité. Celle-ci utilise les indicateurs de processus qui permettent une maîtrise *a priori* de l'organisation mise en place. Ils tiennent compte de la connaissance et du contrôle des différents processus (audit) : c'est un objectif préventif. Dans l'assurance qualité, on ouvre en quelque sorte la « boîte noire » pour contrôler les procédures élémentaires que sont les paramètres physiques du traitement de l'air qui contribuent à l'obtention d'un bon résultat (Schéma 4).

#### Qualification opérationnelle

Les principaux paramètres physiques du système de traitement d'air, évalués par les techniciens, sont :

- la pression (mesurée à l'aide d'un manomètre) : ce contrôle, également réalisable par l'équipe du bloc, permet de vérifier que la salle est bien en surpression par rapport aux locaux environnants. Un dysfonctionnement peut traduire une diminution du débit (par exemple dû à un encrassement des filtres de soufflage), des ouvertures intempestives et prolongées de portes, un excès de reprise... ; un relevé quotidien de cette valeur doit être réalisé en début de programme opératoire ;

• le niveau de filtration notamment terminale ;

- la vitesse de soufflage exprimée en m/s ;
- les débits de soufflage et de reprise ;
- le taux de brassage.

Ces paramètres sont à vérifier et à tracer par les services techniques plusieurs fois par an.

#### Qualification des performances

##### ■ Compte particulaire

Le comptage des particules nécessite :

- un personnel formé ;
- un matériel de qualité régulièrement étalonné : compteur de particules mesurant différentes tailles (micron, créneau 0,5-5  $\mu\text{m}$  correspondant à la taille des micro-organismes, puis 5 et 10  $\mu\text{m}$ ) ;
- une technique rigoureuse : contrôle au plus près des

Schéma 3 - Contrôle qualité

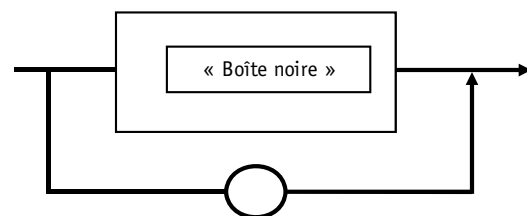
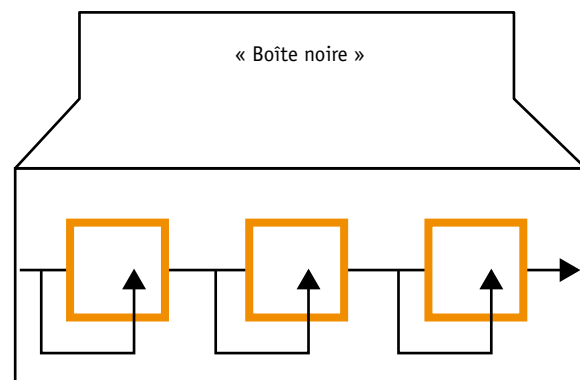


Schéma 4 - Assurance qualité



Évaluation du respect des procédures

zones à protéger (par exemple au centre de la table d'opération, au niveau de la table d'instruments), en répétant les prélèvements trois fois, pour chaque point (5,11).

Le contrôle s'effectue habituellement hors présence humaine c'est-à-dire local au repos; il vérifie la classe de contamination particulière attendue.

Soulignons l'intérêt d'effectuer un contrôle en présence humaine (local en activité avec l'équipe de bloc), qui permet de mesurer l'empoussièrement et de mettre en exergue l'impact de l'activité sur la qualité de l'air. L'inconvénient de cette approche est que les résultats sont très fluctuants en fonction du type d'activité, des allées et venues, du nombre d'intervenants...

Enfin, ce contrôle particulière peut servir, comme cela a déjà été précisé, pour évaluer la cinétique de décontamination particulière (CP) qui, pour une taille de particule fixée (0,5-5  $\mu\text{m}$ ), est définie par le temps nécessaire pour obtenir une décontamination de 90 % par rapport au pic de pollution initiale.

#### ■ Contrôles microbiologiques

Les contrôles microbiologiques nécessitent:

- un personnel formé ;
- l'utilisation du même biocollecteur pour les différents prélèvements dans un même établissement car les performances techniques varient d'un appareil à l'autre. Le choix de cet appareil prend en compte des caractéristiques ergonomiques (poids, encombrement...) mais surtout techniques: capacité de prélèvement d'au moins 100 l/min à une vitesse < 20 m/s;
- une technique rigoureuse est indispensable: appareil propre; réalisation d'au moins deux prélèvements par point étudié pour suppléer la reproductibilité insuffisante.

#### ■ Association des contrôles particuliers et bactériologiques

Ces deux types de contrôle sont complémentaires. Il n'y a pas de corrélation entre le nombre de particules et le nombre de micro-organismes dans l'air (7). Le contrôle particulière est plus facile à mettre en œuvre, plus réactif et fait référence à des normes bien établies. Le contrôle microbiologique nécessite un délai pour l'obtention des résultats, a pour intérêt de mettre en évidence des bactéries potentiellement à l'origine de contamination, mais son interprétation est délicate en l'absence de normalisation des appareils de prélèvement et de techniques de références.

Selon DHARAN (4), le contrôle particulière représente la méthode de choix; le contrôle microbiologique, s'il n'est pas pratiqué en première intention, est réalisé si les contrôles particuliers sont non conformes ou en cas de recherche d'un micro-organisme particulier, *Aspergillus* par exemple. Dans les deux cas, on détermine – en précisant les points critiques – un plan d'échantillonnage en précisant les points critiques et les niveaux de contamination attendue.

Ces contrôles permettent d'établir trois niveaux de qualité:

- niveau cible (feu vert) qui vise à assurer et à maintenir des conditions normales de fonctionnement;
- niveau alerte (feu orange) qui permet une première alerte en cas de dérive par rapport aux conditions normales et qui impose de vérifier le résultat et de s'assurer que le processus est toujours maîtrisé (et de mettre en œuvre les premières actions correctrices);
- niveau action (feu rouge) qui impose une réaction immédiate avec analyse du dysfonctionnement et action correctrice.

#### ■ À titre d'exemples

En salle d'intervention ou de radiologie interventionnelle, le niveau de propreté particulière attendu pour une salle de chirurgie à haut risque (4) est ISO 5, c'est-à-dire moins de 3 500 particules de 0,5 à 5  $\mu\text{m}$ , pour un FUD. Ce niveau est ISO 7, c'est-à-dire moins de 350 000 particules de 0,5 à 5  $\mu\text{m}$  pour un flux non unidirectionnel. Bien entendu, cela n'exclut pas la possibilité de recourir à des salles de niveau ISO 6 par exemple, pour la chirurgie ophtalmologique ou vasculaire...; le niveau de propreté bactériologique attendu selon la norme AFNOR est B 10 (c'est-à-dire moins de 10 UFC/m<sup>3</sup>). En l'absence de référentiel consensuel, il est conseillé d'utiliser des graphiques de contrôle et de suivi pour déterminer les niveaux attendus et leur marge de fluctuation en fonction du temps.

En unité de stérilisation, l'arrêté du 22 juin 2001 relatif aux bonnes pratiques de pharmacie hospitalière définit les niveaux attendus:

- propreté particulière en zones de conditionnement = classe ISO 8 (hors présence humaine);
- propreté bactériologique = 200 UFC/m<sup>3</sup> (en présence humaine).

#### Conclusion

La qualité de l'air au bloc opératoire a bénéficié des apports de la norme AFNOR NF S 90-351 de juin 2003 qui prend en compte:

- les exigences des utilisateurs (conception/rénovation);
- la maintenance préventive du système de traitement;
- le contrôle des procédés (à objectif préventif);
- le contrôle des résultats (à objectif curatif).

Cette démarche nécessite de déterminer les points critiques, les niveaux de qualité attendus et les actions correctives à mettre en place en cas de défaillance. Le respect de la qualité de l'air au bloc opératoire met en jeu des compétences diverses et des moyens technologiques importants. Les performances seront optimisées par un contrôle exigeant et une surveillance régulière de tous les indicateurs, associés à une maintenance préventive et à un bionettoyage attentif. L'élément humain prend toute sa place dans ce contexte : d'où l'importance de la formation et de l'encadrement des personnels pour la sécurité du malade. L'idéal est le suivi au moyen d'un « carnet sanitaire » où figurent les indicateurs de processus et de résultats de chaque salle d'opération. Mais n'oublions pas que l'essentiel de la biocontamination se produit lors de l'acte opératoire, d'où l'importance de recherches pour évaluer les performances en activité (15) et des études en simulation numérique pour mieux évaluer les risques de contamination (2). Enfin rappelons que l'absence de dépilation, la douche pré-opératoire, l'antibioprophylaxie et une antiseptie large du champ opératoire font partie des principales mesures de prévention des ISO ayant un niveau élevé de preuves scientifiques (16). ■

### Références bibliographiques

- 1- BEGGS CB, KERR KG, NOAKES CJ, HATHWAY EA, SLEIGH PA. The ventilation of multiple-bed hospital wards: review and analysis. *Am J Infect Control* 2008; 36(4): 250-259.
- 2- BROHUS H, BALLING KD, JEPPESEN D. Influence of movements on contaminant transport in an operating room. *Indoor Air* 2006; 16(5): 356-372.
- 3- CHOW TT, YANG XY. Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: review of research activities and practical guidance. *J Hosp Infect* 2004; 56: 85-92.
- 4- DHARAN S, PITTET D. Environmental controls in operating theatres. *J Hosp Infect* 2002; 51(2): 79-84.
- 5- GUIDE DU MINISTÈRE DE LA SANTÉ. CTIN 2002 « Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé : air, eau, surfaces ».
- 6- KNOBBEN BA, 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; 62: 174-180.
- 7- LANDREIN A, BISSERY A, KAC G. Monitoring air sampling in operating theatres: can particle counting replace microbiological sampling? *J Hosp Infect* 2005; 61(1): 27-29.
- 8- LIDWELL OM, LOWBURY EJ, WHYTE W *et al.* Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study. *Br Med J* 1982; 285(6334): 10-14.
- 9- LIDWELL OM. Clean air at operation and subsequent sepsis in the joint. *Clin Orthop* 1986; 211: 91-102.
- 10- LIDWELL OM, ELSON RA, LOWBURY EJ *et al.* Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. A multicenter study of 8,052 joint replacement operations. *Acta Orthop Scand* 1987; 58(1): 4-13.
11. NORME AFNOR NFS 90-351 - Juin 2003 - Établissements de santé - Salles propres et environnement maîtrisés apparentés - Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée.
12. RECOMMANDATIONS D'EXPERTS. Qualité de l'air au bloc opératoire - Société française d'hygiène hospitalière (SFHH) - Octobre 2004 ([www.sfhh.net](http://www.sfhh.net)).
13. SALVATI EA, ROBINSON RP, ZENO SM, KOSLIN BL, BRAUSE BD, WILSON PD JR. Infection rates after 3,175 total hip and total knee replacements performed with and without a horizontal unidirectional filtered air-flow system. *J Bone Joint Surg Am* 1982; 64(4): 525-535.
14. SEHULSTER L, CHINN RY. 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.* 2003; 52(RR-10): 1-42.
15. TALON D, SCHOENLEBER T, BERTRAND X, VICHARD P. What type of airflow system should be used in orthopaedic operating theatres? *J Hosp Infect* 2006; 63(3): 344-345.
16. WENZEL RP. Minimizing Surgical-Site Infections. *N Engl J Med* 2010; 362(1): 75-77.
- 17- WHYTE W, HAMBRAEUS A, LAURELL G, HOBORN J. The relative importance of the routes and sources of wound contamination during general surgery. II. Airborne. *J Hosp Infect* 1992; 22: 41-54.

[www.techniqueshospitalieres.fr](http://www.techniqueshospitalieres.fr)



N°719 - Janvier 10

- Pharmacie
  - Développement durable
  - Transport aérien de greffons : quand la fonction achat sauve des vies
- >> Voir le sommaire

Rechercher  OK

Techniques hospitalières

Pour connaître les techniques de la santé, les produits hospitaliers mais aussi rendre votre avis sur les sujets qui vous intéressent, contactez-nous par mail ou par téléphone. Nos équipes de techniques vous accueillent dans les établissements de santé et médecine humaine.

En savoir plus

Publier dans la revue