



ENSP

ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du Génie Sanitaire

Date du Jury : **24 Septembre 2002**

**Impacts des systèmes de traitement
d'air sur la protection des patients,
Application aux services de grands brûlés**

Sylvie DRUGEON

Ingénieur ENGEES

Résumé

En France, le risque de contracter une infection nosocomiale est en moyenne de 7%. Parmi les infections nosocomiales, les infections dues à l'air doivent être considérées avec attention, particulièrement chez les grands brûlés. Le traitement de l'air constitue le moyen de prévention le plus évident, mais il n'existe pas d'évaluation rigoureuse de l'impact des systèmes de traitement d'air.

Dans ce contexte, le mémoire s'est principalement articulé autour d'entretiens avec des professionnels de santé et de visites de centres de grands brûlés dans les hôpitaux de l'AP-HP (Assistance Publique – Hôpitaux de Paris).

Le mémoire a permis d'effectuer la synthèse des obligations réglementaires en matière de qualité d'air à l'hôpital. Le mémoire relate également les expériences des trois services de grands brûlés visités et permet de décrire les données disponibles : données techniques, architecture interne et traitement de l'air ; données médicales, organisation des soins, bionettoyage et surveillance des infections nosocomiales ; ou données environnementales, contrôle microbiologique de l'air.

Les données disponibles sont ensuite discutées en vue d'une évaluation du risque associé à l'air. L'essai expérimental doit être rejeté pour des raisons éthiques. Une étude épidémiologique portant sur l'association directe entre système de traitement d'air et protection des patients apparaît difficilement réalisable. Le mémoire propose finalement une chaîne d'associations : lien entre système de traitement d'air et aérobiocontamination puis lien entre aérobiocontamination et protection des patients. Le 1^{er} lien peut être documenté grâce à une enquête microbiologique, dont le protocole général est donné. Pour étudier la 2^{ème} association, le recours à une évaluation des risques ou à une étude épidémiologique est discuté.

Même si de nombreuses incertitudes persistent dans l'évaluation du risque associé à l'air, la prise de mesures de gestion ne peut être retardée : c'est pourquoi le mémoire débouche finalement sur des outils sommaires de diagnostic et conclut sur des prescriptions techniques.

Abstract

IMPACTS OF AIR TREATMENT SYSTEMS ON PROTECTION OF PATIENTS, ESPECIALLY IN BURN CARE CENTRES

In France, the risk to contract an infection during any stay in an hospital is on average 7 %. Among nosocomial infections, airborne infections must be considered with attention, particularly in burn care units. The treatment of air constitutes the most evident mean of prevention, but until now no rigorous evaluation of the impact of systems has been made.

In this context, the report is mainly based on conversations with health professionals and visits of burn care units in the hospitals of the AP-HP.

The report allowed to make the synthesis of statutory obligations concerning indoor air quality in hospitals. The report also tells the experiences of three burn care centres visited, and allows to describe available data : technical data, medical data or environmental data.

Available data are then discussed with the aim of assessing the risk associated to the air. Any experimental attempt must be rejected for ethical reasons. An epidemiological study on the possible direct association between ventilation system and protection of the patients seems difficult to carry out. The report proposes finally the following chain of associations : link between ventilation system and air contamination with micro organisms, then link between air contamination and protection of the patients. The first link can be put in evidence thanks to a microbiologic inquiry, whose general protocol is given. The possibility of using a risk assessment or an epidemiological study in order to study the second association is also discussed.

Even though many uncertainties remain in the evaluation of the risk associated to the air, adequate management measures need to be urgently taken : for this reason, the report results finally in describing simple tools of diagnosis and ends on technical prescriptions.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION..... | 1 |
| 1 - PROBLÉMATIQUE..... | 3 |
| 1.1 INFECTION NOSOCOMIALE ET AIR..... | 3 |
| 1.1.1 <i>Le risque d'infection nosocomiale.....</i> | <i>3</i> |
| 1.1.2 <i>Le risque d'infection nosocomiale aéroportée.....</i> | <i>4</i> |
| 1.2 PRÉVENTION DES INFECTIONS NOSOCOMIALES DUES À L'AIR : LE TRAITEMENT DE L'AIR | 7 |
| 1.2.1 <i>Objectifs et composition d'un système de traitement d'air</i> | <i>7</i> |
| 1.2.2 <i>Les différents types de systèmes de traitement d'air.....</i> | <i>10</i> |
| 1.2.3 <i>Choix d'un système de traitement d'air.....</i> | <i>11</i> |
| 1.2.4 <i>Efficacité attendue en milieu hospitalier.....</i> | <i>12</i> |
| 1.3 QUALITÉ DE L'AIR DANS LES SERVICES DE GRANDS BRÛLÉS..... | 13 |
| 1.3.1 <i>Présentation du grand brûlé et de son traitement médical</i> | <i>13</i> |
| 1.3.2 <i>Spécificités du grand brûlé face aux infections nosocomiales aéroportées</i> | <i>16</i> |
| 2 - OBJECTIFS | 18 |
| 3 - MÉTHODOLOGIE..... | 19 |
| 3.1 ENTRETIENS..... | 19 |
| 3.1.1 <i>Identification des acteurs</i> | <i>19</i> |
| 3.1.2 <i>Préparation des entretiens.....</i> | <i>19</i> |
| 3.1.3 <i>Exploitation des entretiens.....</i> | <i>20</i> |
| 3.2 VISITE DE SERVICES CLINIQUES..... | 20 |
| 3.2.1 <i>Choix des services</i> | <i>20</i> |
| 3.2.2 <i>Préparation des visites</i> | <i>20</i> |
| 3.2.3 <i>Exploitation des visites.....</i> | <i>20</i> |

| | |
|--|-----------|
| 4 - RÉSULTATS..... | 21 |
| 4.1 OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES..... | 21 |
| 4.1.1 <i>Traitement de l'air</i> | 21 |
| 4.1.2 <i>Lutte contre les infections nosocomiales</i> | 26 |
| 4.1.3 <i>Centre de Traitement des grands brûlés</i> | 28 |
| 4.2 EXPÉRIENCES D'HÔPITAUX..... | 29 |
| 4.2.1 <i>Préambule</i> | 29 |
| 4.2.2 <i>Synthèse des expériences d'hôpitaux</i> | 29 |
| 4.2.3 <i>Conclusions</i> | 39 |
| | |
| 5 - DISCUSSION..... | 40 |
| 5.1 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES IMPACTS DES SYSTÈMES DE TRAITEMENT D'AIR SUR LA PROTECTION DES PATIENTS..... | 40 |
| 5.1.1 <i>Position du problème</i> | 40 |
| 5.1.2 <i>Etude épidémiologique</i> | 41 |
| 5.1.3 <i>Etude microbiologique</i> | 45 |
| 5.1.4 <i>Lien entre contamination de l'air et infection</i> | 47 |
| 5.1.5 <i>Synthèse</i> | 51 |
| 5.2 MESURES GÉNÉRALES DE GESTION..... | 51 |
| 5.2.1 <i>Outils d'évaluation</i> | 51 |
| 5.2.2 <i>Prescriptions techniques</i> | 52 |
| | |
| CONCLUSION..... | 56 |
| | |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 57 |
| GLOSSAIRE..... | 61 |
| LISTE DES ANNEXES..... | 66 |
| ANNEXES..... | 67 |

Liste des abréviations et des sigles utilisés

| | |
|--------|---|
| AFNOR | Association Française de Normalisation |
| AP-HP | Assistance Publique - Hôpitaux de Paris |
| ASPEC | Association pour la Prévention et l'Etude de la Contamination |
| CCLIN | Comité de Coordination de la Lutte contre les Infections Nosocomiales |
| CLIN | Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales |
| CSHPPF | Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France |
| CSP | Code de la Santé Publique |
| CTA | Centrale de Traitement d'Air |
| DDASS | Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales |
| DGS | Direction Générale de la Santé |
| DHOS | Direction de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins |
| DMS | Durée Moyenne de Séjour |
| DO | Déclaration Obligatoire |
| DRASS | Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales |
| EN | Norme Européenne |
| IN | Infection Nosocomiale |
| InVS | Institut de Veille Sanitaire |
| ISO | Organisation Internationale de Normalisation |
| NF | Norme Française |
| RR | Risque Relatif |
| RSD | Règlement Sanitaire Départemental |
| SARM | Staphylococcus Aureus Résistant à la Méricilline |
| SIDA | Syndrome d'Immuno Déficience Acquise |
| UFC | Unité Formant Colonie |

Liste des tableaux

| | | |
|-----------|---|------|
| Tableau 1 | Comparaison des systèmes de traitement d'air | P 11 |
| Tableau 2 | Evolution du risque infectieux dans le temps | P 16 |
| Tableau 3 | Débits minimaux d'air neuf | P 23 |
| Tableau 4 | Comparaison des caractéristiques techniques du traitement de l'air dans les centres de brûlés visités | P 33 |
| Tableau 5 | Comparaison des centres de brûlés visités | P 37 |

Liste des figures

| | | |
|----------|--|------|
| Figure 1 | Exemple d'une chaîne de filtration | P 9 |
| Figure 2 | Hiérarchie des pressions dans le service de Cochin | P 30 |
| Figure 3 | Schéma conceptuel d'une chambre de Cochin | P 31 |

INTRODUCTION

En France, environ 12 millions de personnes sont hospitalisées chaque année. Parmi ces personnes, il y aurait entre 600 000 et plus d'un million de cas d'infections nosocomiales (IN) : ces cas d'IN seraient à l'origine d'environ 10 000 décès.

Pour l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP), cela représenterait entre 60 000 et presque 100 000 cas d'IN à l'origine de plus de 800 décès par an.

Les implications humaines seules font des infections nosocomiales un enjeu majeur de santé publique.

L'enjeu est d'autant plus important que les infections nosocomiales ont un coût direct (allongement de la durée des soins médicaux, multiplication des actes médicaux...), et un coût indirect (indemnités éventuelles pour les victimes, coût de la maintenance corrective...). Les infections nosocomiales ont en outre un coût en termes d'image de l'hôpital. Dans le contexte sanitaire concurrentiel actuel, l'image de marque de l'établissement influence directement sa capacité d'attraction, et la sécurité représente un élément stratégique fondamental.

Les enjeux touchent maintenant la responsabilité pénale. Depuis la loi 2002-303 du 4 mars 2002, «Les établissements, services et organismes susmentionnés sont responsables des dommages résultant d'infections nosocomiales, sauf s'ils rapportent la preuve d'une cause étrangère».

La sensibilité du public et sa perception du risque ont également changé. Le public, en attente d'un monde sécuritaire, se révèle intolérant face au risque subi et plus encore au risque subi à l'hôpital, lieu de soins. Mais si les patients admettent encore un aléa thérapeutique, en revanche leur tolérance vis-à-vis du risque technique ou environnemental est très faible. En effet, les patients ressentent cette situation comme un danger absolument subi auquel ils ne se sont pas exposés volontairement et qui semble résulter *a priori* d'un défaut de vigilance de l'administration hospitalière à laquelle ils ont confié leur sort. De plus, contrairement à de nombreux risques environnementaux subis, qui ne produisent leurs effets adverses que de manière différée, tels que l'exposition professionnelle à l'amiante, un dysfonctionnement du système de ventilation a une potentialité nocive immédiate.

La médiatisation des crises que subit le monde hospitalier, (crise de légionellose à l'hôpital européen Georges Pompidou ou au cours des derniers mois dans les hôpitaux de Sarlat, de Meaux et de Grenoble en France), est de plus en plus forte et engendre une pression qui rend encore plus délicate la gestion des risques.

Dans ce contexte, l'hôpital doit donc se justifier devant les infections dues à l'environnement en général, devant les infections nosocomiales aéroportées en particulier.

Dans un cadre global de prévention des risques, de réduction de la part évitable des IN aéroportées, le mémoire a comme objectif général de proposer des mesures de gestion du risque associé à l'air en milieu hospitalier, en particulier dans les services de grands brûlés.

En l'absence d'évaluation scientifique de l'impact des systèmes de traitement d'air, et pour asseoir les mesures de gestion, la faisabilité de diverses méthodes permettant d'évaluer l'impact des systèmes de traitement d'air sur la protection des patients est discutée.

Pour cela, après avoir résumé la problématique médicale des grands brûlés et exposé leurs spécificités face aux IN aéroportées, le mémoire synthétise d'abord les obligations réglementaires des hôpitaux en ce qui concerne la qualité de l'air. Le mémoire rend ensuite compte d'expériences de services hospitaliers, avant de finalement discuter les données disponibles ou pouvant éventuellement être recueillies en termes d'évaluation et de gestion du risque.

1 - PROBLEMATIQUE

1.1 INFECTION NOSOCOMIALE ET AIR

1.1.1 Le risque d'infection nosocomiale

1.1.1.1 Définition

Le terme d'infection désigne la pénétration dans un organisme d'un agent étranger (bactérie, virus, champignon, parasite) capable de s'y multiplier et d'y induire des lésions pathologiques. L'infection peut s'accompagner de manifestations cliniques.

L'adjectif nosocomial vient du grec "nosokomeone", qui signifie "hôpital" : nosocomial qualifie ce qui se rapporte aux hôpitaux, ce qui se contracte à l'hôpital.

D'après le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, une infection est dite nosocomiale si elle était absente à l'admission à l'hôpital. Ce critère est applicable à toutes les infections. Lorsque la situation précise à l'admission n'est pas connue, un délai d'au moins 48 heures après l'admission (ou un délai supérieur à la période d'incubation lorsque celle-ci est connue) est communément accepté pour séparer une infection d'acquisition communautaire d'une infection nosocomiale. Toutefois, il est recommandé d'apprécier dans chaque cas douteux la plausibilité du lien causal entre hospitalisation et infection. Pour les infections de plaie opératoire, on accepte comme nosocomiales les infections survenues dans les 30 jours suivant l'intervention, ou - s'il y a mise en place d'une prothèse ou d'un implant - dans l'année qui suit l'intervention. **[1]**

1.1.1.2 Le risque d'infection nosocomiale

Les infections nosocomiales sont reconnues comme des problèmes majeurs de santé publique de par leur fréquence, leur coût, leur gravité.

Le risque de contracter une infection à l'hôpital est en moyenne de 7%, c'est à dire que sur 100 personnes hospitalisées, sept d'entre elles auront une infection nosocomiale. Ce chiffre varie en fonction du service dans lequel la personne hospitalisée se trouve. Il peut en effet atteindre 30% dans un service comme la réanimation. **[2,3]**

Les infections nosocomiales sont de deux types :

- Les infections endogènes

Le malade se contamine par ses propres germes. Interviennent alors la situation médicale du patient c'est à dire son âge et sa pathologie, ses traitements, la qualité des soins, la présence de germes pathogènes pour certains patients fragilisés. Les infections endogènes représentent 50 % au moins des infections nosocomiales.

- Les infections exogènes

Ce sont soit des infections croisées transmises d'un malade à l'autre, soit des infections provoquées par les germes du personnel porteur, soit des infections liées à la contamination de l'environnement hospitalier.

Parmi les milieux potentiellement contaminés entrant en contact avec le malade, le rôle de l'air doit être souligné.

1.1.2 Le risque d'infection nosocomiale aéroportée

1.1.2.1 Biocontamination de l'air en milieu hospitalier

La contamination microbienne de l'air dépend de trois conditions essentielles, rappelées par le Docteur Squinazi (Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, cf. **annexe 1**), qui conduisent à une contamination soit permanente, soit le plus souvent transitoire de l'air ambiant.

1.1.2.1.1 Les trois conditions de l'aérobiocontamination

Les sources de contamination

Les réservoirs microbiens sont classiquement distingués en réservoirs vivants, c'est à dire les personnes présentes dans le local, et en réservoirs inertes : on y retrouve les micro-organismes saprophytes, bactéries et champignons microscopiques, qui sont très résistants dans le milieu extérieur, et certains germes pathogènes ou commensaux d'origine humaine qui survivent bien en dehors de leur organisme-hôte.

L'amplification microbienne

La multiplication des micro-organismes, présents dans les réservoirs, se produit lorsqu'il existe une infection chez un individu ou lorsque sont réunies, dans un réservoir environnemental, toutes les conditions nutritives, physico-chimiques et (micro)biologiques nécessaires à la croissance de ces micro-organismes. Elle aboutit à une concentration élevée de micro-organismes.

La dissémination aérienne

La perturbation des réservoirs microbiens permet de libérer les micro-organismes de leurs sources et d'être à l'origine d'une dissémination aérienne. Les vecteurs de l'aérobiocontamination sont multiples.

Ils peuvent être d'origine humaine :

- Les gouttelettes rhino-pharyngées, dites gouttelettes de Pflügge, émises lors de la parole, de la toux ou de l'éternuement. Elles sédimentent plus ou moins vite selon leur diamètre, généralement compris entre 5 et 100 μm . Au fur et à mesure de leur sédimentation, les gouttelettes perdent leur eau et diminuent en diamètre jusqu'à 0,5 μm , formant un noyau de condensation appelé *droplet nuclei*. Leur vitesse de sédimentation est alors pratiquement nulle. Ces noyaux de condensation, en nombre très important, sont d'autant plus dangereux qu'ils contiennent un concentré de germes, qu'ils restent très longtemps en suspension dans l'air (on les surnomme pour cette raison

les «longs courriers» de la contamination) et qu'ils pénètrent profondément dans les voies respiratoires.

- Les squames cutanées (diamètre compris entre 5 et 30 μm) provenant de la desquamation permanente de la peau, les phanères (diamètre compris entre 20 et 30 μm) comprenant des particules de poils, d'ongles et autres dérivés protecteurs de l'épiderme.

La présence d'un réservoir humain conduit à une contamination inéluctable de l'environnement.

Les vecteurs peuvent également être environnementaux :

- Les particules textiles se couvrent de micro-organismes en raison de leur charge électrostatique. D'un diamètre supérieur à 10 μm , elles vont sédimenter sur le sol avec remise en suspension éventuelle par les mouvements du personnel ou les flux d'air.
- Les poussières extérieures d'origine minérale ou végétale sont autant de vecteurs potentiels de biocontamination aérienne.
- Les particules viables liquides, présentes dans un bioaérosol, sont émises lors de la perturbation de tout milieu hydrique contaminé. Les gouttelettes d'un diamètre inférieur à 5 μm pénètrent dans les voies respiratoires.

[4,5]

La dimension de la particule vectrice conditionne le temps durant lequel elle reste en suspension dans l'air et la distance qu'elle peut parcourir. Plus la particule est fine, plus longtemps elle persistera dans l'air et plus loin elle ira.

1.1.2.1.2 Les principaux germes aéroportés

D'après une brève revue de la littérature [4-7] et des avis d'experts, on peut répertorier comme germes aéroportés :

- **Bactéries**

- Bactéries hydro-telluriques : Legionella pneumophila,
- Bactéries de l'environnement hydrique : ce sont des mycobactéries atypiques (différents des agents de la tuberculose). On recense principalement des mycobactéries à l'origine d'infections pulmonaires : Mycobacterium avium, M. kansaii et M. xenopi ; et des mycobactéries à l'origine d'infections cutanées : Mycobacterium fortortium, M. chelonei et M. marinum ;
- Bactéries d'origine humaine : Staphylococcus aureus, les streptocoques et Pseudomonas aeruginosa (le bacille pyocyanique).

- **Champignons**

Ce sont des champignons telluriques : Aspergillus, Mucorales, Fusarium, Candida albicans, Scedosporium apiospermum, Paecilomyces...

Dans cette liste, on ne trouve pas de virus car les virus résistent peu dans l'environnement, ils se transmettent essentiellement directement d'individu à individu. D'autre part, vu la taille des virus (de 0,01 μm à 0,4 μm), les systèmes de traitement d'air disponibles actuellement sont impuissants

(Rappelons pour mémoire que les bactéries ont une taille comprise entre 0,3 et 30 µm en moyenne, et que les dimensions des champignons vont de 1 à 1000 µm).

A distance de la source de contamination, le pouvoir pathogène de l'aérosol microbien dépend à la fois de la taille des particules émises, du nombre de micro-organismes émis et de leur survie dans le bioaérosol.

1.1.2.2 Facteurs de risque

Il existe des facteurs de risque **individuels [7]**

Ce sont d'abord des facteurs liés à l'état du patient. Ils comprennent l'âge, les maladies sous-jacentes, les agressions cutané-muqueuses, qui diminuent les mécanismes de défense ou l'immunodépression, qui altère les défenses immunitaires.

Ce sont ensuite des facteurs **liés aux soins** :

- Les manoeuvres invasives, à visée diagnostique ou thérapeutique. La rupture de la barrière physiologique cutanée et/ou muqueuse par un cathétérisme, veineux ou artériel, ou une trachéotomie, l'introduction d'endoscopes ou de sondes dans des organes habituellement non contaminés (sonde urinaire, ventilation pulmonaire assistée,...) favorisent la pénétration de microorganismes.
- Les interventions chirurgicales. L'attention doit être attirée sur les interventions impliquant un organe se défendant mal contre l'infection (coeur, système nerveux, os, oeil,...).
- L'utilisation de thérapeutiques altérant les défenses de l'organisme. Certains médicaments, administrés sur de longues périodes, diminuent les capacités anti-infectieuses du patient traité. Les corticoïdes, les anti-inflammatoires, la chimiothérapie altèrent la réaction inflammatoire et l'afflux de phagocytes. Une antibiothérapie au long cours avec des produits à large spectre modifie ou supprime la flore microbienne normale, "de barrière" et favorise les surinfections.

L'évaluation du risque de contracter une infection nosocomiale due à l'air pour un patient sensible devra finalement prendre en compte la pathogénicité intrinsèque de l'agent biologique, sa capacité de dissémination dans l'environnement et les facteurs de risque du patient.

Le risque d'infection due à l'air existe mais peut et doit être prévenu. Le traitement d'air constitue le moyen de prévention le plus évident.

1.2 PREVENTION DES INFECTIONS NOSOCOMIALES DUES A L'AIR : LE TRAITEMENT DE L'AIR

1.2.1 Objectifs et composition d'un système de traitement d'air

1.2.1.1 Objectifs

Le traitement d'air général des établissements de santé avant tout destiné à assurer le confort des occupants a aussi une fonction hygiénique. Dans les locaux sensibles, il contribue à la protection contre le risque infectieux en jouant un rôle majeur dans l'obtention d'une qualité d'air définie et contrôlable.

1.2.1.1.1 Objectif de confort

Le traitement de l'air a pour premier objectif général d'assurer le confort des occupants des locaux : patients et personnels des équipes de soins.

Un environnement confortable peut être obtenu et contrôlé par des paramètres tels que :

- L'humidité ;
- La température ;
- L'aéroulque : on cherche à éviter les courants d'air ou turbulences ;
- L'acoustique : on cherche à minimiser le niveau sonore.

1.2.1.1.2 Objectif de sécurité sanitaire

C'est l'objectif qui retient notre attention.

Dans le cas le plus fréquent, le traitement de l'air vise la protection du patient fragile contre l'aérobiocontamination. On envisage deux directions d'approche :

- **Prévenir la contamination extérieure :**
 - Par une filtration efficace permettant de souffler un air dépourvu de spores ;
 - Par une surpression empêchant la pénétration des spores dans la chambre ;
- **Éliminer la contamination produite sur place :**
 - Par un renouvellement et la maîtrise des flux d'air afin d'épurer (diluer et évacuer) rapidement l'air du local.

D'autres objectifs de sécurité existent, le traitement de l'air peut avoir pour ambition de protéger l'environnement (c'est-à-dire les autres patients, voire le personnel) du local si celui-ci est occupé par un patient infecté. C'est notamment le cas des chambres de thérapie génique ou des services accueillant des patients tuberculeux. On parle alors d'isolement septique.

En outre, les paramètres dits de confort font parfois partie intégrante du traitement médical. La température peut ainsi jouer un rôle vital.

La problématique dans le cas des brûlés sera abordée dans la suite du mémoire.

1.2.1.2 Les composants d'un système de traitement d'air

Afin de répondre aux objectifs, les principales composantes d'un système de traitement de l'air sont les suivantes :

1.2.1.2.1 Filtration

Les filtres sont les éléments clefs du traitement de l'air.

La caractéristique principale d'un filtre est son efficacité **E** (ou rendement). Elle est égale au rapport de la quantité de poussières retenues par le filtre par la quantité de poussières incidentes.

Ce rapport prend pour un même filtre des valeurs différentes selon que les concentrations particulières soient exprimées :

- En masse : on parle d'efficacité gravimétrique ;
- En surface projetée : on parle d'efficacité opacimétrique ;
- En nombre : c'est la méthode utilisée pour les filtres absolus.

Il est très important de préciser par laquelle de ces trois méthodes d'essai l'efficacité du filtre considéré a été mesurée. Les trois méthodes d'essai sont brièvement présentées en **annexe 2**.

L'**annexe 3** précise la classification des filtres selon leur efficacité.

Afin d'insuffler un air stérile, dépourvu de spores (selon la propreté voulue), plusieurs étages de filtration sont nécessaires [8].

- **Le 1^{er} étage de filtration** à l'entrée de la centrale de traitement d'air assure une première barrière à la contamination extérieure et maintient les performances de l'installation.

D'après le diagramme de Whitby (cf. **annexe 4**), on connaît les lois de répartition de l'aérosol atmosphérique. On sait notamment que 99,9% des particules en suspension dans l'air ont un diamètre inférieur à 1µm et que le pouvoir colmatant des poussières de l'air atmosphérique est porté à 80% par ces mêmes particules de 1µm et moins. C'est sur ces particules qu'il faut agir. En outre, on sait que les spores de moisissures les plus petites ont une dimension de l'ordre de 1 µm. En agissant sur les particules de ce diamètre, on limite l'apport de micro organismes de l'extérieur.

Pour arrêter ces contaminants, on recommande donc un filtre agissant sur ces particules de taille inférieure à 1µm : un filtre classé F7 (85% opacimétrique) selon la norme NF EN 779 (cf. **annexe 3**) convient parfaitement.

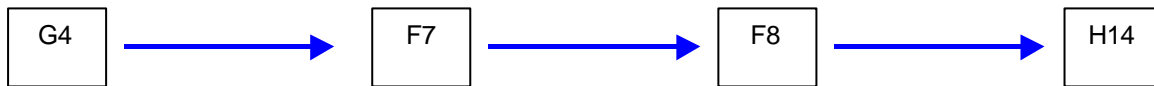
Ce 1^{er} rang de filtration peut éventuellement être protégé par un préfiltre d'efficacité gravimétrique (G4 par exemple) uniquement si l'environnement de la prise d'air est chargé en très grosses particules (si la prise d'air est au ras du sol ou à proximité d'arbres à pollens par exemple).

- **Le 2^{ème} étage de filtration** à la sortie de la centrale de traitement d'air a pour objectifs de protéger le réseau de distribution d'air, de garantir la salubrité de l'air et de protéger les filtres finisseurs.

On recommande habituellement un filtre d'efficacité égale à 95% au rendement opacimétrique (F8).

- **Le dernier rang de filtration** est constitué par des filtres absolus proches de la zone à protéger : ils assurent le soufflage d'un air ultra-propre pour garantir la classe particulière requise. Classiquement, on utilise des filtres H14 (selon la norme NF EN 1822, voir **annexe 3**) pour les locaux sensibles.

Le schéma type peut donc être représenté par la figure 1 :



(en option)

Figure 1 – Exemple d'une chaîne de filtration

S'il existe un dispositif de reprise d'air, celui-ci doit être équipé du même type de filtre utilisé pour l'air neuf (filtre F7). En effet, l'air repris provient de locaux pollués. L'air recyclé est ensuite injecté dans le circuit.

1.2.1.2.2 *Surpression*

On crée une surpression dans un local dans le but de le protéger de la contamination des autres locaux, puisque le sens de la fuite d'air est alors orienté vers l'extérieur du local.

Dans le cas inverse d'un local en dépression, c'est l'environnement de celui-ci qu'on cherche à protéger.

Lorsque plusieurs locaux de fonction différente doivent être protégés ou isolés, on établit entre eux une hiérarchie de pression (la différence de pression doit être au moins de 15 Pa).

La surpression d'un local est assurée par un apport d'air soufflé supérieur à la reprise d'air extrait. La maîtrise de la surpression signifie donc maîtrise simultanée du débit d'air soufflé, du débit d'air extrait et du débit de fuite.

1.2.1.2.3 *Renouvellement*

Le renouvellement d'air dans les locaux a pour but d'évacuer la contamination produite sur place.

Il peut s'effectuer soit tout en air neuf, soit en air neuf et air recyclé. En effet, pour des raisons d'économie et d'exploitation (selon la température extérieure, il faut chauffer ou refroidir de gros volumes), une partie de l'air repris d'un local peut y être réinjecté après filtration.

Le renouvellement est assuré par les débits mis en place. On le caractérise par le taux de renouvellement. C'est le rapport entre le débit d'air mis en circulation dans un local (en m³/h) et le volume de ce local (en m³). Le taux de renouvellement s'exprime en volumes par heure.

1.2.1.2.4 *Paramètres dits de confort*

La température et l'humidité sont contrôlées par des composants tels que : humidificateurs (à vapeur ou à ruissellement), récupérateurs de chaleur, échangeurs thermiques (batteries froides et chaudes).

1.2.2 Les différents types de systèmes de traitement d'air

Pour les trois grandes familles de systèmes de traitement d'air, classées selon un degré de protection et de coût croissant, nous définirons brièvement le principe [8]. Les caractéristiques techniques sont ensuite comparées dans un tableau de synthèse.

1.2.2.1 Le système à flux turbulent

L'air est soufflé dans le local par des diffuseurs plafonniers avec jet d'air à induction ou par des diffuseurs muraux à soufflage direct. L'air propre est mélangé à de l'air ambiant et permet d'obtenir une bonne homogénéité des concentrations particulières (on évite ainsi les zones mortes et le risque associé de relargage). L'effet recherché est principalement la dilution de la contamination générée par l'activité.

Il fonctionne en général en tout air neuf traité en centrale par double filtration. Une filtration terminale (filtres absolus) peut être envisagée en amont de l'ensemble des diffuseurs.

1.2.2.2 Le plafond diffusant (ou soufflant) à déplacement d'air à basse vitesse

L'écoulement d'air propre est dirigé par un flux d'air stable et uniforme, en un faible mouvement transversal turbulent. Le régime du flux d'air est non unidirectionnel (ou turbulent). Il y a mélange entre l'air propre et l'air déjà présent sous le plafond.

L'air (neuf et recyclé), ayant subi une double filtration, est diffusé dans le local (ou sur la zone critique) par un plafond (soit en tôle inox perforé, soit en tissu polyester tendu). Les filtres absolus sont disposés en amont du plénum constitutif du plafond.

1.2.2.3 Le système à flux laminaire (ou unidirectionnel)

Dans ce flux unidirectionnel, l'écoulement de l'air, souvent guidé par une jupe plastique, est homogène et sans turbulence. Les avantages majeurs qui en découlent peuvent être résumés en quatre points :

- Il n'y a pas de mélange. L'air sortant du plafond atteint l'endroit visé sans risque de contamination par l'ambiance ;
- Effet Barrière : le flux réalise une isolation dynamique du patient par un balayage permanent d'air propre sans turbulence ;
- Effet Piston : l'air est auto-canalivé. Un véritable « piston d'air » permanent évacue instantanément et sans risque de retour en arrière toute contamination générée dans le flux. De ce fait, le temps de décontamination sous le flux est quasi immédiat ;
- Effet Rinçage : cette technique permet d'obtenir un taux de renouvellement élevé.

[8-15]

1.2.2.4 Comparaison des caractéristiques techniques

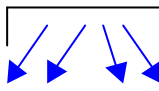
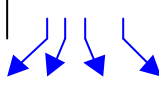
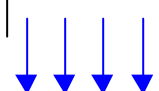
| | Direction du flux | Débit (m ³ /h) | Vitesse de l'air (m/s) | Taux de Renouvellement (volumes/heure) | Classe Particulaire visée |
|--------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|
| Turbulent | Non unidirectionnel  | ≈ 2 500 | >1,5 | 15-20 | ISO8 |
| Plafond Diffusant | Non unidirectionnel  | 1 200-7 000 | <0,25 | 25-80 | ISO7 |
| Laminaire | Unidirectionnel  | 13000-30000 | 0,38-0,5 ≈0,45 en général | 200-600 | ISO5 |

Tableau 1 – Comparaison des systèmes de traitement d'air

La classe particulaire est établie selon la norme NF EN ISO 14644-1 : l'**annexe 5** donne le tableau récapitulatif.

1.2.3 Choix d'un système de traitement d'air

Pour une maîtrise du risque dans les établissements de santé, la norme ISO 14698 et le projet de norme NF S 90351 (cf. **annexe 6**) invitent les établissements à suivre une démarche rationnelle, logique guidée par l'évaluation des risques pour le patient et la communauté hospitalière.

Il en résulte un découpage de l'espace selon 4 niveaux de risques suivant la vulnérabilité du patient devant le risque infectieux :

- Zone 4 : zone à très hauts risques infectieux (Prématurés, Cancérologie, Onco-hématologie, Greffés, **Brûlés**, Blocs opératoires aseptiques...) ;
- Zone 3 : zone à hauts risques infectieux (Réanimation, Soins intensifs, Chirurgie...) ;
- Zone 2 : zone à risques modérés (Médecine interne, Maternité, Pédiatrie, Psychiatrie...) ;
- Zone 1 : zone à risque faible ou négligeable.

En correspondance avec chacune des zones à risques, on peut définir un niveau de propreté microbiologique. Selon la taille des microorganismes visés, on peut viser une classe particulaire. On note qu'il n'existe pas de relation linéaire entre les niveaux d'empoussièrement de l'air et les niveaux d'aérobiocontamination. Cependant, on comprend que si l'air est exempt de particules de taille 2µm, alors on ne trouve pas de spores d'*Aspergillus* dont le diamètre moyen est de 2 µm.

1.2.4 Efficacité attendue en milieu hospitalier

Des études, menées notamment par les fabricants de systèmes de traitement, ont prouvé l'efficacité des filtres absolus et du flux laminaire au niveau particulaire (ce qui a permis de classer notamment les filtres). A l'heure actuelle, on ne dispose pas de méthode rigoureuse de test permettant de classer les filtres selon une efficacité microbiologique.

L'efficacité au niveau microbiologique est «vérifiée» tous les jours dans le secteur industriel pharmaceutique. En effet, la préparation de certains médicaments exige une atmosphère exempte de microorganismes : des contrôles fréquents sont donc effectués sur la qualité microbiologique de l'air. Ces contrôles mettent en évidence l'efficacité du flux laminaire (associé à des filtres absolus H14).

Mais il existe peu d'études cohérentes en milieu hospitalier.

Lidwell, en 1982, a mené une étude portant sur l'aérobiocontamination dans les blocs opératoires d'orthopédie. Il a mis en évidence une relation entre taux d'infection postopératoire et niveau de germes mesuré pendant l'opération. Il a également montré l'effet du taux de renouvellement : plus il augmente, plus le nombre de bactéries viables décroît. La source essentielle de microorganismes pathogènes était constituée par les personnes dans la pièce. **[16]**

Heinemann et Moens, en 1985, ont étudié l'influence du système de traitement d'air sur l'aérobiocontamination (bactéries, spores fongiques et levures) en salle d'opération. L'étude montre d'abord l'efficacité indéniable du traitement d'air (par rapport à la ventilation naturelle). Le système le plus performant est, d'après cette étude le flux laminaire. En revanche, l'étude n'a pas permis de conclure quant à l'efficacité des plafonds diffusants par rapport aux flux turbulents. **[17]**

Il n'y a pas, à ce jour, de démonstration formelle de l'efficacité de tel système de traitement d'air en milieu hospitalier.

Les recommandations et les normes se basent, pour la plupart, sur l'expérience des professionnels hospitaliers.

Dans la perspective de systèmes toujours plus performants et dans un objectif de qualité, la maintenance, toujours essentielle quant au maintien des performances des installations dans le temps, devient primordiale.

En outre, un système de traitement de l'air efficace impose des mesures spécifiques d'organisation spatiale et fonctionnelle des locaux et de qualité des matériaux de revêtement. Son exploitation impose également des contraintes pour le personnel soignant (habillement, comportement).

Le mémoire doit amener une réflexion portant sur une méthode permettant d'évaluer les impacts des systèmes sur la protection des patients.

Dans cette évaluation, le patient est un élément important. La réflexion sera menée au sein des services de grands brûlés. Le chapitre suivant met en lumière les spécificités qui font d'un service de grands brûlés un cadre intéressant pour cette étude.

1.3 QUALITE DE L'AIR DANS LES SERVICES DE GRANDS BRULES

1.3.1 Présentation du grand brûlé et de son traitement médical

En guise de préambule, donnons quelques statistiques disponibles pour cette pathologie accidentelle en France. Chaque année, on compte environ 500 000 brûlures dont 10 000 nécessitent une hospitalisation. 3 500 brûlés sont hospitalisés en centre de traitement spécialisé. En moyenne, 1 000 personnes décèdent suite à leur(s) brûlure(s) chaque année. [18]

1.3.1.1 Qu'est-ce qu'une brûlure ?

Une brûlure est une destruction cellulaire de la peau et éventuellement des structures sous-jacentes. Cette destruction engendre une lésion locale et surtout, la peau étant un organe de relation, d'échange et de protection, des troubles généraux qui mettent en jeu le pronostic vital. [19]

1.3.1.2 Qu'est-ce qu'un grand brûlé ?

1.3.1.2.1 Classification des brûlures

La gravité des brûlures dépend de différents facteurs qui sont :

- **La surface brûlée**

Elle est évaluée en pourcentage de la surface corporelle totale.

- **La profondeur de la brûlure**

On distingue 4 profondeurs :

- Le premier degré : atteinte des couches superficielles de l'épiderme. Il se caractérise par un simple érythème douloureux.
- Le deuxième degré superficiel : lésion de la quasi-totalité de l'épiderme. Il se reconnaît par la présence de phlyctènes au milieu de zones érythémateuses. Les douleurs sont importantes.
- Le deuxième degré profond : destruction complète de l'épiderme et du derme superficiel. Les phlyctènes ont un sous-sol pâle et mal vascularisé. Les brûlures sont peu sensibles.
- Le troisième degré : destruction totale de la peau incluant la totalité de l'épiderme et du derme. Il se présente comme une nécrose cutanée, sans phlyctène, de couleur plus ou moins foncée avec perte souvent totale de la sensibilité.

- **La localisation de la brûlure**

Une brûlure présente un caractère de gravité particulier lorsqu'elle touche :

- Le visage ;
- Les extrémités ;
- Les jambes et la partie inférieure du corps ;
- Les organes génitaux externes ;
- Les zones périarticulaires.

- **La présence de lésions pulmonaires d'inhalation de fumées**

Elles sont en rapport avec l'inhalation de gaz corrosifs et/ou toxiques contenus dans la fumée suite à un incendie.

- **L'âge**

Les âges extrêmes de la vie sont classiquement défavorables, en particulier pour les patients âgés pour lesquels les capacités de cicatrisation et de lutte contre l'infection sont réduites.

- **L'existence d'états pathologiques**

Ethylisme, diabète, insuffisance cardiaque ou rénale, déficit immunitaire représentent des terrains qui aggravent lourdement le pronostic de la brûlure.

[19-22]

On estime que, dès que 10 à 15% de surface corporelle sont atteints, le risque vital est engagé. On parle de brûlure grave lorsque celle-ci atteint entre 15 et 50% (pour un adulte) et qu'elle est profonde par endroits, et de brûlure très grave lorsqu'elle est profonde et occupe plus de 50% de la surface du corps.

1.3.1.2.2 Les problématiques posées par la brûlure grave

Le grand brûlé, traité dans les services spécialisés auxquels nous nous sommes intéressés doit faire face à trois problèmes majeurs :

- **Fuite plasmatique :**

Un double effet hyperméabilité capillaire et aspiration interstitielle se traduit par une fuite massive de plasma vers les tissus interstitiels.

- **Dénutrition :**

En perdant toute ou partie de sa peau, l'individu connaît un ensemble de modifications thermiques, endocriniennes, nutritionnelles : le résultat est un emballement du métabolisme qui entraîne une dénutrition dont le corollaire est la diminution des défenses immunitaires et l'infection, qui à son tour aggrave la dénutrition.

- **Infection :**

Les complications infectieuses sont causées principalement par la rupture de la barrière cutanée et par une dépression immunitaire marquée et aggravée par la dénutrition.

Rompre ce cercle vicieux est donc l'impératif thérapeutique du traitement des brûlés.

1.3.1.3 Traitement médical et évolution du grand brûlé

Le recours aux centres de brûlés apparaît le seul garant de la pluridisciplinarité et de l'homogénéité d'équipes formées et expérimentées. Les traitements sont en effet multiples.

1.3.1.3.1 Réanimation

La réanimation doit faire face à une première urgence : la déshydratation. Le grand brûlé peut perdre jusqu'à 1,5 litres de plasma (sur 3) en une heure. Il faut donc **perfuser** en urgence des solutés (sérum glucosé et sérum salé) et des macromolécules.

Il faut aussi **compenser les pertes caloriques**. En effet, en absence de peau (qui présente un rôle d'isolant thermique), les calories ont tendance à fuir en grande quantité vers l'extérieur (d'autant qu'avec la fuite plasmatique, le corps est humide en permanence). Il suffit de placer le patient dans une pièce à 30°C pour contrebalancer en partie cette perte.

En outre, le phénomène d'hypermétabolisme provoque une surconsommation de calories : 5000 au lieu des 2500 habituelles. La **prise en charge nutritionnelle** (par voie entérale si la voie orale est indisponible pour cause de brûlure étendue) est donc déterminante.

A ces divers aspects de réanimation, il faut ajouter la **prise en charge de la douleur**. L'approche est double : d'abord pharmacologique (indispensable car elle permet en outre de diminuer le stress et donc de ramener l'organisme à une consommation calorique «normale») et psychothérapeutique (hypnose, relaxation...) que l'on peut compléter par une approche environnementale qui viserait à faciliter la réadaptation sociale en associant dès le début du traitement hospitalier les familles et les proches.

1.3.1.3.2 Chirurgie

Le traitement chirurgical a pour but le recouvrement de la surface cutanée brûlée aussi rapidement que possible. Ceci ne peut être réalisé que grâce à des interventions fréquentes de **greffes** entrecoupées de **pansements**. Mais pour préparer le socle des futures greffes et diminuer la réaction inflammatoire et surtout l'infection, il faut d'abord exciser les tissus. L'excision est l'ablation chirurgicale de la peau brûlée ou escarre. L'excision ne peut se faire en une fois : on réalise des gestes progressifs. Toute excision est obligatoirement suivie d'un recouvrement. Selon l'importance de la surface corporelle, plusieurs techniques peuvent être envisagées :

- L'autogreffe ;
- L'allogreffe ;
- La greffe de substituts cutanés ;
- La greffe de cultures d'épidermes.

[20-22]

1.3.1.3.3 Evolution infectieuse du grand brûlé

Sur le plan infectieux, le brûlé évolue en deux phases :

- Une première phase où il est propre : quasi stérilisé par la brûlure (si elle est profonde).

Il est fragile face aux contaminations.

- Une deuxième où il a été colonisé soit par voie exogène, soit par voie endogène.

Le patient colonisé devient alors un danger pour ses voisins. La prescription d'antibiotiques au cours de l'évolution du brûlé induit la sélection de germes résistants : le patient quasi guéri est le porteur le plus dangereux.

Le tableau 2 résume cette évolution.

| Temps | Etat clinique | Danger pour le brûlé | Danger pour la collectivité |
|--|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 ^{er} jour à la 3 ^{ème} semaine | Stérile | ++++ | 0 |
| 3 ^{ème} semaine au 2 ^{ème} mois et après | Colonisé | ++ | ++ |
| 2 ^{ème} mois à la sortie | Colonisé à germes résistants | + | ++++ |

Tableau 2 – Evolution du risque infectieux dans le temps (extrait de Carsin, [23])

1.3.2 Spécificités du grand brûlé face aux infections nosocomiales aéroportées

1.3.2.1 Le risque d'infection nosocomiale aéroportée chez un grand brûlé

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la fréquence élevée de l'infection dans les services de grands brûlés. [23,24]

1.3.2.1.1 Dépression immunitaire

Tout d'abord, le patient présente une profonde dépression immunitaire. Elle touche aussi bien l'immunité humorale que l'immunité cellulaire. Elle est en relation avec les effets supprimeurs de certains médiateurs déversés massivement dans la circulation pour atténuer la réaction inflammatoire systémique (globale) qui submerge l'organisme des grands brûlés. Cet effet inhibiteur peut être considéré comme régulateur, destiné à contrer les conséquences délétères du passage des médiateurs de l'inflammation dans la circulation systémique. En quelque sorte, entre deux maux, représentés par le danger potentiel de l'infection et celui immédiat de la flambée inflammatoire, l'organisme choisit le moindre, c'est-à-dire le risque infectieux.

1.3.2.1.2 Importance des portes d'entrée et de l'aérobiocontamination

Une autre caractéristique spécifique des grands brûlés est l'importance des portes d'entrée.

En effet, le grand brûlé étant un malade de réanimation, il subit tous les dispositifs invasifs habituels qui rendent le malade vulnérable face aux risques d'infection : cathéter (veineux, artériel), sonde urinaire, sonde d'intubation ou trachéotomie...

De plus, le stress, les pertes liquides et la douleur rendent le tube digestif perméable. Une translocation bactérienne à ce niveau pourrait, même si la preuve formelle de son existence n'a pas été apportée chez l'homme être à l'origine de bactériémies, voir de septicémies.

C'est surtout la rupture de la barrière cutanée qui représente la porte d'entrée la plus importante vraisemblablement. Comme un malade de chirurgie, le grand brûlé présente en effet une rupture de la barrière cutanée : cela constitue une porte d'entrée aux germes supplémentaire. Mais, et ceci est fondamental, le défaut cutané est ici de très grande surface, persiste pendant plusieurs semaines et l'ouverture est profonde, non stérile (sauf si brûlure au 3^{ème} degré : on peut alors considérer le brûlé comme quasi-stérile). Certes, cette immense porte d'entrée est la plupart du temps couverte par un pansement plus ou moins isolant, mais les procédures chirurgicales sont longues (plusieurs heures),

répétitives (chaque jour) et, mettant à nu la lésion, exposent à la contamination les couches profondes de la peau ou le tissu sous cutané. De plus, le grand brûlé offre un terrain favorable au développement de l'infection : la lésion cutanée est un bon milieu de culture (humidité, débris organiques, zones non vascularisées). Ainsi, les risques les plus élevés de contamination sont au niveau cutané et ils sont de ce point de vue probablement sans comparaison avec ce qui est connu dans les autres pathologies.

Par ailleurs, les manœuvres pratiquées au moment de l'ablation des pansements souillés et du nettoyage des brûlures entraînent inévitablement l'émission dans l'air de particules septiques, solides et liquides (aérosols). Ces particules peuvent être véhiculées vers un autre patient soit directement par l'air, soit par l'intermédiaire du personnel soignant après qu'elles se soient déposées sur les vêtements, sur la peau ou les cheveux et conduire à une épidémie (cf. **annexe 13**).

Ces différents éléments permettent de penser que l'aérobiocontamination tient une place particulièrement importante chez les brûlés et justifient la mise en place d'un traitement de l'air adapté.

1.3.2.2 Importance du traitement de l'air chez un grand brûlé

Le traitement de l'air, associé à une organisation pensée des locaux, doit permettre de lutter contre le risque infectieux. Cependant, il faut rappeler que l'évolution du grand brûlé se déroule en deux phases successives : une phase aseptique, pendant laquelle le patient doit être protégé des contaminations extérieures, et une phase septique où il représente en plus un danger pour l'environnement et pour les autres malades. Cette évolution dans les risques, voir tableau 2, doit être évaluée et considérée tout au long du séjour : une installation statique aura du mal à s'y adapter. Le rôle du système de traitement d'air est double : protéger le patient des contaminations extérieures et protéger la collectivité (autres patients en particulier) des contaminations du patient.

Plusieurs écoles opposent donc leurs vues sur l'isolement à mettre en place dans ces services. Ces avis sont reflétés par les expériences décrites au cours de ce mémoire.

En outre, pour un brûlé, la température et l'hygrométrie ne sont pas seulement des paramètres de confort : ils font partie du traitement médical. Le réglage de la température en particulier doit donc être performant, réactif et surtout individuel.

Pour toutes ces spécificités, il était intéressant de mener la réflexion sur les impacts des systèmes de traitement d'air au sein des services de grands brûlés.

En outre, ces services font l'actualité. L'actualité interne de l'AP-HP d'abord : un nouveau centre de brûlés sera construit d'ici 2005 au sein de l'hôpital Saint-Louis. Ce service rassemblera les lits du service de l'hôpital Saint-Antoine ainsi que ceux du service de l'hôpital Foch. Et l'actualité nationale ensuite puisqu'un décret sur l'organisation des centres de traitement des brûlés est en cours de préparation (ce projet est brièvement présenté dans la partie Obligations réglementaires).

2 - OBJECTIFS

Le mémoire traite de la protection sanitaire des patients en lien avec la qualité de l'air dans les services sensibles tels que les services de grands brûlés.

L'objectif principal du mémoire est de proposer des mesures générales de gestion de la qualité de l'air dans les services de grands brûlés des hôpitaux de l'AP-HP.

Pour atteindre cet objectif, plusieurs objectifs spécifiques ont été formulés :

1. Synthétiser les obligations réglementaires en matière de qualité d'air pour les hôpitaux

Le 1^{er} objectif est donc de faire le point sur les obligations réglementaires actuelles des hôpitaux en matière de qualité d'air et en vue de la protection sanitaire des patients.

Il s'agit ensuite d'évaluer et de discuter le respect pour les services de grands brûlés des hôpitaux de l'AP-HP de la réglementation existante.

2. Discuter la faisabilité de différentes méthodes permettant d'évaluer l'impact des systèmes de traitement d'air sur la protection des patients

Dans un premier temps, il s'agit de recenser les données disponibles pour une méthode d'évaluation.

Dans un deuxième temps, le recours à une enquête épidémiologique ou à une évaluation des risques est discuté.

3. Proposer des mesures générales de gestion

Dans un premier temps, nous proposons des indicateurs sommaires pour évaluer le fonctionnement des systèmes de traitement d'air, la qualité de l'air et la protection des patients.

Dans un deuxième temps, le mémoire débouche sur la proposition de prescriptions techniques suivant de grands axes généraux.

3 - METHODOLOGIE

Après une bibliographie générale, un bilan réglementaire a été effectué, majoritairement grâce à Internet. Les sites consultés sont répertoriés en **annexe 7**. La participation à divers colloques (voir liste en **annexe 7**) s'est également avérée utile.

Le mémoire s'est ensuite organisé autour d'entretiens et de visites.

3.1 ENTRETIENS

3.1.1 Identification des acteurs

Il s'agit d'abord de recenser les acteurs locaux au niveau de l'hôpital. Les acteurs concernés sont :

- Les membres du personnel médical et paramédical du service clinique ;
- Les membres des personnels des services techniques de l'hôpital ;
- Les membres des laboratoires de bactériologie et de mycologie ;
- Les membres du CLIN et de l'équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière.

Dans un deuxième temps, il faut identifier un certain nombre d'experts, de professionnels compétents dans le domaine de la qualité de l'air.

3.1.2 Préparation des entretiens

Afin de travailler dans une démarche systématique, il est intéressant de construire des guides d'entretien. Trois guides d'entretien, sous formes de grilles, ont été élaborés selon le domaine d'intérêt des différents acteurs concernés :

- Technique : il s'agit essentiellement de questions relatives au fonctionnement des systèmes de traitement d'air, à leur maintenance et à leur contrôle. Y figurent aussi des questions portant sur l'organisation des locaux ;

Ces grilles sont destinées aux membres des services techniques des hôpitaux ;

- Environnement : il s'agit de données relatives au contrôle de l'environnement (air et surfaces en particulier) pouvant être réalisé dans les services cliniques, de données générales sur les germes aéroportés...

Ces grilles sont remplies auprès de professionnels biologistes et hygiénistes ;

- Médical : il s'agit de données relatives au lien entre la qualité de l'air et le développement d'infection nosocomiales, de données générales sur les infections aéroportées ;

Ces dernières grilles sont remplies auprès des membres des équipes de soins, des représentants des CLIN et des équipes d'hygiène.

Ces grilles ont été réactualisées tout au long du mémoire par les nouveaux apports des visites, des entretiens, de la bibliographie. Les grilles finalisées sont jointes en **annexe 8**.

3.1.3 Exploitation des entretiens

Les entretiens permettent de recenser les données disponibles ou pouvant éventuellement être recueillies, et de discuter de la faisabilité des méthodes d'évaluation envisagées : évaluation de risques, étude épidémiologique...

D'autre part, les entretiens permettent de tester la pertinence des grilles d'entretien afin de transformer celles-ci en outils de diagnostic.

3.2 VISITE DE SERVICES CLINIQUES

3.2.1 Choix des services

Il était en premier lieu nécessaire de recenser les centres de traitement des grands brûlés en région parisienne. Il en existe cinq au total :

- L'hôpital militaire de Percy (accueillant enfants et adultes) à Clamart ;
- L'hôpital Foch (accueillant uniquement une population adulte) à Suresnes ;
- L'hôpital Armand-Trousseau (accueillant exclusivement des enfants) à Paris ;
- L'hôpital Saint-Antoine (accueillant uniquement une population adulte) à Paris ;
- L'hôpital Cochin (accueillant uniquement une population adulte) à Paris.

Les trois derniers appartiennent au groupe de l'AP-HP et sont donc plus facilement accessibles. En outre, le service de l'hôpital Foch est en cours de fermeture.

Le choix définitif s'est donc porté sur les services de Cochin, de Saint-Antoine, d'Armand-Trousseau.

3.2.2 Préparation des visites

Les visites ont nécessité une bonne connaissance préalable de la problématique médicale des grands brûlés et des dispositifs de traitement de l'air.

Au cours des visites, les grilles d'entretien déjà citées ont été utilisées afin d'attirer l'attention sur des points essentiels.

Dans la mesure du possible, nous nous sommes efforcés de rencontrer le plus grand nombre d'acteurs locaux (en privilégiant la diversité des profils).

La liste des services cliniques visités accompagnée de la liste de personnes rencontrées est jointe en **annexe 1**.

3.2.3 Exploitation des visites

Les visites permettent de vérifier la conformité à la réglementation : fonctionnement du système de traitement d'air, maintenance et documents de référence, surveillance des infections nosocomiales...

Elles permettent de tester les grilles d'entretien comme indicateurs de risques. De plus, à partir de ces visites et des entretiens avec les acteurs locaux, on peut proposer des mesures générales de gestion et véritablement diffuser une information commune.

4 - RESULTATS

4.1 OBLIGATIONS REGLEMENTAIRES

4.1.1 Traitement de l'air

4.1.1.1 Préambule

De tous les bâtiments, l'hôpital est probablement celui où l'on observe la plus grande dispersion des exigences de qualité d'air. Car il existe des niveaux d'exigences différents compte tenu de la diversité des profils des patients, et de la diversité des activités de soins (et activités autres que les activités de soins : administratives, analyses...). Cette diversité qui s'exerce sur plusieurs dimensions explique le contexte juridique particulier au cœur duquel se place l'hôpital.

L'hôpital est en effet concerné par des textes de référence variés : Code du Travail, Code de la Santé Publique (CSP) et Règlement Sanitaire Départemental (RSD), Code de la Construction... Le Code du Travail vise la protection des travailleurs, donc le personnel médical ainsi que le personnel de maintenance dans les hôpitaux. Le règlement sanitaire départemental vise les personnes n'exerçant aucune activité salariée dans les locaux, donc les patients et les visiteurs. Les exigences des deux textes sont cohérentes. Vu la complexité des activités et des acteurs, il n'existe pas de réglementation spécifique pour les hôpitaux. Les établissements de santé sont confrontés à plusieurs étages de réglementation : d'abord les textes réglementaires, puis les valeurs normatives, les valeurs recommandées et aussi les valeurs habituellement retrouvées dans la littérature (traditionnellement admises dans les services hospitaliers).

L'AP-HP, étant à la fois maître d'ouvrage et chef de l'établissement, les exigences réglementaires intervenant à toutes les étapes de la vie d'un service hospitalier sont présentées par la suite : conception, construction puis exploitation, maintenance... Ces exigences réglementaires sont recensées par thème ; la liste des textes de référence est jointe en **annexe 9**. L'**annexe 7** répertorie les sites Internet consultés.

4.1.1.2 Exigences réglementaires

Il semble important de définir au préalable les deux types de locaux visés par la réglementation :

- Les locaux à pollution non spécifique : locaux dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires.
- Les locaux à pollution spécifique : locaux 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. Les chambres abritant un malade

présentant une infection peuvent donc être considérées comme des locaux à pollution spécifique. Les blocs opératoires sont aussi considérés comme des locaux à pollution spécifique (en raison de la présence de gaz anesthésiques).

4.1.1.2.1 *Renouvellement d'air*

Il est **obligatoire** en tous points des locaux où le personnel est appelé à séjourner.

Il doit être prévu dès les phases de conception et de construction pour que les installations de ventilation ne provoquent pas, dans les zones de travail, de gêne résultant notamment de la vitesse, de la température et de l'humidité de l'air, des bruits et des vibrations.

Le renouvellement d'air peut s'effectuer par la ventilation naturelle dans les locaux à pollution non spécifique seulement dans les cas suivants :

- pour les bureaux : si le volume par occupant est supérieur ou égal à 15 m³ ;
- pour les autres locaux : si le volume par occupant est supérieur ou égal à 24 m³.

Dans les autres cas, le renouvellement d'air s'effectue grâce à une ventilation mécanique.

4.1.1.2.2 *Arrivée d'air*

Air neuf

Prise d'air

Les prises d'air neuf doivent être placées en principe à au moins huit mètres de toute source éventuelle de pollution (véhicules, débouchés de conduits de fumées, sorties d'air extrait), quel que soit le type de local.

Dès la conception, dans les locaux à pollution non spécifique, le maître d'ouvrage doit prendre les mesures nécessaires pour que ne pénètre pas l'air pollué en provenance des locaux à pollution spécifique.

Filtration

Dans les locaux à pollution non spécifique, elle peut être obligatoire lorsqu'il existe un risque de pollution de cet air par des particules solides et que son introduction est mécanique. Dans ce cas, le maître d'ouvrage doit prévoir un système de filtration de l'air neuf. La filtration de l'air neuf doit être réalisée lorsque la concentration de l'atmosphère en fumée noire est importante ou lorsque l'on ne peut éviter la proximité d'une source de pollution importante. En principe, la filtration sera exigée lorsque la concentration moyenne annuelle en fumée noire des trois dernières années dépassera 60 µg/m³ dans la zone considérée, ou lorsqu'il existe une source importante de pollution à proximité.

Il existe de plus une **obligation de moyens** :

La filtration de l'air neuf sera considérée comme satisfaisante si les installations ont un rendement d'au moins 90% au test gravimétrique.

Dans les locaux à pollution spécifique (où des polluants sont spécifiquement produits par des activités), il y a une **obligation supplémentaire de résultat** :

La filtration doit permettre de respecter les concentrations maximales en poussières inhalées par une personne sur une période de huit heures :

- 10 mg/m³ pour les poussières totales ;
- 5 mg/m³ pour les poussières alvéolaires.

Débits minimaux

Il faut prendre conscience que les débits choisis lors de la conception pour l'air neuf déterminent les effectifs maximums de personnes dans les locaux concernés. Le maître d'ouvrage qui réalise une installation de ventilation, sans connaître l'utilisation qui sera faite des locaux, définit donc néanmoins les possibilités d'occupation ultérieure.

Dans les locaux à pollution non spécifique, le Code du Travail fixe ces débits minimaux d'air neuf par occupant :

| Désignation des locaux | Débit minimal d'air neuf par occupant (en m ³ /h) |
|--|---|
| Bureaux, locaux sans travail physique | 25 |
| Locaux de réunion | 30 |
| Ateliers et locaux avec travail physique léger | 45 |
| Autres ateliers et locaux | 60 |

Tableau 3 – débits minimaux d'air neuf (Code du Travail)

L'air neuf entrant dans les locaux doit être pris à l'extérieur sans transiter dans d'autres locaux. Il peut être mélangé à de l'air recyclé mais sans que cela puisse réduire le débit minimal d'air neuf fixé ci-dessus.

Dans les locaux à pollution spécifique, les débits doivent être déterminés en fonction de la nature et de la quantité des polluants à évacuer, sans que les valeurs minimales puissent être inférieures aux débits minimaux fixés pour les locaux à pollution non spécifique (tableau 3 ci-dessus).

Spécificité des salles d'opération

D'après le règlement incendie, il est spécifié que le taux de renouvellement doit être de 15 volumes/heure (apport minimal de 50 m³/h/personne d'air neuf) pendant toute la durée des séances opératoires, dans les salles d'opération, d'anesthésie et de réveil associées.

Air recyclé

Un filtre d'un rendement au test gravimétrique d'au moins 95% doit être prévu selon le RSD pour tout type de local.

Dans les locaux à pollution non spécifique, la circulaire du 9 mai 1985 ajoute que la filtration de l'air recyclé sera considérée comme satisfaisante si le rendement est d'au moins 50% au test opacimétrique.

Dans les locaux à pollution spécifique, les textes donnent des précisions complémentaires. Tout d'abord, l'air pollué d'un local à pollution spécifique ne doit pas être envoyé après recyclage dans un local à pollution non spécifique. D'autre part, l'air provenant d'un local à pollution spécifique ne peut être recyclé (dans ce même local à pollution spécifique) que s'il est efficacement épuré. L'efficacité doit être connue pour tous les polluants. Notamment, quand les polluants sont des poussières, les courbes de rendement granulométrique doivent être fournies. Les conditions de recyclage doivent être portées à la connaissance du médecin du travail, et des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

4.1.1.2.3 *Extraction d'air*

Dispositif d'extraction

Il y a **obligation** de mettre en place un dispositif d'extraction dans les locaux à pollution spécifique. Les émissions, sous forme de gaz, vapeurs, aérosols de particules solides ou liquides, si elles ne peuvent pas être supprimées au niveau de la production, doivent être captées au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission. S'il n'est pas possible techniquement de capter à leur source la totalité des polluants, les polluants résiduels doivent être évacués par la ventilation générale du local.

Il y a obligation de résultat dans les locaux à pollution spécifique. Les installations de captage et de ventilation doivent être réalisées de telle sorte que les concentrations maximales en poussières soient respectées.

Localisation du rejet d'air

L'air extrait des locaux doit être rejeté à au moins huit mètres de toute fenêtre ou de toute prise d'air neuf.

En outre, l'air extrait des locaux à pollution spécifique doit être rejeté sans recyclage (RSD).

4.1.1.2.4 *Surveillance des dispositifs*

Dès les phases de conception, de construction, il faut penser à la surveillance des installations de ventilation. Ainsi, les éléments des systèmes de ventilation, de captage, de filtration et d'épuration devraient être munis des dispositifs nécessaires à une vérification rapide de leur fonctionnement : prises de pression statique, indicateurs de débit...

Les installations de recyclage doivent comporter un système de surveillance permettant de déceler les défauts des dispositifs d'épuration. De plus, le contrôle en permanence de la qualité de l'air recyclé doit être retenu chaque fois que c'est possible.

Un dispositif d'avertissement automatique doit signaler toute défaillance des installations de captage qui n'est pas directement décelable par les occupants des locaux.

4.1.1.2.5 *Maintenance, entretien et contrôle des installations*

Obligation de traçabilité

L'hôpital doit disposer d'une documentation technique composée de trois ouvrages principaux :

- La Notice d'instruction, transmise par le maître d'ouvrage et tenue à jour par le chef d'établissement ;
- Les Consignes d'utilisation, élaborées (sur la base de la notice d'instruction) et tenues à jour par le chef d'établissement ;
- Le Dossier d'entretien, transmis par le maître d'ouvrage lors de la prise de possession des locaux, et au plus tard dans le mois qui suit.

Les contenus de ces documents de référence sont précisés en **annexe 10** : ils portent essentiellement sur les débits et vitesses, ainsi que sur les caractéristiques des filtres (classe d'efficacité, perte de charge initiale et tolérée)...

Contrôle périodique des installations

Le chef d'établissement est tenu d'assurer régulièrement le contrôle périodique des installations. Les listes des contrôles périodiques à effectuer sont précisées en **annexe 10**.

L'**annexe 10** précise également les contrôles pouvant être prescrits par l'Inspection du Travail.

Les méthodes des mesures et des contrôles sont également définies dans l'arrêté du 9 octobre 1987. Cet arrêté indique aussi les conditions et modalités d'agrément des personnes et des organismes habilités à procéder au contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail (leur liste est portée par une série d'arrêtés du 21 décembre 1989 au 20 décembre 2001).

4.1.1.2.6 Synthèse

Les textes réglementaires précisent les obligations concernant les systèmes de traitement d'air, soit pour le chef d'établissement, soit pour le maître d'ouvrage. On note peu d'obligations de résultats. Les seules obligations sont principalement des obligations de moyens (obligation de filtrer, rendement du filtre exigé...). D'autre part, la surveillance prévue par la réglementation semble avoir pour but de contrôler les différents composants des systèmes de traitement d'air et non le résultat du traitement d'air (en termes de qualité d'air par exemple).

Au cours des enquêtes sur site menées au long du stage, nous avons pu constater que **les hôpitaux dépassaient la réglementation**, qui n'est pas spécifique aux hôpitaux et qui, d'autre part est parfois obsolète. Les normes officielles qui sont théoriquement d'application volontaire tant qu'elles ne sont pas citées dans un texte réglementaire, sont en fait adoptées par les hôpitaux et elles servent de textes de référence. C'est pourquoi les normes principales sont présentées par la suite.

4.1.1.3 Cadre normatif

On peut d'abord citer les normes concernant directement les composants des systèmes de traitement d'air. Les normes européennes (et homologuées par l'AFNOR) **NF EN 779** et **NF EN 1822** traitent la classification des filtres généraux de ventilation et des filtres à très haute efficacité respectivement (cf. **annexe 3**). Les essais et le contrôle de l'efficacité des éléments filtrants y sont aussi traités. La norme française NF X 44012, citée dans les textes réglementaires et donc d'application obligatoire, vise également les méthodes d'essai et de contrôle pour les filtres.

Certaines normes concernent la classification des salles propres (et essais de conformité associés). La norme **NF EN ISO 14644** présente ainsi le nouveau système de classification des salles propres par la propreté de l'air (voir **annexe 5**).

Enfin, des normes visent l'aérobiocontamination. Ainsi, la norme **ISO 14698** donne une méthodologie de base pour évaluer et maîtriser la biocontamination des salles propres, les méthodes d'analyse et de mesurage de la biocontamination, et des méthodes d'évaluation et d'interprétation des données. De nombreuses parties sont encore en cours d'étude. Côté français, le projet de norme **NF S 90351** est particulièrement intéressant. Il reprend les classifications de la propreté particulière et bactériologique, et livre surtout un tableau croisant les zones à risque (définies par l'utilisateur) avec les classes de propreté : ce tableau synthétique est donné en **annexe 6**.

De ces normes, il ressort, que dans le cadre de la maîtrise de la qualité de l'air, le contrôle de plusieurs paramètres est à réaliser dont :

- les facteurs climatiques (température, humidité, relative) ;
- le traitement d'air (vitesse, débit, taux de renouvellement d'air, taux de brassage, surpression, intégrité des filtres) ;
- l'empoussièrement ;
- l'aérobiocontamination.

Ces contrôles sont à effectuer non seulement à la réception mais aussi tout au long de l'exploitation de l'installation. Enfin, ces contrôles doivent être réalisés par du personnel spécialisé, avec du matériel adapté et selon une méthodologie normalisée et reproductible.

Ces normes sont en évolution constante.

4.1.2 Lutte contre les infections nosocomiales

4.1.2.1 Organisation de la lutte contre les infections nosocomiales dans chaque établissement de santé

Le Code la Santé Publique, articles R 711-1-1 à R 711-1-10, traite de l'organisation de la lutte contre les infections nosocomiales. La **circulaire DGS/DHOS/E2 2000-645** du 29 décembre 2000 développe les aspects organisationnels de la lutte contre les infections nosocomiales.

Chaque établissement de santé doit organiser en son sein la lutte contre les infections nosocomiales. A cet effet, chaque établissement doit instituer un comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN), se doter d'une équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière et doit enfin définir un programme annuel d'actions tendant à assurer :

- la prévention des infections nosocomiales (IN) ;
- la surveillance des infections nosocomiales ;
- la définition d'actions d'information et de formation des professionnels ;
- l'évaluation périodique des actions de lutte contre les infections nosocomiales.

Le CLIN, dont la composition est pluridisciplinaire, doit donc coordonner les actions des professionnels de santé, préparer le programme d'actions défini précédemment, élaborer le rapport annuel d'activité de la lutte contre les IN. Dans le cadre de ses missions, le CLIN est en particulier chargé de définir les méthodes et indicateurs adaptés aux activités de l'établissement permettant l'identification, l'analyse et le suivi des risques infectieux nosocomiaux. De plus, il doit donner son avis

lors de la programmation de travaux, l'aménagement de locaux ou l'acquisition d'équipements susceptibles d'avoir une répercussion sur la prévention et la transmission des infections nosocomiales dans l'établissement. Cependant son avis n'a pas de caractère opposable.

En application de l'article R 711-1-2 du Code de la Santé Publique (arrêté du 11 juin 2002), tous les établissements de santé sont tenus de remplir annuellement le bilan standardisé des activités de lutte contre les infections nosocomiales. La **circulaire DGS/SD5/DHOS/E2 2002-340** du 11 juin 2002, (abrogeant la circulaire DGS/SD5C/DHOS/E2 du 30 mai 2001 qui présentait les modalités de recueil, de saisie et d'analyse du bilan standardisé des activités de lutte contre les infections nosocomiales dans les établissements de santé), donne le format du bilan standardisé.

Les axes proposés dans la construction du bilan sont intéressants. En particulier, la partie 5 concerne la prévention des risques infectieux liés à l'environnement. Deux questions sont relatives à l'air :

- Existe-t-il des secteurs où l'air est traité ?

Si oui,

- Y-a-t-il eu cette année une surveillance de l'air dans les secteurs où l'air est traité ?
 - oui avec un seuil d'alerte défini ;
 - oui sans seuil d'alerte défini ;
 - non.

4.1.2.2 Signalement des infections nosocomiales

La lutte contre les infections nosocomiales passe par le recensement et donc par le signalement des infections nosocomiales. Ce signalement s'opère à plusieurs niveaux :

- au niveau local : par le CLIN et l'équipe opérationnelle d'hygiène ;
- au niveau départemental : DDASS ;
- au niveau régional : CCLIN et DRASS ;
- au niveau national : InVS.

Le Code de la Santé Publique, articles R 711-1-11 à R 711-1-14, concerne le signalement des infections nosocomiales et le recueil des informations les concernant. L'article R 711-1-12 fixe les cas devant être déclarés. Parmi eux figurent les « infections nosocomiales suspectes d'être causées par un germe présent dans l'eau ou dans l'air environnant » ainsi que les « infections nosocomiales ayant un caractère rare ou particulier ». Cet article a été récemment intégré au Code de la Santé Publique par le **décret 2001-671 du 26 juillet 2001**. On ne dispose donc pas encore de retour d'expérience.

La circulaire **DHOS/E2-DGS/SD5C 2001-383 du 30 juillet 2001** est relative au signalement des infections nosocomiales. Elle précise notamment les objectifs du signalement, la place du signalement vis-à-vis des dispositifs de surveillance, de déclaration obligatoire, les critères de signalement, le circuit d'information, le cadre d'investigation et de suivi d'un épisode et enfin les modalités d'information des personnes. Elle donne également un modèle de fiche de signalement (voir **annexe**

11), un modèle de circuit de l'information et les listes des maladies faisant l'objet d'une transmission obligatoire.

4.1.2.3 Réglementations spécifiques

Certaines maladies font l'objet de réglementations spécifiques.

Ainsi, la légionellose est visée en particulier par le décret 87-1012 du 11 décembre 1987 qui la répertorie comme maladie à déclaration obligatoire. Les circulaires DGS 97/311 du 24 avril 1997, DGS 98/771 du 31 décembre 1998 et DGS 2002-243 du 22 avril 2002 portent sur la prévention de la légionellose.

La tuberculose est également l'objet de mesures spécifiques. Les articles **R 215-1 à R 215-5** du Code de la Santé Publique concernent la prévention de la tuberculose.

4.1.3 Centre de Traitement des grands brûlés

Un projet de décret, modifiant le Code de la Santé Publique, est actuellement à l'étude concernant le traitement des grands brûlés.

Il prévoit notamment de distinguer deux catégories de brûlés : les brûlés dont le pronostic vital est en jeu et qui nécessitent des soins de réanimation et de chirurgie spécialisés et les patients atteints de brûlures nécessitant des soins chirurgicaux spécialisés.

Il prévoit aussi de délivrer une autorisation aux seuls établissements disposant d'installations dédiées au traitement des brûlés et permettant l'isolement des patients. Ces installations devront comprendre au moins 6 lits dans le secteur réanimation et des lits en chirurgie en nombre au moins égal à celui des lits de réanimation. Les installations constitueront une structure individualisée.

Le projet énonce ensuite des conditions générales de fonctionnement du service relatives aux effectifs, à la répartition et à la qualification des membres du personnel soignant (différenciées pour les unités d'adultes et les unités d'enfants).

Au point de vue technique, on peut noter l'organisation minimale prévue pour une unité accueillant des adultes :

- une zone d'accueil et de mise en condition des patients ;
- une ou des zones d'hospitalisation comprenant les lits de réanimation et de chirurgie ;
- une salle opératoire aseptique ;
- un secteur de consultation et de soins externes .

En cas de réaménagement, les lits de réanimation et la salle opératoire doivent être contigus.

4.2 EXPERIENCES D'HOPITAUX

4.2.1 Préambule

Lors des visites des services hospitaliers et des entretiens avec les acteurs locaux associés, les grilles d'entretien, présentées dans la partie méthodologie du mémoire et données en **annexe 8**, ont été utilisées.

L'objectif majeur de ces visites était d'effectuer le bilan de l'existant.

Ces visites ont permis dans un premier temps de vérifier que les services hospitaliers respectaient les exigences réglementaires. Dans le cas général, les hôpitaux vont même plus loin que la réglementation.

Dans un deuxième temps, les visites ont permis d'examiner l'organisation des hôpitaux pour lutter contre les infections véhiculées par l'air. L'examen critique portait sur différents plans :

- Technique : architecture des locaux et traitement de l'air ;
- Environnement : contrôle de l'environnement (air et surfaces) ;
- Médical : organisation des soins (dans le cadre de l'utilisation des locaux et de l'exploitation du système de traitement d'air éventuel), bionettoyage et surveillance des infections nosocomiales.

Dans le cadre du mémoire, une présentation synthétique des services hospitaliers sur ces différents plans a été choisie. Elle permet de comparer les services de grands brûlés.

Ces visites ont également permis de répertorier les données exploitables pour évaluer les impacts des systèmes de traitement d'air : données déjà recueillies systématiquement ou données éventuellement disponibles, qu'elles soient d'ordre technique, environnemental ou médical. Ces données sont discutées par la suite.

4.2.2 Synthèse des expériences d'hôpitaux

Les trois centres de traitement des brûlés des hôpitaux de l'AP-HP ne se ressemblent pas.

Tout d'abord, les centres de Saint-Antoine et de Cochin accueillent des adultes, alors que celui d'Armand-Trousseau est réservé aux enfants brûlés.

D'autre part, ces services n'ont pas la même « ancienneté » : Saint-Antoine est ouvert depuis 1964, tandis que les centres de Cochin et d'Armand-Trousseau ont rouvert récemment : mars 2000 et mai 2001 respectivement. Ces deux derniers centres regroupent deux unités distinctes :

- Une unité d'hospitalisation « classique » pour les petits et moyens brûlés ;
- Une unité de réanimation pour les grands brûlés : c'est cette unité qui nous intéresse dans ce mémoire.

Enfin, il n'y a pas de consensus. Chaque centre de traitement des brûlés est une expérience, conçue et organisée par une équipe de professionnels.

4.2.2.1 Technique

4.2.2.1.1 Architecture

Sas d'entrée du service

Tous les services visités disposent d'un sas d'entrée les isolant de l'extérieur.

Les sas des services de Saint-Antoine et d'Armand-Trousseau sont uniques et donc communs, alors que le service de Cochin dispose de 5 larges sas : patient, personnel féminin, personnel masculin, matériel, visiteurs. Ces sas donnent accès à l'unité d'hospitalisation classique. Il y a un accès direct aux bureaux (chef de service, secrétariat). Ce dernier service est de plus équipé de monte-charge spécifiques pour l'évacuation des déchets et du linge.

En théorie, les unités de Saint-Antoine et d'Armand-Trousseau sont en légère surpression par rapport à l'extérieur.

Locaux techniques abritant les centrales de traitement d'air (CTA)

Le local technique du centre d'Armand-Trousseau est accessible sans rentrer dans le service. Les locaux techniques de Cochin et de Saint-Antoine sont accessibles de l'intérieur du service.

Locaux de soins

Le centre de Saint-Antoine est constitué par un bloc opératoire comprenant un espace réservé au bain et des chambres où les soins et pansements sont aussi effectués. Le centre d'Armand-Trousseau est classiquement constitué des chambres, d'un bloc opératoire et des salles de soins, tandis que le service de Cochin est conçu radicalement différemment : le brûlé ne sort pas de sa chambre qui fait en même temps office de bloc opératoire et de salle de soins.

Couloir de visite

Le centre de Saint-Antoine est équipé d'un couloir circulaire extérieur de visite. Chaque chambre est séparée de ce couloir par une paroi vitrée munie d'un interphone. Ce couloir évite la pénétration dans le service des visiteurs et peut limiter de cette manière le risque infectieux.

Les services de Cochin et d'Armand-Trousseau ont fait le choix de ne pas avoir un tel couloir, afin de ne pas placer les patients dans une situation déshumanisée : Ils acceptent donc les visites au sein du service, en respectant des conditions explicitées par la suite.

Chambres

Dans tous les services, les chambres accueillant des grands brûlés sont individuelles. La surface varie entre 15 m² (Saint-Antoine) et 33 m² (Cochin), la forme de la chambre est également variable.

Seules les chambres de Cochin sont équipées d'un sas (avec ouverture simultanée des deux portes impossible) les isolant du couloir et mettant en place une hiérarchie de pressions illustrée ci-dessous :

| | | |
|-------------------|----------------|-------------------------|
| Chambre -20 Pa | Sas + 20 Pa | Couloir Service 0 Pa |
|-------------------|----------------|-------------------------|

Figure 2 – Hiérarchie de pression appliquée dans le service de Cochin

Principe adopté à Cochin

Par rapport au couloir et au reste du service, les sas des chambres sont en surpression (alimentée par une filtration absolue, cf. traitement de l'air). Les chambres sont en dépression par rapport au sas et au couloir si bien que l'air du couloir a tendance à pénétrer dans la chambre (et non l'inverse : Les germes du patient ne sortent pas) par les interstices de la porte utilisée pour le passage du patient.

Mais la reprise principale de l'air est située au-dessus de cette porte, donc l'air pénétrant éventuellement du couloir est immédiatement capté et évacué : Les germes extérieurs n'atteignent pas le patient. Par ailleurs, les germes du patient sont eux aussi aspirés par la reprise. De plus, une surpression locale au-dessus du patient tend à évacuer les germes produits continuellement.

La protection du patient est assurée par la mise en place d'un flux laminaire. Ce flux est légèrement divergent car la jupe ne va pas jusqu'en bas. En effet, les contraintes de soins aux brûlés imposent de laisser un accès facile au malade pour le personnel soignant. La jupe s'arrête donc à 1,90 mètres au-dessus du sol. Mais la jupe assure tout de même le guidage du flux laminaire. Le plafond est constitué de filtres absolus afin de souffler un air stérile, à haut débit. Pour que le patient bénéficie au maximum de cette protection, les chambres font office de bloc opératoire, de salle de soins et de pansements. Le brûlé ne sort pas de sa chambre. De plus, il reste en permanence sous le flux laminaire grâce à un système de levage inventé par Cochin. Le patient est soulevé, il reste sous flux tandis qu'on remplace au sol le lit par la «baignoire» ou par la table d'opération.

Ainsi, on parvient à mettre en place une double protection :

- Protéger le patient ;
- Protéger l'environnement : éviter que le malade diffuse ses germes.

Cette double protection est obtenue par le système de traitement d'air et par la non-rupture de flux (le brûlé reste en permanence sous le flux). [24,25]

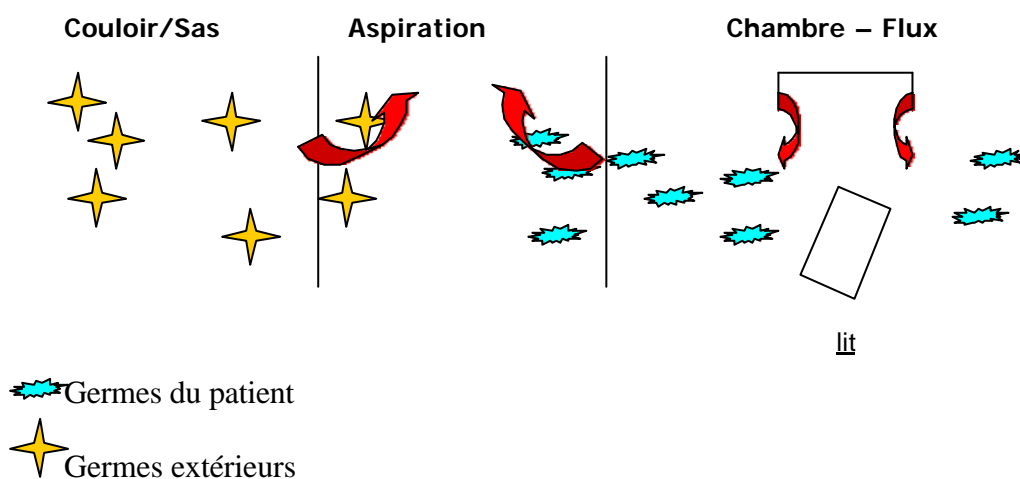


Figure 3 – Schéma conceptuel d'une chambre de Cochin

Un dispositif affiche la pression à l'extérieur et permet ainsi une surveillance continue.

Les chambres de Saint-Antoine et d'Armand-Trousseau n'ont ni sas, ni hiérarchie de pression.

4.2.2.1.2 *Traitement de l'air*

Le centre de Saint-Antoine est équipé d'un système central de traitement d'air pour toutes les chambres et le bloc opératoire. Tout le service communique par le système de ventilation. Cependant, dans le bloc opératoire, le réglage des débits d'air assure une surpression et un renouvellement de 30 volumes par heure.

Celui d'Armand-Trousseau a un système central pour les chambres et un autre système (centrale individuelle) pour le bloc opératoire. Toutes les chambres communiquent par le système de ventilation : si un germe est présent dans une chambre, alors, il peut être facilement présent dans toutes les chambres. Le bloc opératoire est équipé d'un système à flux laminaire.

Chaque chambre de l'unité de Cochin dispose d'une centrale individuelle. Cela permet de lutter contre la contamination croisée, d'un malade à l'autre, et facilite aussi la maintenance, qui peut s'opérer par roulement (Chaque chambre est isolée des autres : on peut intervenir à l'intérieur d'une chambre si celle-ci est vide, sans risquer de contaminer les autres chambres occupées par des malades).

Les schémas des centrales de traitement sont disponibles en **annexe 12**.

Seul le système de Saint-Antoine fonctionne en tout air neuf, ce qui pose des problèmes caloriques et par la suite économiques, et ne dispose pas de filtres terminaux, c'est-à-dire situés dans la chambre. Les systèmes de Cochin et d'Armand-Trousseau fonctionnent en air mélangé. Les filtres de reprise sont absolus (H13) à Cochin, tandis que ce sont des filtres de type G4 à Armand-Trousseau.

Résumons les caractéristiques obtenues pour chaque chambre dans le tableau 4 (page suivante).

On peut se reporter à l'**annexe 3** pour avoir la signification des dénominations des filtres, et à l'**annexe 5** pour avoir la signification des classes particulières visées.

Tous les filtres de toutes les installations sont équipés d'un dispositif extérieur d'affichage de la perte de charge : Cela permet de visualiser l'encrassement et donc de pouvoir les changer préventivement. La température est le seul paramètre réglable individuellement partout par le personnel soignant : elle fait en effet partie du traitement médical. Les trois services rencontrent des problèmes en ce qui concerne le réglage de l'hygrométrie : elle varie entre 35 et 50% selon les services. Ces deux paramètres sont affichés à l'extérieur des chambres de l'unité de Cochin.

Les autres paramètres sont réglés à la conception par les services techniques et connaissent peu de changement par la suite au cours de l'exploitation.

| Hôpital | Classe particulière visée (norme NF EN ISO 14644-1) | Type de flux | Etages de filtration | Gaine (centrale-chambre) | Taux de renouvellement | Débit d'air traité (m ³ /h) | Réglage individuel de la température |
|-------------------------|---|-----------------------------|--|---|--|--|---|
| Cochin | ISO5 | Flux laminaire | 4 étages -G4 -F7 -F8 -H14 (chambre) | Longueur réduite au minimum (local technique abritant la centrale contigu à la chambre) | 60 volumes/heure dans l'ensemble de la chambre | 3500 | Centrale de traitement (batteries) 24-34°C |
| Saint-Antoine | ISO7 | Diffusion en mode turbulent | 2 étages -G3 -H14 sortie de la centrale | Gaines longues et encrassées | 10 volumes/heure | 450 | Résistance électrique 24-32°C |
| Armand-Trousseau | ISO7 | Plafond diffusant | 3 étages -F6 -F8 -H14 (chambre) | Gaines longues | 50 volumes/heure | 960 | Lampe infrarouge au-dessus du lit 22°C maximum dans la chambre |

Tableau 4 – Comparaison des caractéristiques techniques du traitement de l'air dans les centres de brûlés visités

4.2.2.1.3 Maintenance

Des procédures de maintenance sont établies dans chaque service.

Dans le centre d'Armand-Trousseau, le système de ventilation est en cours de réception. Un dossier de maintenance sommaire est disponible.

Visites préventives

Elles sont hebdomadaires à Cochin et ont pour but principal de vérifier le bon fonctionnement des sas d'entrée aux chambres : vérification des pressions, vérification du fonctionnement des portes

(vérification du dispositif de sécurité incendie). L'intégralité de la maintenance de l'unité de Cochin est sous-traitée.

Les visites préventives sont mensuelles à Saint-Antoine : Les techniciens contrôlent visuellement et auditivement le fonctionnement du traitement de l'air dans le local technique. Des dispositifs affichant la perte de charge au niveau des filtres absolus leur permettent de vérifier l'état d'encrassement des filtres. Les techniciens remplissent une feuille de passage.

Changement des filtres

Préfiltres

Les préfiltres (gravimétriques et opacimétriques) sont changés systématiquement tous les mois dans tous les services.

Filtres à poches

Les filtres F8 à Cochin sont changés en moyenne tous les deux à trois mois, entre deux patients (ils sont en effet situés dans la chambre : il faut que la chambre soit vide pour intervenir).

A Armand-Trousseau, les préfiltres et filtres à poches (F8) sont situés dans le local technique : Ils peuvent être changés sans problème.

Filtres absolus

A priori, les filtres absolus H14 ont une durée de vie de 2-3 ans, à condition qu'une maintenance correcte soit effectuée sur les préfiltres.

A Cochin, les filtres du plafond à flux n'ont pas encore été changés depuis l'ouverture en mars 2000. En revanche, les filtres de reprise (H13) s'encrassent vite (à cause de la production massive de particules lors des soins et pansements) et déséquilibrent alors toute l'installation. Ils ont une durée de vie d'environ 9 mois. Comme ils sont situés dans la chambre, il faut impérativement que la chambre soit vide pour pouvoir les changer.

De même, à Armand-Trousseau, les filtres absolus sont situés dans chaque chambre : il faudra vraisemblablement vider entièrement l'unité pour changer les filtres absolus.

A Saint-Antoine, les filtres absolus sont changés systématiquement tous les ans, même si la perte de charge affichée est largement inférieure à 40 mmCE (perte de charge limite conseillée par le fournisseur).

Contrôle particulaire

Le contrôle particulaire est une mesure facile et instantanée qui permet de vérifier l'étanchéité du système et le bon fonctionnement des filtres.

A Cochin, à la suite du changement de filtres situés dans la chambre, on effectue un contrôle particulaire suivi d'un contrôle microbiologique avant d'accueillir un nouveau patient.

A Saint-Antoine, ce changement de filtres est l'occasion d'une inspection annuelle : Le service est organisé de façon à ce que tous les ans, il soit fermé pendant toute la durée du mois d'août. Outre le fait que la prise de congés du personnel soignant soit ainsi facilitée, cette fermeture permet une maintenance préventive maximale. En effet, pour changer les filtres, il faut impérativement que le service entier soit vide puisque le système de ventilation est central (il n'y a donc pas de possibilité de roulement de chambre en chambre comme à Cochin), et ce d'autant plus que lors du changement des filtres qui se trouvent dans le local technique, de l'air contenant des traces d'amiante pourrait être

véhiculé dans les gaines jusqu'aux chambres sans être arrêté. Les services techniques inspectent tous les composants de la centrale : turbines, moteurs, courroies... Après le changement des filtres absolus, on procède à un nettoyage complet suivi d'une désinfection générale. Les services techniques font ensuite appel à une société extérieure afin d'effectuer un contrôle particulier. La société effectue un contrôle complet comprenant en sus du contrôle particulier, une mesure des vitesses et des débits d'air, la mesure des pressions, des mesures acoustiques et des mesures de température et d'humidité, bien que ces deux dernières aient peu d'intérêt hors période d'activité. Ce contrôle annuel fait l'objet d'un rapport complet transmis au CLIN. A la suite du contrôle particulier, un contrôle bactériologique est réalisé avant d'autoriser la réouverture.

Les procédures de maintenance sont établies rigoureusement et tenues à jour : la traçabilité est bonne.

Réactivité des services techniques

La sensibilité des patients accueillis impose aux services techniques une haute réactivité. Ainsi, dans tous les hôpitaux, les services techniques disposent d'un jeu de rechange des composants de la centrale de traitement d'air (filtres absolus en particulier, afin de se soustraire au délai de livraison éventuel).

D'autre part, les systèmes de traitement sont équipés d'alarmes qui sont incompatibles (non fiables pour des raisons électroniques) avec les systèmes de gestion centralisée déjà mis en place et utilisés par les hôpitaux de Cochin et Armand-Trousseau : les alarmes doivent être transmises par le personnel infirmier au personnel des services techniques.

4.2.2.2 Environnement

4.2.2.2.1 Contrôles préventifs

On s'intéresse d'abord aux contrôles préventifs qui ont lieu en routine : ce sont des contrôles microbiologiques.

Contrôle de l'air

L'air nous intéresse naturellement en premier lieu. Des procédures sont définies pour chaque centre.

La fréquence varie : des prélèvements d'air sont effectués tous les deux mois dans chaque chambre du service de Cochin (la moitié des chambres contrôlées chaque mois), tandis que chaque chambre est contrôlée tous les mois à Saint-Antoine (la moitié des chambres par quinzaine). Dans l'unité d'Armand-Trousseau, une campagne de prélèvements a lieu tous les mois : elle concerne chaque chambre à tour de rôle.

Les sites de prélèvement à l'intérieur des chambres sont définis dans les procédures de Cochin et Saint-Antoine : ils sont au nombre de trois et quatre respectivement.

Les techniques de prélèvement et les méthodes d'analyse diffèrent d'un hôpital à l'autre.

Dans le cas de Cochin, une recherche complète (y compris l'analyse de la résistance aux antibiotiques pour tous les germes pathogènes) est effectuée.

Dans le cas de Saint-Antoine, on recherche les SARM (Staphylococcus aureus résistant à la pénicilline), la flore fongique totale et les Aspergillus.

A Armand-Trousseau, on recherche uniquement les Aspergillus.

Les résultats des analyses sont comparés aux résultats attendus (« normes » internes à chaque hôpital qui les établit pour chaque service clinique) :

- Pour Cochin : contamination bactériologique inférieure à 10 UFC par m³, avec absence de germe pathogène ; et absence de champignon, en particulier d'Aspergillus ;
- Pour Saint-Antoine : absence de SARM, absence d'élément fongique, absence d'Aspergillus en particulier ;
- Pour Armand-Trousseau : absence d'Aspergillus.

Contrôle des surfaces

Les contrôles de surfaces sont également importants à prendre en compte car la contamination des surfaces peut refléter l'aérobiocontamination.

Dans les services de Cochin et de Saint-Antoine, ils ont lieu avec la même périodicité que les contrôles d'air, également en différents sites et selon des techniques différentes.

Il n'y a pas de contrôle préventif des surfaces dans le centre des brûlés d'Armand-Trousseau.

Les trois centres ont également établi des procédures rigoureuses en ce qui concerne le contrôle de l'eau.

Les résultats interprétés sont immédiatement transmis au service clinique dans chaque hôpital, ainsi qu'au CLIN et à l'équipe opérationnelle d'hygiène, et selon les hôpitaux aux structures internes concernées.

Les résultats sont archivés.

En cas de dépassement des normes internes, chaque hôpital met en œuvre une action immédiate afin de protéger les malades et de retrouver une situation normale :

- Recherche de l'origine de la contamination : réservoir et mode de transmission ;
- Surveillance accrue des malades ;
- Bionettoyage, Désinfection des locaux et du matériel de soins ;
- Contrôles environnementaux.

Le service peut être fermé jusqu'au retour à la normale.

4.2.2.2 Contrôles particuliers

Des procédures sont aussi définies à Cochin et Saint-Antoine pour un contrôle hors routine, qui peut être effectué lors de travaux dans le secteur, ou à la suite des changements de filtres. Dans ce dernier cas, le contrôle environnemental est précédé d'un contrôle particulière.

Des contrôles peuvent aussi être effectués lors d'épisodes épidémiques.

Dans le service neuf d'Armand-Trousseau, de tels contrôles n'ont pas encore eu lieu.

4.2.2.3 Médical

4.2.2.3.1 Présentation des centres

Le tableau 5 permet de comparer les capacités d'accueil des centres de traitement des brûlés :

| Hôpital | Nombre total de lits | Nombre de lits pour grands brûlés | Nombre moyen de grands brûlés par an | Durée Moyenne de Séjour (DMS) en jours |
|------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Cochin | 15 | 8 | 40 | 40 |
| Saint-Antoine | 10 | 10 | 100 | 28 |
| Armand-Trousseau | 18 | 10 | 170 | 14 |

Tableau 5 - Comparaison des centres de brûlés visités

Les populations accueillies sont difficilement comparables.

4.2.2.3.2 Organisation

Dans les trois services, chaque chambre dispose de son équipement médical individuel.

Chaque service est également équipé d'un matériel de radiologie portatif, évitant la sortie des brûlés.

A Cochin, le brûlé reste même en permanence sous le flux grâce au bras de levage déjà évoqué. De plus, on peut limiter les entrées dans la chambre en ce qui concerne le personnel médical (Entre la chambre et le couloir, la séparation est vitrée, munie d'un interphone. De plus, les constantes vitales sont affichées à l'extérieur : On ne rentre que si on a une tâche précise à effectuer), les visiteurs (Leur nombre est limité à 2 par jour par malade, dans des conditions d'hygiène définies), et les membres des services techniques (L'accès au local technique se fait par le sas).

Dans les centres de Saint-Antoine et d'Armand-Trousseau, la baignoire est commune (avec de strictes procédures de nettoyage et de désinfection entre deux patients).

Dans tous les services, les problèmes d'effectifs ont été évoqués. Selon les effectifs disponibles, le personnel soignant est affecté à un nombre de patients qui peut être trop élevé. Cela peut favoriser le développement des contaminations croisées, de malade à malade (par l'intermédiaire du personnel).

Du point de vue hygiène, toute personne (personnel soignant, technique, ou visiteur) rentrant dans chaque service doit revêtir une tenue spécifique et observer des conditions d'hygiène, telles que le lavage simple des mains, la friction glyco-alcoolique des mains à Saint-Antoine et Armand-Trousseau... A Cochin et Armand-Trousseau, les visiteurs sont accueillis et pris en charge.

4.2.2.3.3 Bionettoyage

Trois types de bionettoyage existent au sein des services :

Un nettoyage quotidien : une fois par jour dans les unités de Cochin et d'Armand-Trousseau. Il a lieu trois fois par jour à Saint-Antoine (à chaque changement d'équipe soignante, soit toutes les 8 heures) et fait l'objet de fiches devant être datées, signées par les aides-soignants (-tes), et contrôlées par les

membres du personnel infirmier. Dans ce service, on pulvérise également un antifongique toutes les nuits dans le sas d'entrée.

Un nettoyage à la sortie du patient. Dans chaque service, il fait l'objet d'un protocole détaillé comprenant l'isolation de la chambre, le démontage d'éléments du mobilier, le nettoyage, la désinfection (et la pulvérisation d'un antifongique à Saint-Antoine).

Un nettoyage annuel (par une entreprise extérieure) avec lessivage, désinfection terminale... Ce nettoyage fait suite aux changements de filtres : il s'opère par roulement des chambres à Cochin, et pour toutes les chambres de Saint-Antoine au mois d'août lors de la fermeture annuelle.

4.2.2.3.4 Surveillance des infections nosocomiales

Dans chaque service, des prélèvements réguliers de brûlures sont réalisés : une fois par semaine à Armand-Trousseau, tous les deux jours à Cochin, au cas par cas à Saint-Antoine. Dès qu'un patient est colonisé dans ce service, tous les malades sont contrôlés.

Des réunions entre médecins, infirmiers et bactériologiste sont organisées une fois par semaine à Cochin et Armand-Trousseau : le cas de chaque patient est évalué, cliniquement et bactériologiquement et donne lieu à une discussion tenant compte également de l'état général du patient, de son traitement, et des actions déjà entreprises.

Un bilan annuel est établi dans chaque hôpital pour le CLIN, conformément aux circulaires ministérielles. Ce suivi concerne aussi l'écologie bactérienne, et la résistance des germes.

Tous les services connaissent un phénomène de « bruit de fond », de moindre importance à Armand-Trousseau. Ni ce service, ni celui de Cochin n'ont connu d'épisodes épidémiques depuis leur réouverture. En revanche, l'unité de Saint-Antoine a connu au cours des 6 dernières années 3 épidémies : 2 à SARM (voir **annexe 13**), et une d'Aspergillose qui a conduit à fermer le service pendant 4 mois en 2000.

4.2.2.4 Coordination des équipes

La coordination des équipes soignantes, hygiénistes et des services techniques est prévue en théorie dans chaque hôpital.

En ce qui concerne la maintenance, le CLIN devrait donner son avis sur les opérations de maintenance et sur les travaux. Les résultats des contrôles particuliers doivent être diffusés.

Les résultats des contrôles environnementaux le doivent aussi.

En ce qui concerne le suivi des IN, certains hôpitaux se sont équipés de cellules spécialisées telles que la cellule environnement de Cochin, la cellule Aspergillose de Saint-Antoine... Le rapport annuel doit être adressé à la DDASS.

Une procédure d'alerte lors d'un épisode épidémique doit également prévoir la coordination entre tous les membres du personnel de l'hôpital.

En pratique, cette coordination dépend bien entendu de la bonne volonté de chacun, et de la politique du CLIN (qui peut être très interventionniste comme celle du CLIN de l'hôpital Cochin).

4.2.2.5 Nouvelle technologie

L'unité de Saint-Antoine s'apprête à tester une nouvelle technologie de traitement d'air. Cette technologie, mise au point dans le secteur aérospatial russe dans les années 1990 a été utilisée avec succès pour décontaminer l'air de la station MIR. Le dispositif, individuel et mobile, est basé sur la destruction de microorganismes au sein d'un réacteur par l'action combinée de champs électrostatiques chaotiques amplifiés et de plasmas. Ce système fait l'objet de nombreux tests en laboratoire et dans le milieu hospitalier, afin d'être adapté au secteur médical. Il pourrait se substituer, de façon temporaire ou définitive, à un système conventionnel basé sur la filtration absolue.

4.2.3 Conclusions

Notons schématiquement ce qui ressort de ces expériences d'hôpitaux.

Au niveau technique

- Architecture interne :
 - Sas d'entrée pour tous les services ;
 - Forme circulaire (en U) des services ;
 - Hiérarchie des pressions variable ;
 - Chambres individuelles.
- Traitement de l'air :
 - Variabilité inter-services ;
 - Pas de variabilité intra-service, excepté la température et l'hygrométrie, (soit parce que le système est central, soit parce que, même si chaque centrale est individuelle, le réglage des paramètres est le même pour toutes les centrales).

Au niveau environnemental

- Les procédures de contrôle existent mais ne sont pas standardisées ;
- Les résultats sont conservés.

Au niveau médical

- Variabilité du nombre de patients accueillis et de la DMS associée ;
- Les procédures de bionettoyage et d'hygiène existent et diffèrent d'un service à l'autre ;
- Bilan annuel des IN.

Ces données sont interprétées par la suite en termes de prescriptions ou en termes de données disponibles pour évaluer les risques dus à l'air.

5 - DISCUSSION

Les obligations réglementaires et surtout les expériences d'hôpitaux et les expériences des professionnels peuvent être discutées en termes de données disponibles pour évaluer les impacts des systèmes de traitement d'air sur la protection des patients ou en termes de perspectives de décision et d'action.

5.1 METHODE D'ÉVALUATION DES IMPACTS DES SYSTÈMES DE TRAITEMENT D'AIR SUR LA PROTECTION DES PATIENTS

5.1.1 Position du problème

Afin de guider les mesures de gestion des IN aéropoortées (choix du type de système de traitement d'air, choix du paramétrage...), une évaluation de l'impact des systèmes de traitement d'air sur la protection des patients peut être proposée.

On cherche à montrer l'effet protecteur d'un système de traitement d'air en étudiant l'effet adverse : la survenue d'une infection.

Cela revient à étudier qualitativement (lien causal) et quantitativement (nombre de cas, risque) le lien entre exposition et effet.

L'exposition peut être définie de la façon suivante :

- soit par l'absence de système de traitement d'air (et alors la non-exposition par la présence d'un système de traitement d'air) ;
- soit par l'existence d'un système de traitement d'air A (et alors, la non-exposition par l'existence d'un système différent de traitement d'air B). Les systèmes A et B peuvent ainsi différer :
 - système central pour toutes les chambres et système individuel par patient,
 - technique : flux laminaire, plafond diffusant, flux turbulent,
 - paramétrage : taux de renouvellement, niveau de filtration...

L'effet consiste en une infection aéropoortée nosocomiale.

Il faut donc en premier lieu identifier les germes aéropoortés, susceptibles de coloniser et d'infecter un grand brûlé. Dans la problématique, on a identifié les germes aéropoortés comme ceux qui résistent dans le milieu extérieur et qui se transmettent à grande distance : ils sont à l'origine d'infections respiratoires ou pulmonaires (transmission par inhalation) et d'infections cutanées (transmission par contact). On a pu les répertorier au §1.1.2.1.2.

D'après les visites menées, les germes aéropoortés fréquemment responsables d'infections dans les services de grands brûlés sont : *Staphylococcus aureus* (et le SARM, *Staphylocoque doré résistant à*

la méticilline, cf. **annexe 13**) et *Pseudomonas aeruginosa*. Les champignons de l'air, et notamment l'*Aspergillus* peuvent également être à l'origine d'infections. **[23]**

Pour évaluer les impacts des systèmes, on pourrait envisager d'organiser une expérimentation en clinique humaine. Il faudrait, dans un centre de brûlés dont certaines chambres sont équipées avec un système de traitement d'air A et d'autres avec un système B, tirer au sort, au fur et à mesure des entrées des grands brûlés, l'affectation des chambres. On comparerait ensuite les infections survenues. S'agissant de patients dont le pronostic vital dépend fortement de l'infection, cette démarche semble impossible tant l'éthique médicale imposerait, dans de telles conditions, de réserver aux patients les plus graves le système le plus perfectionné et, *a priori* le plus performant.

Des méthodes différentes sont exposées par la suite et discutées en fonction des données disponibles.

5.1.2 Etude épidémiologique

5.1.2.1 But

Cette enquête aurait pour but d'étudier le lien direct entre système de traitement d'air et infection nosocomiale aéroportée.

5.1.2.2 Type d'étude

Dans le même service, soit le système de traitement d'air est central, soit chaque chambre a un système individuel mais le paramétrage est identique (mis à part la température et l'hygrométrie, dont les réglages ne sont pas consignés) : la variabilité intra-service est donc nulle.

Il faut donc comparer les services entre eux pour obtenir des expositions variables.

D'autre part, le bilan standardisé des IN dans un établissement n'est pas obligatoire depuis assez longtemps pour disposer d'un nombre suffisant de données pour pouvoir construire une étude rétrospective (cf. § obligations réglementaires).

Si on s'intéresse aux données internes à chaque hôpital (au niveau du CLIN), les données existent mais chaque service de grands brûlés a utilisé sa propre définition d'IN : les données disponibles ne sont donc pas comparables.

Pour ces raisons, l'étude devrait être de nature prospective.

Par ailleurs, des enquêtes sur les IN ont été menées au niveau national (une en 1996, l'autre en 2001), comme au niveau interne (AP-HP), mais ce sont des enquêtes de prévalence : elles ont compté la totalité des cas existant dans la période d'étude, qu'il s'agisse de cas déjà présents avant le début de la période d'observation ou de nouveaux cas apparus pendant cette période. Ces enquêtes sont intéressantes pour avoir le nombre total de personnes souffrant d'infections nosocomiales **[26]**.

Dans notre cas, on s'intéresse surtout aux conditions de survenue de la maladie qu'on étudie, puisqu'on espère montrer l'association entre absence de système de traitement d'air (ou système «peu performant») et infection nosocomiale aéroportée. Il serait judicieux d'utiliser le taux d'incidence qui ne tient compte que des nouveaux cas survenus pendant la période observée.

On peut donc proposer une **étude de cohorte prospective inter-services**: on suit deux populations : une exposée, une non exposée, et on compte les cas (IN aéroportées) dans les deux populations.

On calculerait les taux d'incidence et le risque relatif (un risque relatif élevé serait un argument en faveur d'un rôle causal, sa valeur indiquerait la force pathogène de l'exposition).

Notons que les enfants brûlés ne peuvent être comparés aux adultes brûlés : pour cette raison, l'étude ne prendrait en compte que les services accueillant exclusivement des adultes.

5.1.2.3 Méthodologie

5.1.2.3.1 Recueil des cas

Un cas est constitué par une infection nosocomiale aéroportée.

Définition d'un cas

Une IN est difficile à définir chez un grand brûlé car presque tous les grands brûlés font une infection. Systématiquement, le brûlé est colonisé (analyse bactériologique toujours positive). De plus, on est souvent dans un contexte de pluri-infection. [27]

D'après ce qui a été exposé dans la problématique, on peut considérer comme IN aéroportées les IN respiratoires et cutanées : le C-CLIN Paris/Nord a édité un guide de définition des IN : on y trouve des définitions particulières pour les infections de brûlures et pour les infections respiratoires, prenant en compte des aspects cliniques et microbiologiques. Ce guide rappelle aussi la définition du caractère nosocomial par le CSHPF (voir §1.1.1) basée sur le critère des 48 heures. [1]

Une définition standardisée pour tous les services de grands brûlés participant à l'étude doit être élaborée.

Recueil des cas

On peut songer à utiliser le cadre institutionnel qui met progressivement en place le signalement des IN et des informations les concernant : la fiche de signalement type est donnée en **annexe 11**. Le recueil d'informations est insuffisant.

Il faut donc construire un recueil prospectif systématique des cas d'IN aéroportées chez le grand brûlé à partir de la définition standardisée adoptée pour l'étude : réunion, hebdomadaire par exemple, entre cliniciens et bactériologistes pour discuter et classer les IN aéroportées à partir de signes cliniques et d'éléments microbiologiques (collectés systématiquement à une fréquence donnée).

Ce recueil doit inclure le recueil d'informations individuelles sur le patient, et aussi le recueil d'informations sur l'exposition et sur les facteurs de confusion.

5.1.2.3.2 *Recueil de données sur l'exposition*

On a défini les critères d'exposition au 1^{er} paragraphe. Il faut noter ces informations (toutes les caractéristiques du système de traitement d'air du service où est hospitalisé le patient présentant une IN aéroportée) dans la fiche de recueil des IN.

Notons que l'on ne fait pas varier les paramètres du système de traitement d'air existant dans cette enquête.

5.1.2.3.3 *Facteurs de confusion*

Individuels

Outre les facteurs habituels, sexe (à noter que 60 % des brûlés sont des hommes, [18]), âge, tabagisme, alcoolisme, les facteurs de confusion individuels sont les facteurs indiqués au §1.3.1 qui permettent de classer la gravité des brûlures.

Liés au fonctionnement du service

Une étude inter-services apporte des facteurs de confusion supplémentaires. En effet, les visites nous ont permis d'observer la variabilité importante entre les services. Outre le système de traitement d'air (et sa maintenance), les services n'ont pas le même fonctionnement en ce qui concerne principalement l'organisation des soins et le traitement médical (par exemple : deux écoles de médecins s'affrontent vis-à-vis du bain à donner aux brûlés, de même pour l'antibiothérapie en prophylaxie, plusieurs choix sont possibles pour le traitement chirurgical). D'autre part, le bionettoyage n'est pas le même (différents produits de nettoyage, de désinfection ; fréquence différente) et les conditions d'hygiène ne sont également pas identiques.

Tous ces facteurs de confusion doivent être reportés sur la fiche de recueil.

En revanche, on peut noter que des biais habituellement rencontrés dans ce type d'étude ont peu de chances de se produire dans le cadre de cette étude :

Tout d'abord, dans une étude de cohorte, il peut arriver que le diagnostic de la maladie étudiée soit plus recherché chez les personnes exposées que chez les personnes non exposées, ce qui peut aboutir à une incidence plus élevée dans le groupe des exposés. Ce n'est sans doute pas le cas ici, puisque le diagnostic est systématique pour tous les patients : tous les cas d'IN sont relevés.

De plus, dans un service tel que celui de Cochin, il n'y a pas d'incertitude sur l'exposition : elle est uniforme tout au long du séjour du patient dans le service.

5.1.2.4 Faisabilité

5.1.2.4.1 *Dimensionnement*

Les visites ont permis de constater que les services de grands brûlés sont des unités de faible capacité (nombre de lits) : ils accueillent peu de patients par an, et les patients restent longtemps dans le service. Le dimensionnement de la taille de l'étude est donc un critère important de faisabilité.

Afin de dimensionner grossièrement la taille de l'étude, on effectuera des hypothèses simplificatrices. Cremer et ses collaborateurs ont mené une étude prospective d'un an dans un service de brûlés : la

densité d'incidence, pour les IN cutanées et IN pulmonaires que l'on considère comme les IN aéroportées, était de 8,7 pour 1000 patients-jour [27].

On fait l'hypothèse que c'est l'incidence dans un service avec système de traitement d'air (patients non exposés).

On fixe le risque de 1^{ère} espèce (risque de trouver une association qui n'existe pas réellement) classiquement à $\alpha=5\%$.

On fixe le risque de deuxième espèce β (risque de conclure qu'il n'existe pas d'association alors qu'il en existe une réellement), ce qui revient à fixer la puissance que l'on estime nécessaire $P=1-\beta$. On testera deux puissances : 80% et 90%.

Il reste à fixer le risque relatif que l'on aimerait mettre en évidence. Rappelons que le risque relatif est égal à 1 s'il n'existe pas d'association. Ici, on souhaiterait mettre en évidence un risque relatif supérieur à 1 (et étant statistiquement significatif) afin de conclure que l'exposition (pas de traitement d'air) entraîne l'effet (IN aéroportée). On ne dispose pas d'étude épidémiologique déterminant de tels risques, on testera donc plusieurs risques relatifs.

Enfin, pour le calcul de la taille de l'échantillon, on supposera que les services de brûlés comparés ont la même taille (ce qui n'est pas le cas, d'après les visites effectuées) pour obtenir la taille d'échantillon globale la plus petite : le ratio exposés/non-exposés est égal à 1.

Les simulations effectuées sur le logiciel Epilinfo permettent d'obtenir un nombre de patients-jour dans chaque situation.

On fait ensuite l'hypothèse que la durée moyenne d'un séjour dans un service de brûlés est de 40 jours (c'est la DMS observée à Cochin, elle est proche de celle rapportée par Cremer et ses collaborateurs, 37 jours). Cela permet de calculer le nombre de sujets nécessaires (exposés et non-exposés).

En faisant le rapport de ce nombre de patients par le nombre de patients effectivement pris en charge chaque année par un service de brûlés, on obtient un ordre d'idée du nombre d'années nécessaire pour l'étude. Dans la simulation, on a pris le nombre de grands brûlés accueillis par an à Cochin : 40 patients environ.

La simulation a été effectuée avec l'incidence déterminée par Cremer et ses collaborateurs. Leur étude citait l'incidence obtenue par une autre équipe : 19,2 pour 1000 patients-jour. L'**annexe 14** donne les résultats des simulations pour ces deux incidences.

Les chiffres sont relativement élevés (entre 3 et 8 ans pour mettre en évidence un risque relatif de 1,5) et mettent en évidence la difficulté de faisabilité d'une telle étude.

5.1.2.4.2 Acceptabilité

A ces éléments purement calculatoires et logistiques, il faut mentionner les difficultés liées à l'acceptabilité par les membres du corps médical de se prêter à une telle étude qui comparerait leurs services.

5.1.2.5 Conclusion

Outre les nombreux facteurs de confusion, cette étude serait longue, d'un coût important, difficile à mettre en place et à accepter dans les services.

Et surtout, même si l'étude permet de conclure, elle conclurait à la «supériorité » d'un système de traitement d'air, associé à un service clinique, sur un autre (ou sur l'absence) : elle ne permettrait pas de juger l'impact des paramétrages des systèmes.

Pour tester le paramétrage, le design expérimental est indispensable. Cela ne peut être obtenu que par une enquête microbiologique.

5.1.3 Etude microbiologique

5.1.3.1 But

Le lien direct entre système de traitement d'air et santé du patient étant difficile à étudier, on se limite à un lien indirect entre système de traitement d'air et contamination microbiologique de l'air. C'est un élément intermédiaire.

5.1.3.2 Les données disponibles

Comme cela a été expliqué au §5.1.2.2, la variabilité intra-service au niveau du traitement de l'air est nulle. Il faut alors comparer les services entre eux.

Chaque service a un système différent : on dispose d'une variabilité inter-services.

De plus, tous les services effectuent des contrôles environnementaux et les résultats sont conservés. Cependant, les techniques de prélèvement, d'analyse et de lecture varient d'un hôpital à l'autre : il n'existe pas de protocole standardisé. Les données archivées sont donc incomparables : une étude rétrospective est impossible.

L'enquête est forcément prospective.

5.1.3.3 Principe de l'enquête et conditions de faisabilité

On veut étudier le lien entre système de traitement d'air et contamination de l'air. Il faut donc faire varier le paramétrage du système de traitement d'air et effectuer des prélèvements d'air et de surfaces.

Pour que le design expérimental (faire varier les paramètres techniques dans des conditions rigoureuses) soit possible, il faut impérativement que la chambre soit inoccupée (ni malade, ni personnel) : on ne peut pas tester les variations si un patient les subit. Cela suppose une centrale de traitement d'air individuelle. Dans un service équipé d'un système central de traitement d'air, on ne peut pas faire varier les paramètres du système uniquement pour la chambre «test» : tous les patients occupant les chambres du service subissent les variations : c'est impossible éthiquement.

On peut imaginer mener une étude inter-services afin de comparer l'efficacité des systèmes de traitement d'air (flux laminaire, flux turbulent) mais, pour des raisons d'éthique, on ne peut pas expérimenter dans une chambre vide communiquant par le système de ventilation avec les autres chambres du service occupées par des malades : un germe présent dans la chambre «laboratoire» pourrait être véhiculé dans une chambre abritant un patient.

5.1.3.4 Méthodologie

5.1.3.4.1 Principe

On réalise l'étude dans un service équipé de centrales de traitement d'air individuelles.

L'expérimentation commence à la sortie d'un malade, ou après une phase de travaux, afin d'avoir un niveau initial de contamination importante. Dans la chambre «test», inoccupée, on fait varier les paramètres, tout en contrôlant les autres paramètres :

- Les débits (la variation de débit fait varier le taux de renouvellement et les pressions) ;
- Le niveau de filtration : on peut imaginer de supprimer un étage de filtration, ou plutôt de remplacer un filtre par un filtre d'efficacité inférieure ou supérieure ;
- La température et l'humidité.

5.1.3.4.2 Méthodologie

On effectue trois types de contrôles :

- Aérauliques : vitesse de l'air (soufflage, reprise/extraction), débits, taux de renouvellement, température et hygrométrie, niveau sonore ;
- Particulaires ;
- Biologiques.

Les deux premiers contrôles sont destinés à vérifier l'efficacité technique (vérifier le paramétrage testé) et l'acceptabilité par le patient (en particulier avec les mesures sonores). Il faut des techniques standardisées de mesure, de prélèvement et d'analyse. L'important est la continuité : toujours utiliser la même technique, prélever aux mêmes sites. L'idéal serait d'employer le même opérateur pour tous les prélèvements, le même opérateur pour toutes les analyses et toutes les lectures. De plus, les appareils doivent être étalonnés régulièrement.

Le dernier type de contrôle vise à déterminer la contamination microbiologique de l'air. On effectue des prélèvements d'air et de surfaces. En effet, un prélèvement d'air est une mesure à un instant donné : la variabilité dans le temps est très grande. Un prélèvement de surface donne une mesure différée d'une contamination aérienne. Il est nécessaire d'établir un protocole qui définira :

- Les Sites d'échantillonnage :

Dans une chambre inoccupée, on choisit les sites de mesure et de prélèvement dans la chambre, en des endroits habituellement occupés par le malade (dans l'espace : plan et hauteur. On peut s'inspirer des sites utilisés pour les prélèvements de routine). Le nombre de mesures et de prélèvements par site est à déterminer pour obtenir une représentativité correcte.

- Les Techniques de prélèvements :

Les techniques de prélèvement doivent être standardisées :

- pour l'air : appareil (on peut utiliser un biocollecteur par impaction), volume et durée du prélèvement ;
- pour les surfaces : technique (écouvillon ou boîte contact).

- Les Techniques d'analyse :

Les milieux de culture, fonction des germes recherchés doivent être choisis, ainsi que la durée et la température d'incubation. A la lecture, on peut effectuer une quantification globale (totale) des bactéries et éléments fongiques, puis dénombrer les germes pathogènes.

- La Fréquence d'échantillonnage :

La périodicité des prélèvements doit permettre d'obtenir des séries chronologiques : elle reste à discuter.

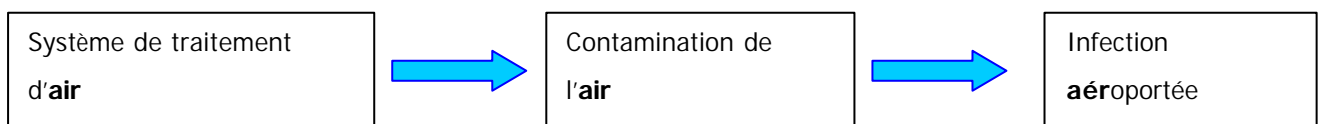
5.1.3.4.3 Conclusion

Le grand avantage de cette étude consiste en la possibilité du design expérimental : on contrôle les variations des paramètres.

L'inconvénient majeur découle de cet avantage : la chambre doit être inoccupée. Le niveau de contamination initiale peut être important, mais dans la suite de l'étude, il n'y a pas production de germes en permanence comme c'est le cas lors de l'occupation d'une chambre par un malade. L'enquête permettrait d'étudier le rôle de prévention de la contamination extérieure du traitement d'air, mais pas le deuxième rôle essentiel du traitement d'air qui consiste à éliminer la contamination générée. Pour refléter les conditions réelles, il faudrait trouver le moyen d'injecter en permanence dans la chambre «test» des germes.

Par ailleurs, on obtiendrait des données sur le lien entre système de traitement d'air et aérobiocontamination mais il manque l'élément Santé : le lien entre aérobiocontamination et infection.

On peut schématiquement représenter la chaîne :



Ce lien entre contamination de l'air et infection peut être apprécié par diverses méthodes.

5.1.4 Lien entre contamination de l'air et infection

5.1.4.1 Evaluation des risques

Remarquons que cette méthode serait inutilisable pour obtenir directement le risque associé à un système de traitement d'air particulier.

5.1.4.1.1 Principe

On veut quantifier le risque correspondant à une exposition donnée. En fixant un seuil de risque raisonnable, on estime le niveau d'exposition que l'on juge acceptable.

Dans notre cas, pour caractériser le risque lié au système de traitement d'air, il faut passer par un élément intermédiaire : l'exposition est reflétée par le niveau de contamination de l'air par un agent infectieux.

5.1.4.1.2 Démarche de l'évaluation des risques

Il faudrait réaliser une évaluation des risques pour chaque agent infectieux aéroporté.

1^{ère} étape de l'évaluation des risques: déterminer le potentiel dangereux du germe aéroporté

Il faut rassembler les connaissances scientifiques portant sur :

- Le germe :
 - Ecologie : habitat naturel (réservoir), capacité à survivre et à se développer dans d'autres milieux (en particulier, résistance dans l'air),
 - Résistance aux agents dénaturants,
 - Pathogénicité : infectivité (capacité à se développer chez l'hôte) et virulence (capacité à induire des troubles cliniques) selon les souches ;
- La pathologie humaine :
 - Effets pathologiques et caractéristiques cliniques,
 - Données sur la morbidité et la mortalité,
 - Durée d'incubation (donnée importante pour prouver le caractère nosocomial),
 - Existence (et efficacité) d'un traitement médical, Résistance aux antibiotiques,
 - Identification de facteurs de risque liés à l'hôte.

Ces aspects sont bien documentés pour la plupart des agents identifiés et permettent de caractériser le danger représenté par le germe et donc de passer à la 2^{ème} étape de l'évaluation des risques.

2^{ème} étape de l'évaluation des risques: évaluer la relation Dose-Réponse

On devrait s'attacher à :

- Déterminer la présence ou l'absence de seuil ;
- Etablir une courbe dose-réponse à partir de données animales expérimentales (ou de données humaines) ;
- Tester la validité de plusieurs modèles pour choisir le plus corrélé aux données animales ;
- Extrapoler à l'homme, avec confrontation aux données épidémiologiques.

Les deux premiers maillons sont peu ou non documentés : on ne sait pas s'il existe un seuil à partir duquel les effets apparaissent, les données humaines paraissent inexistantes et les données animales semblent rares ou inexploitable (voir application à l'Aspergillus).

La relation Dose-Réponse, élément-clef de l'évaluation des risques semble difficile à établir pour les germes aéroportés.

3^{ème} étape de l'évaluation des risques: estimer l'exposition

Il faut caractériser :

- La population exposée :

La population est constituée par les patients ;

- Le niveau d'exposition :

La dose d'exposition va être reflétée par le niveau de contamination de l'air.

On peut signaler deux biais dans l'estimation de l'exposition, quel que soit le germe étudié :

- Biais dans l'estimation de la contamination de l'environnement

Le prélèvement d'air est instantané, alors que la qualité d'air fluctue.

- Biais possible dans l'estimation de la contamination du malade

Lors d'infections cutanées, on effectue des prélèvements de brûlures, et lors d'infections respiratoires, on effectue des prélèvements d'expectorations : les germes analysés dans ces prélèvements peuvent venir de l'environnement (dépôt lors du prélèvement) et non du malade. Mais, pour en être sûr, il faudrait imposer des prélèvements invasifs à des malades déjà fragilisés.

L'exposition réelle des malades est donc difficile à évaluer.

4^{ème} étape de l'évaluation des risques: caractériser le risque

Cette étape consisterait à formuler spécifiquement la probabilité d'effets indésirables (infections nosocomiales) dans une population (patients hospitalisés dans un service de grands brûlés) avec un scénario d'exposition donné (flux laminaire rendu turbulent par exemple).

5.1.4.1.3 Application à l'Aspergillus

Les professionnels hospitaliers s'intéressent à l'Aspergillus depuis environ 15 ans. L'application de la démarche d'évaluation des risques est adaptée de l'exposé du Professeur Derouin (**annexe 1**), lors des Assises Qualibio (**annexe 7**).

Le danger

Le danger est bien identifié. La niche écologique naturelle de l'Aspergillus est la terre : ce champignon filamenteux est particulièrement résistant. L'espèce dominante est *Aspergillus fumigatus* (il existe aussi *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. nidulans*, *A. terreus*). On note la grande diversité des souches contaminantes (la recherche sur des marqueurs biochimiques, génétiques se poursuit afin d'identifier les souches). [28]

La porte d'entrée du germe, comme le site d'infection est le conduit respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Trois pathologies peuvent être induites :

- L'aspergillose allergique broncho-pulmonaire, chez les asthmatiques ;
- L'aspergillome, chez les tuberculeux ;
- L'aspergillose invasive, pouvant être d'origine nosocomiale : c'est cette dernière pathologie qui nous intéresse.

Le diagnostic est difficile. La durée d'incubation est inconnue. Il n'y a pas de prophylaxie vraiment efficace. Un traitement médical existe mais la mortalité peut atteindre 60 à 90% des cas. Les facteurs de risque individuels sont aujourd'hui bien identifiés :

- Neutropénie prolongée ;

- Corticothérapie ;
- Allogreffe de cellules souches hématopoïétiques.

On peut alors déterminer des patients à risque : ceux subissant une greffe de moelle allogénique, une chimiothérapie pour une leucémie ou une transplantation (cœur-poumon et foie), les patients au stade SIDA déclaré. [14]

Les grands brûlés, comme tous les patients immunodéprimés sont des patients à risque également.

La relation Dose-Réponse

On ne dispose pas de données humaines. Quelques modèles animaux ont été utilisés. Ainsi, aux Etats-Unis, des animaux immunodéprimés, créés pour tester l'efficacité des thérapeutiques, existent. Mais les doses administrées étaient très importantes (de l'ordre de 10^5 à 10^6 spores par m^3). La voie d'administration était souvent la voie aérorachéale (seulement quelques modèles par inhalation, voie d'exposition chez l'homme). De plus, la trop grande variabilité des relations dose-effet déterminées, et la variabilité des organes-cibles rendent ces modèles inexploitable. On ne dispose donc d'aucune relation Dose-Réponse.

Exposition

Outre les biais généraux signalés au paragraphe général, l'exposition à l'Aspergillus est mal connue du fait de l'origine du germe difficile à connaître. En effet, on peut trouver de nombreuses souches dans l'environnement du malade, analyser de nombreuses souches chez le malade, mais l'identification (correspondance) de souches environnement-malade n'est pas systématique. D'autre part, le biais de l'Aspergillus endogène existe. Le patient pouvait être colonisé par l'Aspergillus avant son séjour à l'hôpital : l'aspergillose invasive peut se déclarer lors de l'immunodépression induite indirectement par le séjour à l'hôpital (traitement médical).

Des études épidémiologiques se sont intéressées à la corrélation entre la contamination fongique de l'environnement et l'incidence de l'aspergillose invasive : les données obtenues ne sont pas cohérentes. [29-32]

L'évaluation des risques adaptée en milieu hospitalier à l'Aspergillus comporte encore des lacunes et ne peut aboutir à une caractérisation du risque aspergillaire.

5.1.4.1.4 Conclusion

Les lacunes, en particulier au niveau de la relation Dose-Réponse, et les incertitudes, en particulier dans l'estimation de l'exposition, font de l'évaluation des risques une méthode encore mal adaptée à l'évaluation des risques associés à la qualité de l'air en milieu hospitalier.

Par ailleurs, on peut imaginer une évaluation des risques pour chaque germe aéroporté : il faut ensuite déterminer le moyen de combiner ces évaluations pour évaluer le risque global associé à l'aérobiocontamination.

5.1.4.2 Etude épidémiologique

Le lien entre contamination fongique et incidence de l'aspergillose invasive est bien documenté en contexte épidémique [29-33]. Le phénomène de bruit de fond est difficile à mettre en évidence.

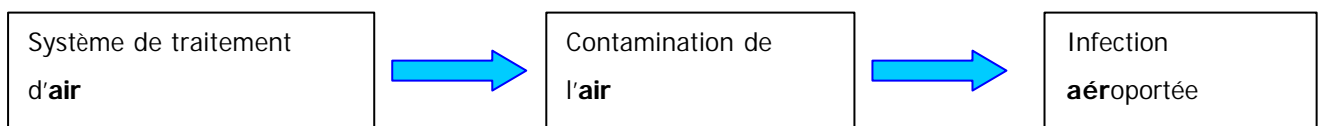
Cependant, l'équipe de Saint-Louis a récemment conclu à l'existence d'une relation significative entre contamination fongique de l'air ou des surfaces et l'incidence de l'aspergillose invasive [34,35].

On pourrait imaginer une étude prospective pour mettre en évidence la corrélation entre la contamination de l'environnement par certains germes et incidence de l'infection correspondante. Il faudrait être rigoureux pour le recueil des cas et pour le recueil de données sur l'exposition. Construire une telle étude comporterait les mêmes difficultés de faisabilité opérationnelle évoquées au §5.1.2.4 : on peut reprendre le même ordre de grandeur pour le nombre de sujets nécessaires.

5.1.5 Synthèse

L'étude directe du lien entre système de traitement d'air et infection semble difficile à mettre en place. Il semble plus facilement réalisable de passer par un élément intermédiaire qui est la contamination microbiologique.

Représentons la chaîne :



En étudiant indépendamment l'association entre système de traitement d'air et contamination de l'environnement, par une enquête microbiologique, puis le lien entre contamination de l'environnement et survenue d'une infection, on pourrait documenter la chaîne d'évènements et donc le lien entre système de traitement d'air et survenue d'IN aéroportée.

5.2 MESURES GENERALES DE GESTION

Même si de nombreuses incertitudes demeurent dans l'évaluation des risques, la prise de mesures de gestion ne peut pas être retardée.

C'est pourquoi, à partir des expériences d'hôpitaux, des avis de professionnels hospitaliers, des propositions générales peuvent être dégagées.

5.2.1 Outils d'évaluation

Les guides d'entretien utilisés, actualisés et finalisés au cours du mémoire peuvent servir de base à un questionnaire interne qui permettrait de réaliser un état des lieux sommaire d'un service hospitalier sensible, tel qu'un centre de traitement de grands brûlés. En identifiant les points de vigilance d'un service clinique en ce qui concerne la qualité de l'air, ces guides pourraient être exploités comme outils d'aide à la décision.

Ces guides sont donnés en **annexe 8**.

5.2.2 Prescriptions techniques

Des recommandations d'ordre technique, internes à l'AP-HP peuvent être émises : elles devront être revues et discutées au sein d'un groupe d'experts.

Plutôt que des prescriptions catégoriques, le mémoire attire l'attention sur certains points, dès la conception en vue d'une exploitation tendant à assurer une qualité d'air correcte permettant la protection des patients, en particulier dans un service de grands brûlés.

5.2.2.1 Organisation des locaux

L'organisation des locaux est importante car elle conditionne le bon fonctionnement du système de traitement d'air. Elle doit être réfléchie également en termes opérationnels dans le cadre de la problématique de soins.

Des recommandations portant sur l'architecture d'un centre de brûlés «idéal» avaient déjà été émises au sein du CCLIN Paris-Nord en 1995. Il ne s'agit pas de mettre à jour ces recommandations mais plutôt d'y intégrer des éléments techniques perçus au cours des visites effectuées. Ce qui suit permet d'attirer l'attention sur certains points qu'il serait judicieux de soumettre à la discussion, sans avoir la prétention d'être complet.

5.2.2.1.1 Service

- Différents sas isolant le service de l'extérieur :
 - Sas patient : assez large pour permettre le passage du lit ;
 - Sas personnel médical : équipés de vestiaires ;
 - Sas matériel : stockage important ;

Il convient de réfléchir à l'évacuation des déchets (monte-charge spécifique comme à Cochin).

- Forme générale du service : circulaire.

5.2.2.1.2 Couloir de visite extérieur au service

Les avis divergent : il pourrait permettre de réduire le risque infectieux, mais il met les patients dans une situation d'isolement, de coupure pouvant être difficile à assumer psychologiquement.

Ce point est à discuter avec le personnel médical.

5.2.2.1.3 Local technique abritant la centrale de traitement d'air

- Contigu à la chambre afin de réduire les longueurs de gaines ;
- Accès : soit par le service clinique, soit de l'extérieur : à décider ;
- A hauteur d'homme pour faciliter la maintenance ;
- Espace pour stocker temporairement les éléments démontés ;
- Volume réservé à la centrale important : aérer les éléments.

5.2.2.1.4 Les chambres

- Nombre : au minimum 6 lits (d'après le projet de décret, unité de réanimation) ;
- Surface : importante (équipement médical, interventions de l'équipe soignante) ;
- Individuelle, afin d'éviter les contaminations croisées ;
- Sas
 - Avec hiérarchie de pressions et ouverture simultanée des deux portes impossible pour limiter les contaminations croisées (veiller alors à la compatibilité avec le système de Sécurité Incendie) ;
 - Volume suffisant : poste de lavage des mains, stockage de tenues spécifiques, stockage médical ;
- Prévoir l'évacuation des déchets et du linge souillé (petite trappe comme à Cochin) ;
- Prévoir une porte pour l'entrée du patient.

5.2.2.2 Traitement d'air

5.2.2.2.1 Prise d'air

- Loin des sources de pollution (8 mètres d'après le RSD) ;
- Accessible (pour la maintenance) ;

On peut songer à l'implantation au niveau de l'escalier de secours sur cour intérieure comme à Saint-Antoine.

5.2.2.2.2 Centrale de traitement d'air individuelle

Pour :

- Limiter la contamination croisée ;
- Faciliter la maintenance (roulement possible, cela évite de fermer entièrement le service).

5.2.2.2.3 Accessibilité directe à tous les composants de la CTA

- Espace suffisant ;
- Juxtaposition des éléments cohérente : attention particulière vis-à-vis des canalisations hydrauliques, des cadres...

5.2.2.2.4 Schéma type

La consultation du guide Uniclimate **[15]** peut être profitable.

- Trois ou quatre étages de filtration (voir la figure 1 du mémoire) :

Importance de la préfiltration ;

Filtres terminaux ;

Filtres de reprise : emplacement (hors de la chambre pour faciliter la maintenance) et type de filtres (Cochin connaît de nombreux problèmes avec des filtres absolus pour l'extraction) ;

Dispositifs d'affichage pertes de charge des filtres ;

- Conception humidificateur :

Indispensable et sollicité chez brûlés (dimensionnement) ;

Adapté au type d'eau distribuée (caractéristiques physico-chimiques) ;

Prise en compte du risque bactériologique (principe de l'humidification et évacuation des eaux (condensats)) ;

Et conception de tous les organes de régulation de la température.

5.2.2.2.5 Réglage des paramètres

- Choisir le responsable du réglage :

personnel médical (en interne) ou personnel technique (des services techniques) ;

- Si ce sont les services techniques qui sont choisis comme opérateurs, veiller à la compatibilité avec le système de gestion technique centralisée déjà utilisé à l'hôpital, y compris les alarmes ;

- Destinataire unique de l'alarme pour que celui qui reçoit l'alarme agisse (avec procédure d'urgence établie, attribution des rôles...) ;

- Abaissement température/débits quand chambre inoccupée pour économies d'énergie (cela suppose une CTA individuelle) ;

- Affichage extérieur des paramètres : pression, température, humidité.

5.2.2.2.6 Technologie

- Sous les pressions du Public, et compte tenu de l'enjeu pénal : l'hôpital devrait faire le choix de la meilleure technologie disponible aujourd'hui :

Flux laminaire et filtres absolus H14 (selon le Guide Uniclimate **[15]**).

Mais il faut une cohérence avec la problématique de soins envisagée : la mise en place d'un flux laminaire ne sert à rien si il y a rupture systématique lors des soins.

On peut associer le flux laminaire en s'inspirant du service de Cochin : la chambre fait office de bloc opératoire et de salle de soins et pansements (le brûlé ne sort pas de la chambre) et grâce au bras de levage, il reste en permanence sous flux. **[24,25]**

- Les enjeux économiques sont à garder en mémoire :

Le coût de travaux (pour installer une nouvelle technologie) dans quelques années sera plus important que le coût actuel ;

Le coût d'un traitement antifongique, en cas d'épidémie, peut justifier le choix de la meilleure technologie disponible actuellement. D'après le Docteur Dufourcq, de l'hôpital Armand-Trousseau (cf. **annexe 1**), le coût du traitement d'une aspergillose chez un enfant est d'environ 150 euros (soit 1000 FF) par jour. Sachant que le traitement doit être suivi pendant 60 jours, le calcul peut être rapidement effectué en cas d'épidémie.

Mais le choix revient à l'équipe médicale, assistée de l'équipe technique dans chaque hôpital.

Ce système technique s'exploite avec une maintenance.

5.2.2.3 Maintenance

- Exiger le dossier d'entretien (délai réglementaire d'un mois après la prise des locaux) ;
- Suivi prospectif les 1^{ers} temps peut être utile pour affiner le réglage des paramètres et mettre au point le dossier d'entretien ;
- Importance des visites préventives en routine ;
- Changement systématique des préfiltres pour protéger les filtres absolus ;
- Jeu de rechange des filtres et organes de régulation température/humidité pour être réactif ;
- Planning/programmation entre équipe soignante et équipe technique

La planification des opérations de maintenance, en coordination avec les équipes de soins et les équipes d'hygiène doit être systématique ;

- Veiller à la bonne diffusion et traçabilité des opérations de maintenance et des résultats des contrôles particuliers (à chaque changement de filtre absolu, ou tout filtre situé dans la chambre du malade).

Mais la qualité de l'air obtenu ne sera satisfaisante que si le système de traitement d'air est associé avec un contrôle de l'environnement régulier et une organisation médicale cohérente. **[36]**

5.2.2.4 Contrôle de l'environnement

- Air et surfaces ;
- Procédures écrites : protocole de prélèvement, d'analyse, de lecture. Les procédures pourraient être standardisées **[37]** ;
- Périodicité à définir ;
- Continuité : même site de prélèvement, même mode opératoire (même appareil de prélèvement, même opérateur), même protocole d'analyse ;
- Traçabilité.

5.2.2.5 Organisation médicale

- Circulation : le principe de la marche en avant ;
- Effectifs suffisants : certaines études montrent un lien entre effectif du personnel soignant et IN **[38]**. D'autre part, le projet de décret impose un infirmier et un aide-soignant pour deux malades en période d'activité normale en journée ;
- Bionettoyage ;
- Hygiène des personnels et des visiteurs ;
- Surveillance des IN.

CONCLUSION

Gérer la qualité de l'air est un problème complexe en milieu hospitalier.

Complexe parce ce que le problème n'est pas seulement technique. Pour que les technologies les plus perfectionnées soient efficaces, et leur degré d'efficacité reste à déterminer, elles doivent être associées à une organisation des locaux cohérente, à une maintenance préventive systématique, à une organisation des soins respectant certains principes, à un bionettoyage et à un strict contrôle de l'environnement. La maîtrise des autres composantes de l'environnement, et en particulier l'eau, doit bien sûr être assurée.

Complexe également parce que les acteurs concernés sont nombreux et viennent d'horizons divers : la communication est souvent difficile. La coordination des différents professionnels de santé devrait s'articuler autour des CLIN et des équipes opérationnelles d'hygiène dans les hôpitaux.

Complexe enfin parce que la pression engendrée par le public, par les médias rend encore plus difficile cette gestion du risque lié à l'air. Parler des infections nosocomiales reste un tabou.

Dans ce contexte chargé d'enjeux, le mémoire réalisé a permis de mettre en lumière divers éléments.

Les obligations réglementaires des hôpitaux en matière de qualité d'air sont finalement peu nombreuses et peu contraignantes. Mais les visites ont permis de montrer qu'elles sont «dépassées» par les hôpitaux.

Ce mémoire est également l'occasion de mettre en évidence la richesse tirée de l'expérience de tous les professionnels de santé rencontrés, et des nombreuses visites.

Des recommandations s'inspirant de la conjugaison de ces multiples expériences sont émises, même si les incertitudes qui existent dans l'évaluation de l'impact des systèmes de traitement d'air sont discutées et les facteurs de faisabilité de différentes méthodes d'évaluation soulignés.

Mais plutôt que des standards, le travail effectué fait émerger les questions qu'il apparaît indispensable de soulever tant au niveau technique qu'au niveau organisationnel et dans l'approche de la surveillance (Ces questions sont détaillées et approfondies dans les annexes).

Au-delà des apports purement techniques pour l'AP-HP, qui pourra mettre à profit le bilan réglementaire et exploiter les outils de diagnostic ainsi qu'intégrer les prescriptions techniques lors des programmations de travaux, ce mémoire aura été l'occasion de sensibiliser les différents acteurs, au niveau local, au sein des hôpitaux, comme au niveau du Siège de l'AP-HP aux divers aspects concernant la gestion du risque associé à l'air.

Bibliographie

[1] **C.CLIN Paris-Nord** - Guide de définition des infections nosocomiales – C.CLIN Paris-Nord, 1995.

[2] **Faure E** – Les infections nosocomiales – [en ligne, visité le 12/06/02] - <http://www.caducee.net/DossierSpecialises/infection/nosocomiales.asp>.

[3] La lutte contre les infections nosocomiales – [en ligne, visité le 23/05/02] – http://www.sante.gouv.fr/hm/actu/34_980901.htm.

[4] **Squinazi F** – Contrôle de la qualité microbiologique de l'air des salles d'opération – *InterBloc* – tome 9, no 3, 1990 – p12-14.

[5] **Squinazi F** – La maîtrise de l'environnement microbien à l'hôpital, A propos de l'aérobiocontamination - *Chauffage, Ventilation, conditionnement d'air* – 1995 – p51-56.

[6] **Rykner G** – Qualité microbiologique de l'air à l'hôpital : ses exigences, son contrôle – *Techniques hospitalières* – no 594, 1995 – p54-56.

[7] **Assises Nationales Qualibio 1994** – La qualité de l'air dans les secteurs protégés de l'hôpital – Actes.

[8] **Vanhée JM** – Solutions de filtration d'air en milieu hospitalier – *Chauffage, Ventilation, conditionnement d'air* – no 3, 2002 – Tiré à part.

[9] **Vanhée JM** – La filtration de l'air en zone à haut risque : la très haute efficacité s'impose - *Chauffage, Ventilation, conditionnement d'air* – 1995 – p60-66.

[10] **Labasse JG** – Les installations de traitement d'air et leurs performances - *Chauffage, Ventilation, conditionnement d'air* – 1995 – p67-69.

[11] **Baretta N** – Comment maîtriser les risques de contamination liés à l'air – *Décision Santé* – no 146, supplément no 42, 1999- p32-34.

[12] **Mousny F** – Maintenance des installations de traitement d'air – *Techniques hospitalières* – no 652, 2000 – p33-36.

[13] **Mousny F** – La maintenance préventive des installations de traitement d'air en milieu hospitalier - *Chauffage, Ventilation, conditionnement d'air* – 1995 – p70-72.

[14] **Conférence de consensus** – Prévention du Risque Aspergillaire chez les Patients Immunodéprimés (Hématologie, Transplantation) – 2000 – ANAES.

[15] **Guide Uniclimate** – Traitement de l'air en milieu hospitalier – Editions Separ – 1995.

[16] **Lidwell OM** – Aérobiocontamination d'une salle d'opération – Conception des blocs opératoires, Chapitre 9 – JD Joubert et Coll, 2^{ème} édition, Lyon, 1980 – p167-175.

[17] **Heinemann S, Moens N** – L'aérobiocontamination en salles d'opération : influence du type de conditionnement d'air – *Techniques hospitalières* – no 476, 1985 – p63-73.

[18] **Carré A, Chauveau JM** – Dossier : La brûlologie, une discipline médicale à part entière – *AP-HP Magazine* – no 90, 2002 – p16-24.

[19] **Faure E** – Les brûlures – [en ligne, visité le 12/06/02] – <http://www.caducee.net/DossierSpecialises/dermatologie/brulure.asp> .

[20] **Wassermann D** – Evaluation de la gravité des brûlures : Physiopathologie – [en ligne, visité le 12/06/02] – <http://www.urgence-pratique.com/2articles/medic/art-medical-12.htm>.

[21] **Dialogue Inserm n°10** – La grande brûlure – [en ligne, visité le 12/06/02] – <http://www.inserm.fr/servcom/servcom.nsf/titre/grande+brulure-D10>.

[22] **Carsin H, Monneret F, Gallier N & al** – Dossier – *Objectif Soins* – no 42, 1996.

[23] **Carsin H, Feldman P** – Centres de traitement des brûlés – Infections nosocomiales et environnement hospitalier, chapitre 9, Brückner G – Flammarion, Paris, 1998 – p65-71.

[24] **Wassermann D** – L'isolement chez les brûlés : expérience du service des brûlés de l'hôpital Cochin – *Hygiènes* – vol 7, no 6, 1999 – p489-495.

[25] **Wassermann D, Petitgas G, Schlotterer M & al** – Le nouveau centre des brûlés de l'hôpital Cochin – *Brûlures, Revue française de Brûlologie* – vol 1, no 3, 2000 – p174-180.

[26] **InVS** – Enquête de Prévalence Nationale des infections nosocomiales 2001 : Résultats préliminaires – [en ligne, visité le 12/08/02] – http://www.invs.sante.fr/publications/2002/inf_noso_0302/index.html.

- [27] **Cremer R, Ainaud P, Le Bever H & al** – Infections nosocomiales dans un service de brûlés. Résultats d'une enquête prospective d'un an. – *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation* – vol 15, no 5, 1996 – p599-607.
- [28] **Jean-Paul Latgé** – *Aspergillus fumigatus* and Aspergillosis – *Clinical Microbiology Reviews* – vol 12, no 2, 1999 – p310-350.
- [29] **Sherertz RJ, Belani A, Kramer BS & al** – Impact of Air Filtration on Nosocomial *Aspergillus* Infection – *The American Journal of Medicine* – vol 83, 1987 – p709-718.
- [30] **Cornet M, Levy V, Fleury L & al** – Efficacy of Prevention by High-Efficiency Particulate Air Filtration or Laminar Airflow Against *Aspergillus* Airborne Contamination During Hospital Renovation – *Infection Control and Hospital Epidemiology* – vol 20, no 7, 1999 – p508-512.
- [31] **Arnou PM, Sadigh M, Costas C & al** – Endemic and Epidemic Aspergillosis Associated with In-Hospital Replication of *Aspergillus* Organisms – *The Journal of Infectious Diseases* – vol 164, 1991 – p998-1002.
- [32] **Hospenthal DR, Kwon-Chung KJ & Bennett JE** – Concentrations of airborne *Aspergillus* compared to the incidence of invasive aspergillosis : lack of correlation – *Medical Mycology* – vol 36, 1998 – p165-168.
- [33] **Bocquet P, Aggoune M, Aussant M** – Aspergillose invasive nosocomiale et travaux hospitaliers, Recommandations – Les guides de l'AP-HP, 1993.
- [34] **Alberti C, Bouakline A, Derouin F & al** – Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive aspergillosis in haematology patients – *Journal of Hospital Infection* – vol 48, 2001 – p198-206.
- [35] **Derouin F, Alberti C, Bouakline A & al** – Corrélation entre la contamination fongique de l'environnement hospitalier et le risque d'aspergillose invasive nosocomiale – *La Lettre de l'Infectiologue* – tome 17, no 1-2, 2002 – p29-34.
- [36] **Hajjar J, Cetre JC, Nicolle MC & al** – Thématique Vigilance Environnementale – *Hygiènes* – vol 7, no 3, 2000 – p139-177.
- [37] **Gangneux JP, Poirot JL, Morin O & al** – Surveillance mycologique de l'environnement pour la prévention de l'aspergillose invasive, Propositions de standardisation des méthodologies et des modalités d'application – *La Presse Médicale* - tome 31, no 18, 2002 – p841-848.

[38] **Pittet D, Furrer HJ** – Réduction de personnel et infections nosocomiales – *Swiss-Noso* – vol 4, no 1, 1997 – [en ligne, consulté le 12/06/02] – <http://www.hospvd.ch/swiss-noso/f41a1.htm>.

Glossaire

ACCREDITATION

Procédure d'évaluation externe à un établissement de santé, effectuée par des professionnels indépendants de l'établissement et de ses organismes de tutelle, évaluant l'ensemble de son fonctionnement et de ses pratiques. Elle vise à assurer la sécurité et la qualité des soins donnés au malade et à promouvoir une politique de développement continu de la qualité au sein des établissements de santé.

AEROBIOCONTAMINATION

Contamination aéroportée par la présence dans l'air ambiant de micro-organismes vivants, véhiculés ou non par des particules.

AEROSOL

Suspension, dans un milieu gazeux, de particules solides ou liquides, ou les deux, présentant une vitesse de chute négligeable.

AIR NEUF

Air pris à l'air libre hors des sources de pollution.

Taux d'air neuf

Quotient du volume total d'air neuf soufflé en une heure par le volume total de la pièce.

AIR RECYCLE

Air pris et réintroduit dans un local ou un groupe de locaux.

Toutefois, l'air pris hors des points de captage de polluants et réintroduit dans le même local après conditionnement thermique n'est pas considéré comme de l'air recyclé.

BACTERIE

Organisme unicellulaire, dépourvu de noyau et d'organites, se reproduisant par scissiparité (mode de division consistant à doubler de longueur puis à se partager en deux cellules identiques qui peuvent se séparer) et dont il existe de nombreuses formes. Saprophyte ou parasite.

BACTERIE OPPORTUNISTE

Bactérie normalement commensale ou saprophyte mais devenue pathogène à l'occasion d'une déficience des défenses immunitaires de l'organisme infecté.

BACTERIEMIE

Décharge passagère de bactéries dans le sang à partir d'un foyer infectieux, qui se manifeste par des frissons et une forte poussée de fièvre.

BIOCONTAMINATION

Contamination de matériaux, appareils, personnels, surfaces, fluides par des particules viables.

CATHETERISME

Introduction d'un cathéter (tige pleine ou creuse), d'une sonde dans un conduit (vaisseau sanguin) ou dans une cavité naturelle (urètre, vessie, œsophage...) dans un but diagnostique (injection d'un liquide opaque aux rayons X par exemple) ou thérapeutique (injection de médicament).

CHAMPIGNON

Végétal cryptogame (pluricellulaire) sans chlorophylle. Parmi les champignons, on distingue les formes supérieures de grande taille, comestibles ou vénééuses et les formes inférieures : moisissures, levures...

COMMENSALE

Les bactéries qui composent cette flore commensale ne peuvent vivre qu'au contact ou à proximité de l'homme, dont elles sont étroitement tributaires. Ces bactéries représentent la flore dite résidente non pathogène présente à l'état physiologique. Toutefois, ces espèces bactériennes peuvent, à l'occasion de circonstances favorables, devenir des pathogènes opportunistes.

CONTAMINANT

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

DECUBITUS

Attitude du corps dans la position couchée.

DELETERE

Toxique, nuisible pour la santé.

DERME

Tissu qui constitue la couche profonde de la peau.

ECOUVILLON

Dispositif stérile de prélèvement, non toxique et n'inhibant pas la croissance des micro-organismes prélevés, constitué d'un matériau non absorbant de taille appropriée monté sur un applicateur.

ENVIRONNEMENT MAITRISE

Zone définie où les sources de biocontamination sont maîtrisées à l'aide de moyens spécifiés.

EPIDERME

Partie externe de la peau constituée de plusieurs couches de cellules dont la plus superficielle est cornée et desquamée.

ERYTHEME

Congestion de la peau ou des muqueuses qui provoque une rougeur.

HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

Rapport de la pression de la vapeur d'eau à la pression maximale correspondant à la température au moment de l'observation.

On l'exprime généralement en pourcentage. Dans ce cas, on parle de degré hygrométrique.

IMPACT

Collision d'une particule viable avec une surface solide.

IMPACTEUR

Instrument d'échantillonnage fondé sur les effets d'impact et de rétention pour recueillir les particules et les gaz.

Impacteur en cascade

Appareil qui prélève simultanément, par impact, des particules en les séparant en un certain nombre de classes granulométriques en fonction de leurs paramètres d'inertie.

INVASIF

Se dit d'un procédé d'exploration ou de soins qui pénètre la peau, les muqueuses ou dans une cavité naturelle de l'organisme.

ISCHEMIE

Diminution de l'apport sanguin dans une région.

LOCAUX A POLLUTION NON SPECIFIQUE

Locaux dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires.

LOCAUX A POLLUTION SPECIFIQUE

Locaux 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.

Remarque : par « locaux sanitaires », on entend les cabinets d'aisance, les salles de bains ou douches, les lavabos (d'après le RSD).

MEDIATEUR CHIMIQUE

Substance libérée par l'extrémité des fibres nerveuses en activité et excitant les cellules voisines(neurone, cellule glandulaire).

MORBIDITE

Ensemble des maladies, qu'elles entraînent la mort ou non.

Taux de morbidité

Rapport entre le nombre de malades et le nombre d'individus vivants, pendant une certaine période de temps (l'année en général).

MORTALITE (TAUX DE MORTALITE)

Rapport entre le nombre de décès survenus dans la population étudiée pendant la période fixée par l'effectif de cette population pendant cette période.

NEUTROPENIE

Diminution du nombre des leucocytes neutrophiles.

PARASITE

Etre vivant qui puise les substances qui lui sont nécessaires dans l'organisme d'un autre appelé hôte.

PARTICULE

Élément minuscule de matière, possédant un périmètre physique défini.

PARTICULE VIABLE

Micro-organisme isolé, d'origine naturelle ou qui s'accumule, capable de se multiplier pour former deux micro-organismes ou plus, qui, en fonction des conditions de culture, donne lieu à une croissance observable.

PATHOGENE

Qui provoque ou peut provoquer des maladies.

PHLYCTENE

Bulle ou vésicule remplie de sérosité (liquide, analogue à la lymphe, pouvant constituer certains épanchements) transparente, dans ou sous l'épiderme.

POUSSIÈRES

Toute particule solide dont le diamètre aérodynamique est au plus égal à 100 µm ou dont la vitesse de chute, dans les conditions normales de température, est au plus égale à 0,25 m/s.

Les poussières ainsi définies sont appelées poussières totales.

Toute poussière capable d'atteindre les alvéoles pulmonaires est considérée comme poussière alvéolaire.

Le « diamètre aérodynamique » d'une poussière est le diamètre d'une sphère de densité égale à l'unité ayant la même vitesse de chute dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative.

PREFILTRE

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

RECYCLAGE

Processus qui consiste à reprendre de l'air d'un local après filtration puis à le réintroduire dans la distribution de l'air propre de la même pièce.

Taux de recyclage

Quotient du volume total d'air recyclé soufflé en une heure par le volume total de la pièce.

TAUX DE RENOUVELLEMENT

Quotient du volume total d'airs neuf et recyclé soufflé en une heure par le volume total de la pièce.

SALLE PROPRE

Salle à l'intérieur de 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 de 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.

SAPROPHYTE

Germe qui vit sur un hôte sans y provoquer de maladie.

Les bactéries qui composent cette flore saprophyte appartiennent à l'environnement, elles tirent les substances qui leur sont nécessaires des matières organiques en décomposition et ont un comportement strictement indépendant de l'homme.

SEPTICEMIE

Infection générale due à la pullulation dans le sang de bactéries pathogènes.

SEPTIQUE

Se dit de tout corps ou de toute plaie envahie par des microbes pathogènes.

VENTILATION MECANIQUE

Ventilation assurée par une installation mécanique.

VENTILATION NATURELLE PERMANENTE

Ventilation assurée naturellement par le vent ou par l'écart de température entre l'extérieur et l'intérieur.

VESTIAIRE

Local où les personnes utilisant une salle propre peuvent se vêtir d'une tenue salle propre ou la quitter.

VIRUS

Micro organisme invisible au microscope optique, possédant un seul type d'acide nucléique (ADN ou ARN) et parasite obligatoire des cellules eucaryotes.

ZONE PROPRE

Espace dédié dans lequel la concentration des particules en suspension dans l'air est maîtrisée et qui est construit et utilisé de manière 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.

ZONE A RISQUE

Espace défini et délimité, où des individus, des produits ou des matériaux (ou une combinaison quelconque de cet ensemble) présentent une vulnérabilité particulière à la contamination.

Il y a lieu de prendre en considération les niveaux de risque suivants :

zone 4 : zone à très hauts risques infectieux ;

zone 3 : zone à hauts risques infectieux ;

zone 2 : zone à risques modérés ;

zone 1 : zone non classée.

Liste des annexes

| | | |
|------------------|---|------|
| Annexe 1 | Liste des personnes rencontrées | P 67 |
| Annexe 2 | Méthodes d'essai des filtres | P 68 |
| Annexe 3 | Classification des filtres | P 70 |
| Annexe 4 | Diagramme de Whitby, Répartition des particules dans l'atmosphère | P 71 |
| Annexe 5 | Classes de propreté particulaire de l'air | P 72 |
| Annexe 6 | Projet de norme NF S 90351 | P 73 |
| Annexe 7 | Liste des sites Internet, Liste des Colloques | P 74 |
| Annexe 8 | Grilles d'entretien | P 76 |
| Annexe 9 | Liste des textes réglementaires | P 85 |
| Annexe 10 | Documents de référence et Contrôles réglementaires | P 86 |
| Annexe 11 | Fiche de signalement des IN | P 89 |
| Annexe 12 | Schémas des Systèmes de Traitement d'Air des services de grands brûlés visités | P 92 |
| Annexe 13 | Epidémie de SARM dans le service de brûlés, Lettre du CLIN de Saint-Antoine | P 94 |
| Annexe 14 | Dimensionnement d'une étude de cohorte | P 95 |

ANNEXE 1

LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

AU COURS DES VISITES DES SERVICES DE GRANDS BRULES

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Hôpital Cochin | Daniel Wassermann Geneviève Petitgas Nicolas Maury Francis Klutch Gérard Vedel | Chef de service Cadre Supérieur Infirmier Ingénieur Travaux et Maintenance Services Techniques Laboratoire Bactériologie |
| Hôpital Saint-Antoine | Florence Charreyre Damien Saumon Patricia Feldman | Cadre Supérieur Infirmier Services Techniques Cadre Supérieur Hygiéniste |
| Hôpital Armand-Trousseau | Jean-Baptiste Durfourcq Philippe Causel Didier Moissenet | Responsable de l'unité Services Travaux Laboratoire Bactériologie |

AUTRES

| | | |
|---------------------|---|--|
| Francis Deroin | Chef de service Laboratoire de parasitologie et de mycologie, Hôpital Saint-Louis | |
| Michèle Huang | Cadre Supérieur Hygiéniste, Equipe opérationnelle d'hygiène du Siège de l'AP-HP | |
| Gilles Huselstein | Responsable d'exploitation technique, Hôpital d'instruction des armées Percy | |
| Jacques Lortholary | Technicien biohygiéniste, Equipe opérationnelle d'hygiène du Siège de l'AP-HP | |
| Jacques Naitychia | Ingénieur Services techniques, Hôpital Saint-Louis | |
| Nicole Préaux | Pharmacien, Hôpital Antoine Béclère | |
| Renée RunigoMagis | Ingénieur Sécurité du Travail, Service central de médecine du travail, AP-HP | |
| Fabien Squinazi | Chef du département Santé et Hygiène urbaine, Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris ; Président de l'ASPEC | |
| Alexandre Starinsky | Responsable Applications médicales, Air In Space | |
| Jean-Michel Vanhée | Chef de produit Ultra-Propreté, Camfil (Produits et Services, Filtration d'air) | |
| Denis Walser | Directeur des Travaux Hôpital Antoine Béclère | |

ANNEXE 2

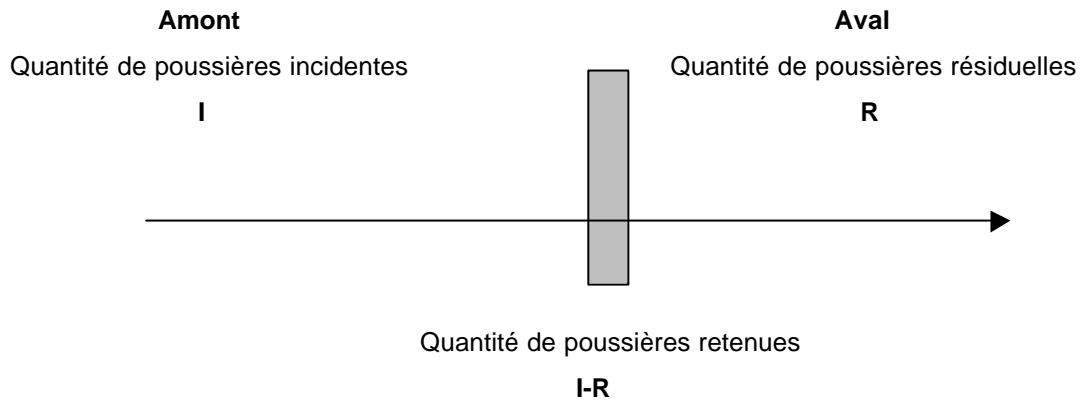
METHODES D'ESSAI DES FILTRES

FILTRES DE VENTILATION GENERALE (NORME NF EN 779)

Les filtres subissent deux types d'essai et sont classés selon leur efficacité.

Efficacité

L'efficacité E est égale au rapport de la quantité de poussières retenues par le filtre par la quantité de poussières incidentes.



$$E(\%) = \frac{I - R}{I} \times 100$$

Essai gravimétrique

On injecte en amont du filtre en essai de la poussière normalisée. On détermine ensuite par pesée la proportion pondérale retenue par le filtre.

L'opération est réalisée sur filtre neuf puis à divers stades de colmatage selon un procédé de colmatage accéléré. L'efficacité retenue correspond à l'efficacité moyenne pondérée calculée à partir des valeurs obtenues aux différentes étapes de colmatage jusqu'à une perte de charge finale de 250 Pa.

Remarques

- Le filtre ne fonctionne pas dans des conditions normales :
 - colmatage accéléré ;
 - concentrations pondérales 700 fois supérieures à des concentrations atmosphériques ;
 - composition de la poussière d'essai non représentative de l'aérosol atmosphérique.
- La valeur d'efficacité affichée est supérieure à l'efficacité initiale, filtre neuf.

Essai opacimétrique

On utilise comme aérosol d'essai l'air atmosphérique. On visualise les taux de poussière en amont et en aval du filtre par la méthode de la tache de poussière en aspirant l'air au travers d'une pastille de papier filtrant blanc de très haute efficacité. La comparaison des degrés de noircissement amont et aval par méthode opacimétrique (mesure de l'opacité (ce qui ne laisse pas passer la lumière)) permet de déduire le « rendement à la tache de poussière atmosphérique » ou efficacité opacimétrique.

L'opération est réalisée sur filtre neuf puis à divers stades de colmatage accéléré. L'efficacité retenue correspond à l'efficacité moyenne pondérée calculée à partir des valeurs obtenues aux différentes étapes de colmatage jusqu'à une perte de charge finale de 450 Pa.

Remarques

- Le filtre ne fonctionne pas dans des conditions normales : colmatage accéléré.
- La valeur d'efficacité affichée, étant une valeur moyenne pondérée sur le colmatage, est supérieure à l'efficacité initiale, filtre neuf.

FILTRES A TRES HAUTE EFFICACITE (NORME NF EN 1822)

Les performances d'efficacité doivent être déterminées dans les circonstances les plus défavorables : sur filtre neuf et au rendement par rapport à la dimension de la particule la plus pénétrante (environ 0,17 µm) appelée MPSS : Most Penetrating Particle Size. On détermine l'efficacité locale minimale.

Le taux de fuite local maximal (ou pénétration locale maximale) est quantifié pour chaque filtre.

Pénétration

La pénétration P est égale à : $P = 1 - E$. C'est la proportion de particules qui sont passées au travers du filtre. D'après le schéma,

$$P(\%) = \frac{R}{I} \times 100$$

Pour quantifier le pouvoir épurateur, les méthodes d'essai reposent sur un schéma de base simple. On place les filtres à tester dans une veine aéraulique réglée à leur débit d'utilisation ; on injecte un aérosol d'essai défini en amont. On effectue les mesures en amont et en aval puis on en déduit ce que les filtres ont retenu. Il reste à choisir l'aérosol test qui doit être composé de particules liquides.

Trois étapes sont ensuite nécessaires :

- Déterminer l'efficacité spectrale (en fonction de la taille des particules) des éléments filtrants afin de tracer une courbe d'efficacité spectrale.

On détermine ainsi la dimension des particules pour laquelle la pénétration est la plus élevée (et donc l'efficacité minimale) : MPPS.

- Vérifier l'absence de fuite de l'élément filtrant au débit d'air nominal à l'aide d'un aérosol d'essai de dimension moyenne correspondant à la MPPS.
- Vérifier l'efficacité intégrale de l'élément à l'aide du même aérosol d'essai.

Chaque filtre absolu est testé individuellement lors de sa fabrication à l'usine, avant d'être vendu.

ANNEXE 3

CLASSIFICATION DES FILTRES

FILTRES DE VENTILATION GENERALE TESTES SELON LA METHODE GRAVIMETRIQUE ET CLASSES SELON LA NORME NF EN 779

Filtres grossiers (G)

| Classe | E % gravimétrique |
|--------|-------------------|
| G1 | <65 |
| G2 | 65-80 |
| G3 | 80-90 |
| G4 | >90 |

FILTRES DE VENTILATION GENERALE TESTES SELON LA METHODE OPACIMETRIQUE ET CLASSES SELON LA NORME NF EN 779

Filtres fins (F)

| Classe | E % opacimétrique |
|--------|-------------------|
| F5 | 40-60 |
| F6 | 60-80 |
| F7 | 80-90 |
| F8 | 90-95 |
| F9 | >95 |

FILTRES A TRES HAUTE EFFICACITE : ESSAYES ET CLASSES SELON LA NORME NF EN 1822

HEPA : High Efficiency Particulate Air (H)

ULPA : Ultra Low Penetration Air (U)

| Classe | Efficacité % MPPS* |
|--------|--------------------|
| H10 | 85 |
| H11 | 95 |
| H12 | 99.5 |
| H13 | 99.95 |
| H14 | 99.995 |
| U15 | 99.9995 |
| U16 | 99.99995 |
| U17 | 99.999995 |

* MPPS = Most Penetrating Particle Size. Cela correspond à un diamètre de 0,17 µm.

ANNEXE 4

DIAGRAMME DE WHITBY (NON PUBLIE)

REPARTITION DES PARTICULES DANS L'AIR ATMOSPHERIQUE

CONCLUSIONS

- ↵ 99.9 % du nombre des particules mesurent moins de 1 μm de diamètre apparent.
- ↵ La surface projetée de ces particules de diamètre inférieur à 1 μm représente plus de 80 % de la surface projetée totale de l'ensemble de ces particules.
- ↵ Le poids de ces mêmes particules (de diamètre inférieur à 1 μm) représente à peine 30 % du poids total de ces mêmes particules.

ANNEXE 5
CLASSES DE PROPRETE PARTICULAIRE DE L'AIR
norme NF EN ISO 14644-1

| Numéro de classification ISO | Concentrations maximales admissibles (particules/m ³) en particules de taille égale ou supérieure à celles données ci-dessous (micromètres) | | | | | |
|------------------------------|---|---------|---------|------------|-----------|---------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1 | 5 |
| ISO 1 | 10 | 2 | | | | |
| ISO 2 | 100 | 24 | 10 | 4 | | |
| ISO 3 | 1000 | 237 | 10 | 35 | 8 | |
| ISO 4 | 10 000 | 2370 | 1020 | 352 | 83 | |
| ISO 5 | 100 000 | 23 700 | 10 200 | 3520 | 832 | 29 |
| ISO 6 | 1 000 000 | 237 000 | 102 000 | 35 200 | 8320 | 293 |
| ISO 7 | | | | 352 000 | 83 200 | 2930 |
| ISO 8 | | | | 3 520 000 | 832 000 | 29 300 |
| ISO 9 | | | | 35 200 000 | 8 320 000 | 293 000 |

ANNEXE 6 (NON PUBLIEE)
PROJET DE NORME NF S 90 351

ANNEXE 7

LISTE DES SITES INTERNET CONSULTES

REGLEMENTATION

www.legifrance.gouv.fr/

www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/index.htm

www.admi.net/jo/textes/droite.shtml

www.Etudes-hospitalieres.fr/editions/

www.who.int/environmental_information/Air/Guidelines/Chapter4.htm

www.caducee.net/

www.chez.com/velocite/loi_air.html

NORMES

www.iso.ch/iso/en/

www.AFNOR.fr/portail/portail.asp

www.cneh.fr

RECOMMANDATIONS – HYGIENE HOSPITALIERE

www.sante.gouv.fr/hm/pointsur/nosoco/guide/sommaire.html

www.invs.sante.fr

www.anaes.fr

www.sos-net.eu.org/medical/index.htm

www.asrae.org

www.univ-lille2.fr/nosoweb/index.html

www.univ-st-etienne.fr/facmed/finit/luchtc/methodo2.htm

www.hospvd.ch/swiss-noso/faccueil.htm

www.ccr.jussieu.fr/cclin/

www.seqass-dpm.aphp.fr/

www.coviris.ap-hop-paris.fr/

www.hygienes.tm.fr/

www.aspec.asso.fr

www.aaces-qualibio.com

www.eurosurveillance.org/eurosur/index.htm

www.laease.com

www.cclin-sudouest.com/

www.harcourt-international.com/journals/jhin/default.cfm?/thisweek.htm

BRULES

www.sfetb.org/

www.caducee.net/DossierSpecialises/dermatologie/brulure.asp

www.chups.jussieu.fr/polys/orthopedie/polyorto/POLY_Chp.18.html

LISTE DES COLLOQUES

VERS UNE MEILLEURE MAITRISE DES RISQUES A L'HOPITAL

AP-HP

26-27 mars 2002

SECURITE SANITAIRE ET GESTION DU RISQUE ENVIRONNEMENTAL DANS LES ETABLISSEMENTS DE SANTE

Qualibio

6-7 juin 2002

ANNEXE 8

GRILLE TECHNIQUE

ARCHITECTURE INTERNE DU SERVICE

1. Service

↻ Existence d'un sas à l'entrée du service (ou de l'unité accueillant les patients sensibles)

+ pour les personnes :

Un sas pour les patients ?

Un sas pour le personnel ? (Ou deux sas : homme/femme)

Un sas pour les visiteurs ? (Ou couloir de visite extérieur ?)

Existence d'un sas commun pour les personnes (patients, personnel, visiteurs...) ?

Le sas utilisé pour les patients permet-il le passage d'un lit ?

+ sas spécifiques pour :

Matériel ?

Alimentation ?

Linge ?

Déchets ?

↻ Organisation des pressions

Quelle valeur de surpression ou dépression ?

(-> indiquer sur le schéma les valeurs moyennes en Pa)

| | | |
|------------------|-----|-----------|
| Unité à protéger | Sas | Extérieur |
|------------------|-----|-----------|

↻ Ouverture

Le sas est-il équipé d'un dispositif interdisant l'ouverture simultanée des deux portes ?

Les portes sont-elles munies de dispositifs de commande au pied ?

↻ Plan du service

Joindre un plan du service avec localisation :

Différents sas ;

Vestiaires ;

Bureaux ;

Locaux techniques (si accès dans le service clinique) ;

Réserves.

Indiquer le nombre de lits.

2. Chambre

↵ Patient accueilli dans une chambre individuelle ?

↵ Existence d'un sas à l'entrée de la chambre

Chaque chambre est-elle équipée d'un sas individuel ?

Sinon, 1 sas pour combien de chambres ?

Est-il équipé d'un poste de lavage mains ? (si oui, quel type de commandes ?)

Est-il équipé d'un poste d'habillage spécifique ?

↵ Organisation des pressions

Quelles sont les différences de pression appliquées ?

(-> schéma)

| | | |
|---------|-----|-----------------|
| Chambre | Sas | Couloir Service |
|---------|-----|-----------------|

↵ Ouverture

Le sas est-il équipé d'un dispositif interdisant l'ouverture simultanée des deux portes ?

Quelle commande d'ouverture ?

↵ Équipement

Forme de la chambre : Est-elle octogonale ? Hexagonale ?

Surface de la chambre en m² ?

Type de matériaux de revêtement (murs, sols) ? Sans aspérité ? Nettoyable ?

Type de mobilier ? (en particulier le lit)

+ l'équipement médical est-il individuel ou commun à plusieurs chambres ?

↵ Surveillance

Les sas sont-ils équipés d'un dispositif d'affichage extérieur des pressions (manomètre) ?

Si oui, qui les surveille ?

Existe t'il des protocoles d'alerte ?

Quelle est la fréquence des visites préventives des locaux techniques ?

Le service est-il équipé d'alarmes ?

TRAITEMENT D' AIR

1. Objectif

Le service est-il équipé d'un système général de traitement d'air ?

Si oui,

Quelle est sa date de mise en service ?

Quel est son objectif ?

Protéger le patient ?

Protéger l'environnement ?

Empêcher les contaminations croisées ?

2. Exploitation

↪ Quel type de système de traitement d'air ?

Flux ? Laminaire, turbulent, plafond diffusant ?

Combien d'étages de filtration ?

Quels types de filtres ? (avec leur efficacité en % gravimétrique ou opacimétrique)

Y-a-t'il un dispositif de régulation de l'hygrométrie ?

Localisation du filtre terminal ? (centrale ou chambre)

Longueur moyenne de gaine de la centrale de traitement d'air jusqu'au dispositif de soufflage ?

Joindre un schéma du système complet.

↪ Une centrale pour le service ou une pour chaque chambre ?

↪ Valeurs :

Taux de renouvellement ?

Débit air soufflé ?

débit air neuf ?

débit air repris (recyclé) ?

Débit air extrait ?

↪ Qui intervient sur quels paramètres du système de traitement ?

Existe t'il un protocole entre les services techniques et le service clinique ?

Le paramétrage est-il systématique ?

ou ajustable au cas par cas en fonction de :

l'état du patient ?

l'organisation du service ?

↪ Le service est-il équipé d'un dispositif de centralisation ?

3. Maintenance

↪ Existe t'il une notice d'instruction + consignes d'utilisation ?
(comme prévu par la réglementation)

↪ Existe t'il des procédures de maintenance définies ?

Qui est responsable de leur application ?

Joindre les protocoles.

Le contrôle particulière est-il effectué par un organisme extérieur ?

Quelle est sa fréquence ?

↪ Fréquence de changement des préfiltres et filtres ?

Accessibilité aux gaines ?

Les services techniques sont-ils équipés d'un jeu de rechange de tous les composants sensibles (filtres absolus en particulier) de la centrale de traitement d'air ?

↪ Traçabilité

Dossier d'entretien : qui le tient à jour ?

A qui est –il diffusé ?

COORDINATION DES EQUIPES TECHNIQUES/EQUIPES D'HYGIENE/EQUIPES CLINIQUES

1. Surveillance

L'attribution des rôles de chacun est-elle bien définie ? (existence d'un document écrit ?)

Existe t'il des procédures d'alerte définies ?

2. Maintenance

Toutes les équipes sont-elles informées de la programmation des opérations de maintenance ?

Toutes les équipes sont-elles informées des résultats des opérations de maintenance et d'auto-contrôle (particulière notamment) ?

Le personnel technique a t'il reçu une formation au risque aéroporté ?

3. Episode épidémique

Existe t'il une procédure d'investigation coordonnée ?

Est-il prévu la vérification de :

Comptage particulière ?

Suppressions/dépressions ?

Vitesse – Débits – Taux de renouvellement ?

GRILLE ENVIRONNEMENT

CONTROLE DE ROUTINE

1. Protocole

↻ Fréquence des prélèvements Air et Surfaces ?

↻ Qui effectue ces prélèvements ?

↻ Lieux de prélèvement ?

↻ Technique de prélèvement :

Pour l'Air :

Quel type de bio collecteur ?

Quel volume d'air prélevé ?

Quelle durée de prélèvement ?

Pour les Surfaces :

Boîtes contact ou écouvillons ?

↻ Analyse :

Température d'incubation,

Durée d'incubation ?

Milieu de culture ?

Quels sont les germes recherchés ?

Flore fongique totale ou recherche systématique d'Aspergillus ?

↻ A quelles normes de référence sont comparés les résultats d'analyse ?

Normes officielles ?

Normes internes à l'hôpital, établies par le CLIN ?

↻ Les résultats sont-ils diffusés :

Au CLIN ?

Au service clinique ?

Aux services techniques ?

Autres ?

2. Les données du service

↻ Quels germes sont rencontrés fréquemment ?

+ données sur l'écologie : multirésistance ?...

↪ Les données sont-elles conservées ?

Qui en est responsable ?

Lieu d'archivage ?

↪ Information sur le rôle de surfaces dans la contamination de l'air.

CONTROLE HORS ROUTINE

↪ A quelle occasion ?

Travaux ?

Sortie d'un malade ?

A la suite d'opérations de maintenance ?

↪ Est-ce le même protocole ?

+ Recherche des mêmes germes que lors du contrôle de routine ?

COORDINATION DES EQUIPES D'HYGIENE/EQUIPES CLINIQUES/EQUIPES TECHNIQUES

1. Surveillance

L'attribution des rôles de chacun est-elle bien définie ? (Existence d'un document écrit ?)

Existe t'il des procédures d'alerte définies ?

Fonction du CLIN et de l'équipe opérationnelle d'hygiène ?

Plans de surveillance et de prévention

Toutes les équipes sont-elles informées des résultats des opérations de surveillance de l'environnement ?

2. Maintenance

Toutes les équipes sont-elles informées de la programmation des opérations de maintenance ?

Toutes les équipes sont-elles informées des résultats des opérations de maintenance et d'auto-contrôle (particulaire notamment) ?

3. Episode épidémique

↪ Existe t'il une procédure d'investigation coordonnée ?

Existe t'il un protocole spécifique pour le prélèvement et l'analyse d'échantillons d'air/surfaces ?

↪ Bilans du CLIN ?

↪ Existe t'il des études épidémiologiques dans ce service ?

De quel type ?

↪ Faisabilité d'une étude épidémiologique ?

↪ Faisabilité d'une évaluation de risques

GRILLE MEDICALE

PRESENTATION DU SERVICE

Structure de l'équipe de soins ? Effectifs ?

Nombre de lits :

Total ?

Hospitalisation classique ?

Réanimation ?

Nombre de patients accueillis par an ?

DMS ? (durée moyenne du séjour)

ORGANISATION DES SOINS

1. Circulation

☞ A l'intérieur du service

Les circuits de personnes, de matériel (entrée dans le service de chariots, lits...), etc sont-ils respectés ?

☞ Modalités de transfert du patient

Les transferts sont-ils limités ?

Pénétration dans le service d'équipements médicaux ?

☞ Modalités d'accueil des visiteurs

Couloir extérieur de visite ?

Si entrée des visiteurs dans le service :

Leur nombre par malade est-il limité ? A combien ? Durée autorisée de la visite ?

Reçoivent-ils une éducation relative à l'hygiène ? Lavage des mains, tenue spécifique ?

2. Hygiène du Personnel Médical

☞ Quelle est la tenue obligatoire pour circuler dans l'ensemble du service ?

Existe t'il une tenue spécifique pour pénétrer dans les chambres ? Laquelle ?

☞ Décrire le lavage des mains.

☞ Prélèvements biologiques du personnel ?

Sont-ils systématiques ?

EXPLOITATION DU SYSTEME DE TRAITEMENT D'AIR

☞ Quels paramètres peuvent être réglés individuellement par l'équipe médicale ?

☞ Le personnel soignant participe t'il à l'auto-surveillance ?

☞ Existe t'il des procédures d'alerte définies ?

NETTOYAGE

1. Protocole

☞ Existe-t-il un protocole pour le bio-nettoyage quotidien ?

☞ Qui est responsable de son application ?

☞ Qui effectue le bio-nettoyage :

Le personnel du service ?

L'équipe de l'hôpital ? (dans ce cas, toujours les mêmes agents ?)

Une équipe extérieure ?

☞ Quelle est la fréquence du bio-nettoyage ?

☞ Quelles sont les modalités du nettoyage ?

Tous ces points sont à documenter en différenciant les cibles du bio nettoyage :

Sol et surfaces horizontales ?

Environnement immédiat du malade (éclairage, table...) ?

2. Traçabilité

Le bio nettoyage fait-il l'objet de procédures :

Écrites ?

Datées ? Signées ?

3. Evaluation

Existe-t-il une évaluation régulière du bio nettoyage ?

Tous ces points doivent être documentés en différenciant les trois types de bio nettoyage :

Quotidien,

A la sortie définitive d'un patient,

A la suite des opérations de maintenance.

SURVEILLANCE INFECTIONS NOSOCOMIALES

1. Les données du service

☞ Nombre d'IN par an ?

Caractéristiques de ces infections :

Germes les plus fréquents ?

Importance des IN aéroportées ?

Ecologie des germes : importance des multirésistants ?

☞ Bruit de fond ou épisodes épidémiques ?

☞ Au sein du service, y-a-t'il des études épidémiologiques :

Existantes ?

En cours ? Si oui, joindre protocole et résultats.

2. Surveillance du patient

- ↖ Fréquence des prélèvements ?
- ↖ Sites prélevés ?

3. Données recueillies lors d'IN

Diagnostic de l'IN

Origine du germe

Déclaration Obligatoire (DO) : contenu ?

Données concernant le système de traitement d'air et le paramétrage ?

Recueil de données systématiques :

Age, sexe...

Pathologie

Si grand brûlé : gravité ?

Etat du système immunitaire

Présence de dispositifs invasifs

COORDINATION EQUIPES CLINIQUES/EQUIPES D'HYGIENE/EQUIPES TECHNIQUES

1. Surveillance

L'attribution des rôles de chacun est-elle bien définie ? (Existence d'un document écrit ?)

Existe t'il des procédures d'alerte définies ?

Fonction du CLIN et de l'équipe opérationnelle d'hygiène ?

Plans de surveillance et de prévention

Toutes les équipes sont-elles informées des résultats des opérations de surveillance de l'environnement ?

2. Maintenance

Toutes les équipes sont-elles informées de la programmation des opérations de maintenance ?

Toutes les équipes sont-elles informées des résultats des opérations de maintenance et d'auto-contrôle (particulaire notamment) ?

Le personnel réalisant le nettoyage a t'il reçu une formation au risque aéroporté ?

3. Episode épidémique

↖ Existe t'il une procédure d'investigation coordonnée ?

↖ Bilans du CLIN ?

↖ Existe t'il des études épidémiologiques dans ce service ?

De quel type ?

↖ Faisabilité d'une étude épidémiologique ?

↖ Faisabilité d'une évaluation de risques ?

ANNEXE 9

LISTE DES TEXTES REGLEMENTAIRES RELATIFS A L'AIR EN MILIEU HOSPITALIER

CODE DU TRAVAIL

Partie législative : articles L 231-1 et L 231-2

Partie réglementaire

Articles R 232-5 à R232-5-14

Décret 84.1093 du 7 décembre 1984 (modifié par les décrets 87.809 puis 92.333)

Obligations générales du chef d'établissement

Articles R 235-2-4 à R 235-2-8

Décret 84.1094 du 7 décembre 1984

Obligations du maître d'ouvrage

Circulaire du 9 mai 1985 commentant les décrets 84.1093 et 84.1094.

Arrêtés d'application

Arrêté du 8 octobre 1987

Obligations du chef d'établissement

Arrêté du 9 octobre 1987 (complété par l'arrêté du 24 décembre 1993)

Contrôles par l'Inspection du Travail

REGLEMENT SANITAIRE DEPARTEMENTAL

Circulaire du 9 août 1978 modifiée

Article 24

Articles 63 à 66.3

CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION

Articles R 111-20 et R 111-21

Caractéristiques thermiques des bâtiments et de leurs équipements

Articles R 11-23-1 à R 111-23-3

Caractéristiques acoustiques des équipements

Article R 121-1 à R 123-55

Réglementation Sécurité Incendie, complétée par l'article U34.

ANNEXE 10

DOCUMENTS DE REFERENCE REGLEMENTAIRES

NOTICE D'INSTRUCTION

Le maître d'ouvrage doit transmettre au chef d'établissement une notice d'instruction devant notamment indiquer :

- ↵ en cas de ventilation mécanique, le débit d'air neuf assuré pour chaque local ;
- ↵ pour les installations de captage : les caractéristiques principales (débit, pression statique, efficacité minimale) ;
- ↵ pour les installations de recyclage : le rendement minimal de l'épuration ;
- ↵ toutes informations permettant la conduite et l'entretien de ces installations ;
- ↵ les mesures en cas de panne.

Le chef d'établissement a obligation de tenir à jour la notice d'instruction comprenant les valeurs de référence qui sont :

Pour les locaux à pollution non spécifique :

- ↵ le débit global minimal d'air neuf ;
- ↵ le débit minimal d'air neuf par local ;
- ↵ les pressions statiques ou vitesses d'air, en des points caractéristiques des installations, associées à des débits ;
- ↵ caractéristiques des filtres installés : classe d'efficacité, perte de charge initiale et maximale admise.

Pour les locaux à pollution spécifique :

- ↵ indication du ou des polluants représentatifs de la pollution ambiante ;
- ↵ débit d'air extrait par chaque système de captage, ainsi que les pressions statiques ou les vitesses d'air, en des points caractéristiques des installations, associées à des débits ;
- ↵ débit global d'air extrait ;
- ↵ efficacité de captage minimale des systèmes d'aspiration (obtenue soit par conformité à des normes en vigueur, soit par mesure) ;

pour les installations, soit qui comportent un recyclage, soient qui sont implantées dans des locaux pourvus de systèmes de recyclage :

- ↵ débit d'air neuf introduit dans les locaux ;
- ↵ efficacité minimale des systèmes d'épuration, et dans le cas de poussières efficacité par tranches granulométriques ;
- ↵ concentration en poussières sans effet spécifique ou en autres polluants, en différents points caractéristiques (dans le local, dans les gaines de recyclage ou à la sortie de l'écoulement canalisé).

Bien que les textes officiels soient peu explicites, il semble logique que les dispositions mentionnées pour les locaux à pollution non spécifique s'appliquent également aux locaux à pollution spécifique.

CONSIGNES D'UTILISATION

Le chef d'établissement doit également élaborer, sur la base de la notice d'instruction et tenir à jour les consignes d'utilisation qui doivent reprendre les points suivants :

- ↻ pour les installations de ventilation mécanique : le débit d'air neuf assuré pour chaque local ;
- ↻ pour les installations de captage : l'efficacité du captage ou à défaut le débit d'air extrait ;
- ↻ pour les installations de recyclage : l'efficacité de l'épuration ;

et pour chaque type d'installation citée précédemment, la consigne doit également mentionner :

- ↻ des mesures détaillées en cas de panne ;
- ↻ des informations permettant leur conduite et leur entretien.

Les consignes d'utilisation doivent aussi inclure un dossier d'entretien.

DOSSIER D'ENTRETIEN

Le maître d'ouvrage doit élaborer et transmettre aux utilisateurs, au moment de la prise de possession des locaux et au plus tard dans le mois qui suit, un dossier d'entretien des lieux de travail. Dans ce dossier doivent notamment figurer les dispositions prises pour faciliter les travaux d'entretien, en particulier les accès aux canalisations en galerie technique.

Le chef d'établissement doit indiquer dans le dossier d'entretien les dates et résultats des contrôles périodiques, les opérations d'entretien, de nettoyage ainsi que les réglages et les aménagements apportés aux installations.

CONTROLE PERIODIQUE DES INSTALLATIONS

Le chef d'établissement est tenu d'assurer régulièrement le contrôle périodique des installations.

Les listes des contrôles périodiques à effectuer sont précisées :

Pour les locaux à pollution non spécifique :

- ↻ contrôle du débit global minimal d'air neuf de l'installation ;
- ↻ examen de l'état des éléments de l'installation (système d'introduction et d'extraction, gaines, ventilateur) et plus particulièrement de la présence et de la conformité des filtres de rechange par rapport à la fourniture initiale (caractéristique, classe d'efficacité, dimensions, perte de charge) ;
- ↻ examen de l'état des systèmes de traitement d'air (humidificateur, batterie d'échangeurs) ;
- ↻ contrôle des pressions statiques ou vitesses d'air, aux points caractéristiques de l'installation.

Ces opérations doivent être effectuées au minimum une fois par an et leurs résultats doivent être portés sur le dossier de maintenance.

Pour les locaux à pollution spécifique :

Certaines opérations doivent être effectuées au minimum tous les ans :

- ↻ contrôle du débit global d'air extrait par l'installation ;

- ↵ contrôle des pressions statiques ou des vitesses aux points caractéristiques, notamment au niveau des systèmes de captage ;
- ↵ examen de l'état de tous les éléments de l'installation (système de captage, gaines, dépoussiéreurs, épurateurs, systèmes d'apport d'air de compensation...).

D'autres opérations doivent être effectuées au minimum tous les six mois lorsqu'il existe un système de recyclage :

- ↵ contrôle de la concentration en poussières sans effet spécifique ou en autres polluants dans les gaines de recyclage ou à leur sortie dans un écoulement canalisé ;
- ↵ contrôle de tous les systèmes de surveillance mis en œuvre.

CONTROLE POUVANT ETRE PRESCRIT PAR L'INSPECTION DU TRAVAIL

Les contrôles pouvant être prescrits sont les suivants :

Pour les locaux à pollution non spécifique :

- ↵ mesure du débit d'air (et notamment la mesure du débit d'air neuf) ;
- ↵ contrôle des filtres ;
- ↵ situation des prises d'air neuf (en prenant en compte la direction des vents dominants).

Pour les locaux à pollution spécifique :

- ↵ mesure du débit d'air (et débit d'air neuf) ;
- ↵ situation des prises d'air neuf(en prenant en compte la direction des vents dominants) ;
- ↵ mesure de l'efficacité du captage ;

lorsque l'air est recyclé :

- ↵ la mesure de l'efficacité d'épuration, et s'il y a lieu, dans le cas de poussières, l'efficacité par tranches granulométriques ;
- ↵ le contrôle des filtres ou des dépoussiéreurs, des épurateurs, des systèmes de surveillance ;
- ↵ la mesure de concentrations en poussières totales et alvéolaires.

ANNEXE 11

FICHE 2001 DE SIGNALEMENT DES INFECTIONS NOSOCOMIALES

ANNEXE 1 DE LA CIRCULAIRE DHOS/E2 – DGS/SD5 C N°2001-383 DU 30/07/01

ETABLISSEMENT

Code FINESS de l'établissement

Coordonnées de la Personne contact (praticien de l'équipe opérationnelle d'hygiène)

Coordonnées du Responsable du signalement (si différent du praticien en hygiène)

EVENEMENT N°

Nombre de cas

Date de début du 1er cas

MOTIFS DE SIGNALEMENT (A COCHER OBLIGATOIREMENT)

1. Infection nosocomiale ayant un caractère rare ou particulier, par rapport aux données épidémiologiques locales, régionales et nationales, du fait :

1.a. De l'agent pathogène en cause (sa nature, ses caractéristiques, son profil de résistance aux anti-infectieux)

Agent pathogène envoyé au CNR :

Oui Non

Date :

1.b. De la localisation de l'infection chez la ou les personnes atteintes

1.c. De l'utilisation d'un dispositif médical

Signalement de matériovigilance fait pour ce cas :

Oui Non

Date :

1.d. De procédures ou pratiques pouvant exposer ou avoir exposé d'autres personnes au même risque infectieux, lors d'un acte invasif

2. Décès lié à une infection nosocomiale

3. Infection nosocomiale suspecte d'être causée par un germe présent dans l'eau ou dans l'air environnant

4. Maladie devant faire l'objet d'une transmission obligatoire de données individuelles à l'autorité sanitaire (en application de l'article R. 11-2) et dont l'origine nosocomiale peut être suspectée

DO faite pour cette maladie :

Oui Non

Date de la DO

☞ Aucun des critères précédents n'est rempli : Justification des critères de signalement (éléments de gravité, potentiel épidémique, caractère exceptionnel) :

DESCRIPTION DE L'EVENEMENT

(joindre si nécessaire les documents établis par l'établissement, anonymisés)

Nombre de cas certains ou probables : Dont décédés :

Date de diagnostic du 1er cas certain ou probable :

SECTEUR(S) D'ACTIVITE(S) CONCERNE(S) :

Un secteur Plusieurs secteurs Inconnu
Lequel Lesquels

PROCEDURE(S) DE SOIN(S) CONCERNEE(S) :

Connue(s) Inconnu
Laquelle

DISPOSITIF MEDICAL CONCERNE :

Connu Inconnu
Lequel

POSSIBILITE D'EXPOSITION D'AUTRES PATIENTS AU MEME RISQUE :

Oui Non Inconnu
si oui combien
Si oui, dépistage nécessaire

SI PLUSIEURS ETABLISSEMENTS SONT CONCERNES, LESQUELS

MICRO-ORGANISME(S) EN CAUSE :

Connu(s) Inconnu
Le(s)quel(s)
Profil de résistance (si applicable)

SITE(S) ANATOMIQUE(S) DE L'INFECTION :

Unique Multiples
Lequel Lesquels

INVESTIGATIONS REALISEES A LA DATE DU SIGNALEMENT

(joindre si nécessaire les documents établis par l'établissement, anonymisés) :

Oui Non En cours

MESURES CORRECTIVES PRISES A LA DATE DU SIGNALEMENT

(joindre si nécessaire les documents établis par l'établissement) :

Oui Non

MESURES CORRECTIVES A LONG TERME A PREVOIR :

Oui Non Ne sait pas

EVOLUTIVITE DE L'EPISODE :

Maîtrisé Evolutif Inconnu

BESOIN D'EXPERTISE EXTERIEURE :

Oui Non

Si oui : Urgent

- pour quel motif (investigation, recommandations)

- type d'expertise pour l'investigation (A définir Epidémiologique Microbiologique Audit des pratiques Autres)

- expertise pour l'élaboration de recommandations : Oui Non

Si oui, précisez

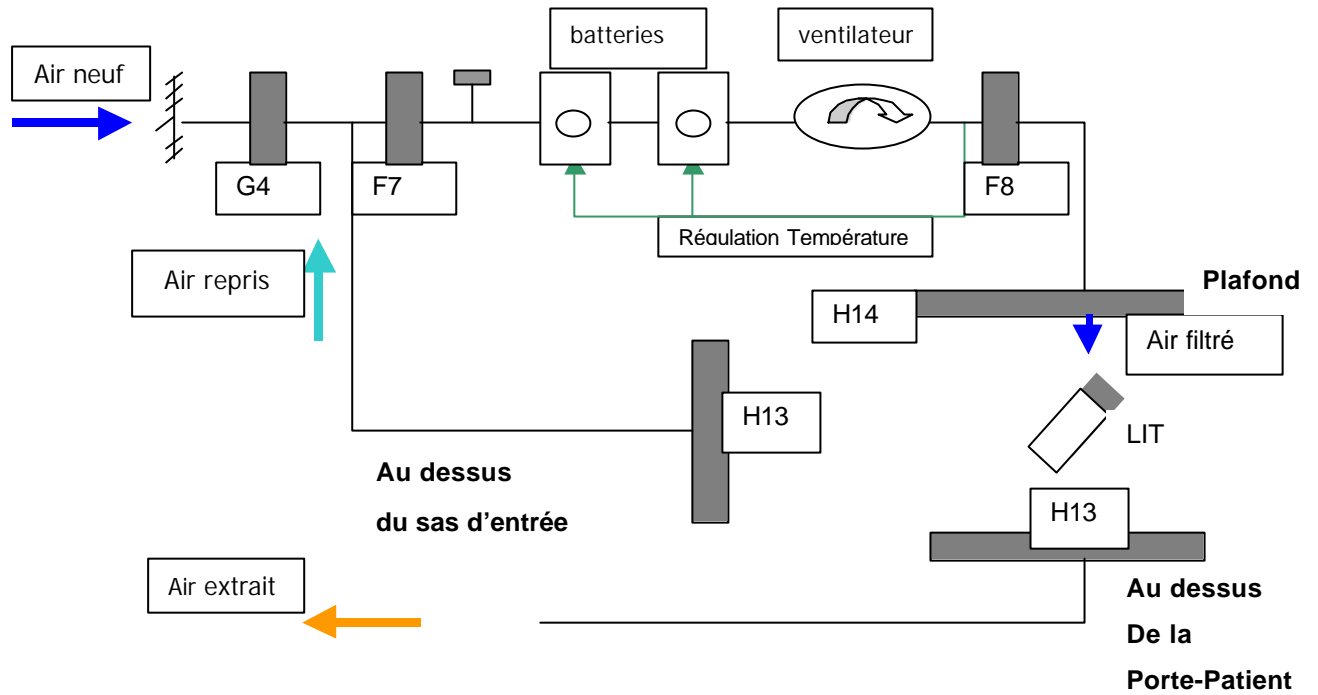
APPRECIATION DU PRATICIEN EN HYGIENE : Cas certain de signalement Cas possible de signalement

ANNEXE 12

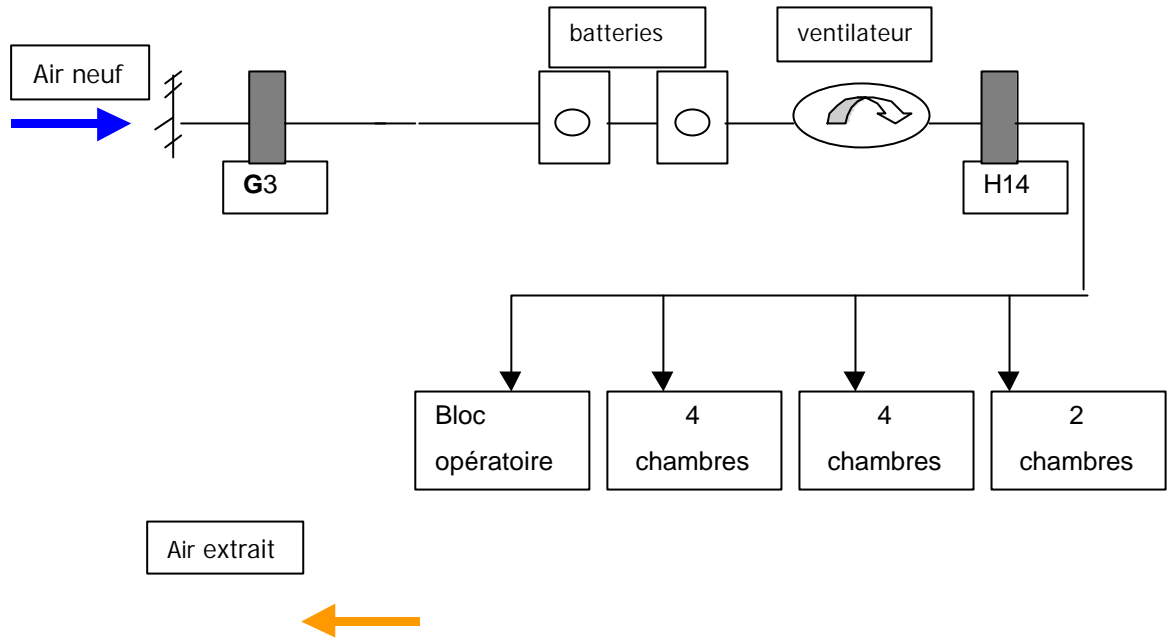
SCHEMAS SIMPLIFIES DES SYSTEMES DE TRAITEMENT D'AIR DES SERVICES DE GRANDS BRULES

SERVICE DE COCHIN

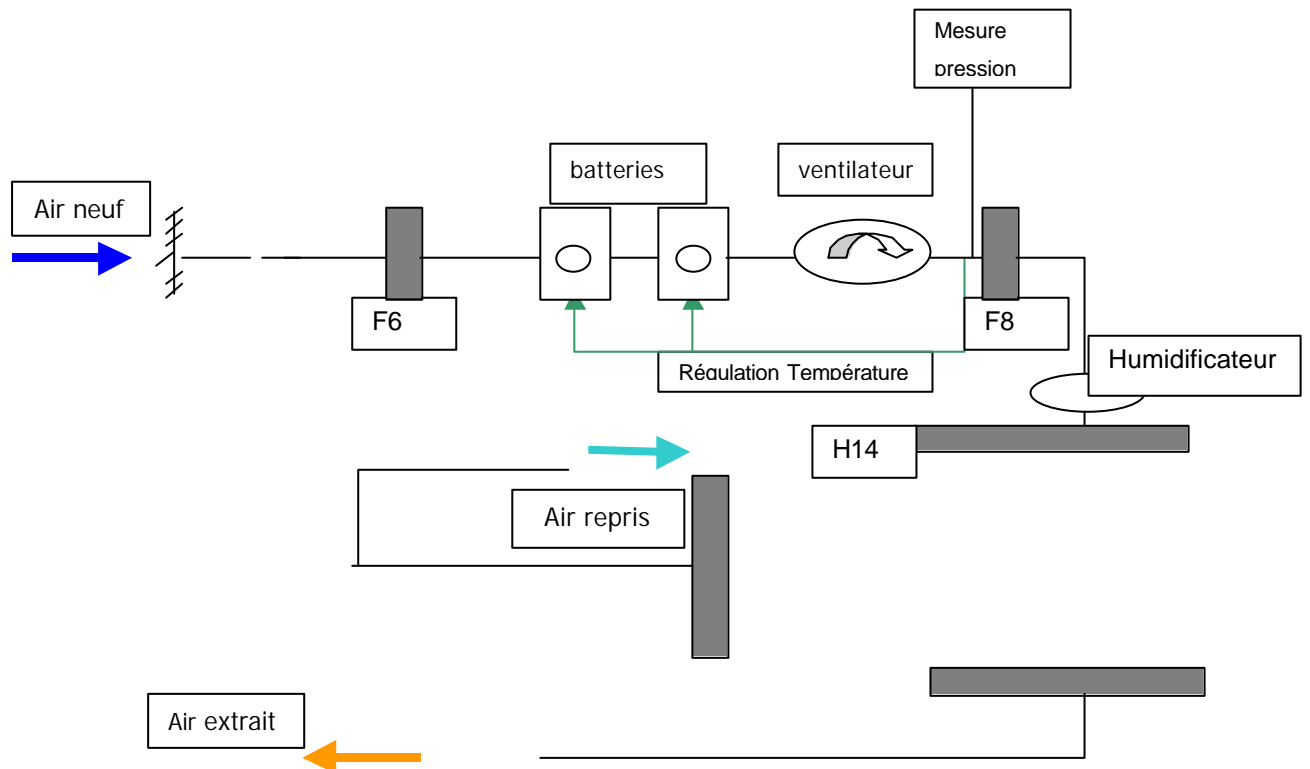
Pour chaque chambre de l'unité des grands brûlés :



SERVICE DE SAINT-ANTOINE



SERVICE D'ARMAND-TROUSSEAU



ANNEXE 13 (NON PUBLIEE)

ANNEXE 14

DIMENSIONNEMENT D'UNE ETUDE DE COHORTE

DMS 40 jours

Nombre de patients dans un service 40 par an

Densité d'incidence des IN potentiellement aéroportées 8,7 pour 1000

| Alpha=5% et puissance= 80% | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| RR | Patients-jour | Nombre de sujets nécessaires | Nombre d'années nécessaires |
| 1,1 | 190072 | 4752 | 119 |
| 1,5 | 9380 | 235 | 6 |
| 2 | 2897 | 72 | 2 |
| 3 | 998 | 25 | 1 |

| Alpha=5% et puissance= 90% | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| RR | Patients-jour | Nombre de sujets nécessaires | Nombre d'années nécessaires |
| 1,1 | 253678 | 6342 | 159 |
| 1,5 | 12404 | 310 | 8 |
| 2 | 3802 | 95 | 2 |
| 3 | 1298 | 32 | 1 |

Densité d'incidence des IN potentiellement aéroportées 19,2 pour 1000

| Alpha=5% et puissance= 80% | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| RR | Patients-jour | Nombre de sujets nécessaires | Nombre d'années nécessaires |
| 1,1 | 85179 | 2129 | 53 |
| 1,5 | 4196 | 105 | 3 |
| 2 | 1293 | 32 | 1 |
| 3 | 443 | 11 | 0 |

| Alpha=5% et puissance= 90% | | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| RR | Patients-jour | Nombre de sujets nécessaires | Nombre d'années nécessaires |
| 1,1 | 113679 | 2842 | 71 |
| 1,5 | 5548 | 139 | 3 |
| 2 | 1696 | 42 | 1 |
| 3 | 576 | 14 | 0 |