



ENSP

ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : 2002 - 2003

**Elaboration d'un protocole de
surveillance de la qualité de l'air dans
les blocs opératoires des hôpitaux de
Toulouse**

Donatien DIULIUS

Ingénieur ISIM

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le Professeur Nicole MARTY qui m'a accueilli au laboratoire d'hygiène du CHU de Toulouse et qui m'a permis de réaliser ce mémoire.

Je remercie aussi Christine ROQUES, Sandra MALAVAUD et encore Nicole MARTY pour leur aide lors de la relecture et de la finalisation de ce document.

Je suis reconnaissant des conseils que m'ont apportés Séverine DEGUEN et Michèle LEGEAS.

L'ensemble de ce travail est le fruit d'une collaboration étroite avec plusieurs services des hôpitaux de Toulouse.

A ce titre je remercie tous les membres du personnel du laboratoire d'hygiène pour leur aide et/ou pour leur sympathie. Une pensée particulière pour Lucienne, Evelyne, Sylvie, Alex, Claire, Anne, Marcelle, Myriam, Aline, Corinne, Marie-Laure et Séverine.

Je tiens aussi à remercier Madame Linas et Madame Cassaing du laboratoire de Mycologie pour leurs conseils et leur participation à ce travail.

Je remercie aussi le personnel des services techniques et du GBM qui m'ont fait part de leur expérience et de leur connaissance en matière d'assainissement d'air.

Pour finir, merci aux cadres des blocs opératoires pour leur patience et leur collaboration.

RESUME

Les infections nosocomiales au CHU de Toulouse ont une incidence qui varie entre 6 et 7 %. Au bloc opératoire, elles se traduisent généralement par des infections du site opératoire (ISO) dont les conséquences pour les malades peuvent être irréversibles.

L'air est un des vecteurs de germes pathogènes responsables de ces infections. Bien que sa part de responsabilité reste encore difficile à chiffrer, le danger qu'il représente a conduit les institutions hospitalières à équiper les blocs opératoires de systèmes d'assainissement d'air.

L'objectif de ce mémoire est de compléter cette mesure de gestion du risque aéroporté, par la mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'air.

La première partie du mémoire est consacrée à établir un bilan des règles et des normes relatives au traitement de l'air en milieu hospitalier. Du point de vue législatif ce sont le code du travail et le règlement sanitaire départemental qui s'appliquent. Du point de vue normatif, le mémoire présente l'ensemble des normes relatives au traitement de l'air dans les salles à environnement maîtrisé. Une attention particulière est accordée à la nouvelle norme NF S90-351 éditée en juin 2003.

La deuxième partie du mémoire a pour objet de décrire l'activité générale des blocs dans l'objectif de les classer en fonction des risques d'ISO encourus par les patients. Ensuite, pour chacun d'eux, un descriptif du fonctionnement du système d'assainissement de l'air est effectué.

La troisième partie présente l'environnement microbiologique de l'atmosphère des blocs de Rangueil et Purpan. Cette étude descriptive est basée sur des prélèvements d'air effectués depuis 1997. Ce travail a permis de calculer pour chacune des salles de Rangueil et de Purpan la classe d'aérobiocontamination. D'autre part, ce travail a permis d'effectuer un bilan des bactéries pathogènes retrouvées dans l'air des blocs. Près de la moitié des bactéries pathogènes mises en évidence sont des *Staphylococcus aureus*. Grâce au typage moléculaire, nous avons aussi pu montrer la présence rémanente d'une souche de *Staphylococcus aureus* dans chacun des hôpitaux de Rangueil et Purpan.

Enfin, un bilan de la flore mycologique permet de constater la diversité des espèces rencontrées dans l'environnement des blocs opératoires. Une brève analyse statistique a permis de mettre en évidence une variabilité saisonnière des pics de champignons.

Pour finir, une large partie du mémoire est destinée à mettre en place le protocole de surveillance de la qualité de l'air. Ce chapitre met en évidence la nécessité d'apporter une attention particulière aux contrôles des débits et des pressions. Pour les contrôles particuliers et microbiologiques une analyse statistique, basée sur les prélèvements d'air antérieurs, a permis de définir des niveaux d'interprétation adaptés aux moyens technologiques des blocs de Rangueil et Purpan. Enfin, une réflexion sur la répartition des tâches a été abordée.

ABSTRACT

Development of a surveillance protocol of air quality, in operating rooms of the Toulouse hospitals.

The incidence of nosocomial infections in Toulouse hospitals varies between 6 and 7 %. In surgery ward, they generally result in surgical-site infections (SSI) whose consequences can be irreversible.

Air is one of the vectors of pathogenic germs responsible for these infections. Although its share of responsibility remains difficult to quantify, the hazard which it represents led the hospital institutions to equip the operating theatre with air treatment systems.

The objective of this report is to complement the airborne risk management measure, by the development of an air quality monitoring plan.

The first part of the report is aimed at establishing the rules and standards relating to the air treatment in hospital. From the legislative point of view it is the fair labor standards act and the departmental medical payment which apply. From a standards point of view, the report presents the whole of the standards relating to the air treatment in the rooms with controlled environment. A detailed attention is given to the new standard NF S90-351 published in June 2003.

The aim of the second part is to describe the general activity of each surgery service in order to classify them according to the risks of SSI incurred by the patients. Then, for each one of them, a description of the air treatment system is carried out.

The third part presents the microbiological environment in Rangueil and Purpan operating room. This descriptive study is based on air samples carried out since 1997. This work let us calculate the class of aerobiocontamination for each room of Rangueil and Purpan. In addition, an assessment of the pathogenic bacteria found in the air has been done. About half of the pathogenic bacteria highlighted are *Staphylococcus aureus*. Thanks to molecular typing, we also show the remanent presence of a species of *Staphylococcus aureus* in each hospital of Rangueil and Purpan.

Lastly, the diversity of species met in the operating room environment was determined by a mycologic flora assessment. Moreover, a seasonal variability of mushroom peaks was demonstrated by a short statistical analysis.

Finally, a large part of the report is intended to set up the protocol of air quality monitoring. This chapter highlights the need for giving a detailed attention to flows and pressures controls.

A statistical analysis, based on the former air samplings, permitted to define particulate and microbiological levels of interpretation adapted to the technological means of Rangueil and Purpan operating rooms. Lastly, a reflexion on the allocation of the functions was undertaken.

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES UTILISES

AFNOR	Association Française de Normalisation
ASPEC	Association pour la Prévention et l'Etude de la Contamination
BOH2	Bloc Opératoire du bâtiment H2
BRR	Bloc de Réanimation Respiratoire
CCV	Chirurgie Cardio-Vasculaire
CDC	Center of Disease Control
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CLIN	Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales
CTA	Centrale de Traitement d'Air
CTIN	Comité Technique National des Infections Nosocomiales
DGS	Direction Générale de la Santé
DHOS	Direction de l'hospitalisation et de l'Organisation des soins
GBM	Génie Biomédical
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
IN	Infection Nosocomiale
ISO	International Standard Organisation
ISO	Infection du Site Opératoire
OPH	Ophthalmologie
ORL	Oto-Rhino-Laryngologie
RSD	Règlement Sanitaire Départemental
SA	<i>Staphylococcus aureus</i>
SARM	<i>Staphylococcus aureus</i> Résistant à la Méricilline
SCN	<i>Staphylococcus</i> à Coagulase Négative

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES FIGURES	8
INTRODUCTION	9
I. ETAT DES LIEUX DE LA RÉGLEMENTATION.....	10
I.1. Aspects législatifs.....	10
I.1.1. Code du travail (décret du 31 mars 1992).....	10
I.1.2. Le règlement sanitaire départemental (RSD).....	11
I.1.3. La réglementation relative à la sécurité contre l'incendie	12
I.2. Aspects normatifs.....	12
I.2.1. La norme NF EN 779 (indice de classement NFX 44-012).....	13
I.2.2. La norme NF EN 1822-1 à 5	13
I.2.3. La norme ISO 14698-1 à 3 (en projet)	13
I.2.4. Les normes ISO 14644-1 à 4 (indice de classement X44-101 à 104)	13
I.2.5. La norme NF S90-351 (juin 2003).....	14
II. LA PROBLÉMATIQUE DU TRAITEMENT DE L'AIR DANS LES BLOCS OPÉRATOIRES	16
II.1. Les agents des infections nosocomiales aéroportées.....	16
II.1.1. Les infections d'origine bactérienne	16
II.1.2. Les infections d'origine mycologique.....	18
II.1.3. Les infections nosocomiales virales	19
II.2. Objectifs du mémoire.....	21
III. BILAN DES SYSTÈMES DE TRAITEMENT DE L'AIR DANS LES BLOCS DU CHU DE TOULOUSE.....	22
III.1. Présentation des blocs opératoires des hôpitaux de Rangueil et Purpan.....	22
III.1.1. Classification des interventions à risque dans les blocs opératoires	22
III.1.2. Présentation générale des blocs opératoires.....	24
III.1.3. Principes généraux d'hygiène dans les blocs.....	31
III.2. Le traitement de l'air dans les blocs du CHU de Toulouse	32
III.2.1. Le fonctionnement des centrales de traitement d'air (CTA).....	33
III.2.2. Les réseaux d'alimentation.....	35
III.2.3. Les types de flux.....	35
IV. BILAN DE LA SURVEILLANCE ACTUELLE AU CHU DE TOULOUSE.....	37
IV.1. La surveillance environnementale.....	37
IV.1.1. La flore bactérienne	37
IV.1.2. Le contrôle particulaire.....	39
IV.1.3. Le contrôle des champignons	40
IV.2. Les infections nosocomiales potentiellement aéroportées	43
IV.2.1. La comparaison des antibiogrammes	44
IV.2.2. La surveillance des infections du site opératoire (ISO).....	44
IV.2.3. Comparaison des souches environnementales retrouvées dans l'air et des isolats des patients	45

V. ELABORATION D'UN PROTOCOLE DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	46
V.1. Les prélèvements d'air	46
V.1.1. Intérêts et objectifs des prélèvements d'air	46
V.1.2. Les niveaux d'interprétation.....	48
V.1.3. Les lieux de prélèvement	51
V.2. Les comptages particulières	52
V.2.1. Intérêts et objectifs des comptages particulières.....	52
V.2.2. Les niveaux d'interprétation.....	53
V.2.3. Les lieux de prélèvements.....	54
V.2.4. Les fréquences de prélèvement en routine	55
V.3. Les paramètres physiques.....	56
V.3.1. La température.....	56
V.3.2. Les débits.....	57
V.3.3. La pression.....	58
V.3.4. Les centrales	58
V.4. Coordination des actions, répartition du travail entre les différents acteurs	59
V.5. Prise en compte des travaux.....	61
V.5.1. Les interventions des services techniques	61
V.5.2. Les interventions du GBM	62
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	63
VII. ANNEXES	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débits d'air neuf minimum par occupant dans les locaux à pollution non spécifique.....	10
Tableau 2 : Facteurs de risque d'infection du site opératoire liés à l'intervention.....	22
Tableau 3 : Estimation de l'importance relative des sources probables de contamination du site opératoire selon le type de chirurgie.....	23
Tableau 5 : Présentation générale de l'activité des blocs de Purpan.....	25
Tableau 6 : Présentation générale des blocs de Ranguel.....	25
Tableau 7: Caractéristiques des centrales de traitements d'air.....	33
Tableau 7 : Analyse statistique de la variabilité inter-saisonnière de la flore mycologique	42
Tableau 8 : Les niveaux d'interprétation de l'aérobiocontamination.....	48
Tableau 9: Aérobiocontamination moyenne dans chaque centrale de Ranguel.....	50
Figure 3 :Histogramme de la flore totale retrouvée dans l'air	51
Tableau 10: Choix des lieux de prélèvement d'air selon l'ASPEC et l'AFNOR	51
Tableau 11: Choix des lieux de comptages particuliers selon l'ASPEC et l'AFNOR.....	54
Tableau 12 : Les contrôles des paramètres de la qualité de l'air	60

Liste des figures

Figure 1 :Répartition des espèces fongiques de l'air	40
Figure 2 :Répartition des espèces fongiques des prélèvements de surface	43
Figure 4 : Les services concernés par le traitement de l'air.....	59
Figure 5 : Exemple d'actions à entreprendre en fonction des résultats de contrôles particuliers	60

Introduction

D'après sa signification étymologique (nosos : maladie, komein : soigner), le terme « nosocomial » est attribué aux infections acquises à la suite de soins. Lorsqu'une telle infection est diagnostiquée, c'est donc l'établissement de santé qui en est la cause et qui en est responsable. En effet, depuis l'arrêté établi par le Conseil d'Etat le 9 décembre 1988, « le fait qu'une infection ait pu se produire révèle une faute dans l'organisation ou le fonctionnement du service hospitalier... ». Régulièrement, les médias se chargent de nous le remettre en mémoire : rappelons le scandale de la clinique du sport, rappelons aussi l'implication de plus en plus importante des populations : ces dernières demandent toujours plus de transparence, elles veulent aussi comprendre le fonctionnement de leur système de santé. Parallèlement, elles acceptent de moins en moins les risques qu'elles ne maîtrisent pas ou qu'elles n'ont pas choisis. Cette pression et cette prise de conscience du public justifient de la part des professionnels de santé, une attention de plus en plus grande envers les infections nosocomiales et ce d'autant plus que cette demande est relayée par la circulaire DHOS-DGS n°2001/83 du 30 juillet 2001. Cette dernière instaure une obligation d'information des patients victimes d'infections nosocomiales.

Cependant ce sont encore les chiffres qui justifient le mieux la nécessité d'une gestion rationnelle de ces infections :

Chaque année en France, 600000 à 1000000 patients admis à l'hôpital sont atteints d'infections nosocomiales, ce qui correspond à une prévalence de 6 à 10% (CTNIC, 1999). Parmi ces personnes 5000 à 10000 en décèdent. En terme de santé publique ces chiffres sont aussi alarmant que ceux des accidents de la route (2002 : 7800 morts).

A cette réalité ajoutons aussi une notion de coût pour les structures de soin et donc pour la collectivité : les infections nosocomiales prolongent la liste des soins à prodiguer ainsi que les temps de séjour.

Finalement, ce bref tableau suffit à justifier les actions des C.L.I.N. et notamment celles du C.H.U. de Toulouse.

La prévalence des infections nosocomiales à Toulouse varie selon les années entre 6 et 7%. Parmi ces infections, on estime que près de 20% sont contractées lors d'un passage dans un des blocs opératoires. Bien que ces valeurs soient légèrement en-dessous de la moyenne nationale, il convient encore de réduire le nombre de ces cas.

Il est reconnu que les mesures de prévention les plus efficaces sont celles qui visent les comportements du personnel, la désinfection des salles, le respect des procédures d'hygiène. En effet, la majorité des infections nosocomiales sont dues au manuportage ou au non-respect de ces procédures. Pourtant, l'expérience et la littérature montrent qu'une partie des infections nosocomiales peut aussi être attribuée à l'environnement et plus particulièrement à l'air.

Dans le cadre de ce mémoire, nous souhaitons donc mettre en place un protocole de surveillance de la qualité de l'air dans les blocs opératoires, afin de protéger les patients opérés dans les hôpitaux de Toulouse des dangers aéroportés.

La réalisation de cet objectif passe tout d'abord par un bilan réglementaire et normatif, notamment avec la présentation de la nouvelle norme AFNOR NF S90-351 relative aux "Salles propres et environnements maîtrisés apparentés" dans les établissements de santé.

Ensuite, une partie du mémoire sera consacrée à la présentation des blocs opératoires, des risques associés aux interventions qui y sont pratiquées et de leur système de traitement d'air.

Enfin, avant d'établir le protocole de surveillance de la qualité de l'air, nous ferons un bilan de la flore environnementale retrouvée dans l'air des blocs des hôpitaux de Toulouse.

I. Etat des lieux de la réglementation

I.1. Aspects législatifs

I.1.1. Code du travail (décret du 31 mars 1992)

L'article R 232-5 du code du travail stipule, que le renouvellement de l'air est obligatoire dans toute zone où le personnel est amené à séjourner. La qualité de l'air doit y être maintenue de sorte à préserver la santé des travailleurs.

Dans ce code, il est effectué un distinguo entre les locaux à pollution spécifique et non-spécifique :

I.1.1.a) Les locaux à pollution non-spécifique :

"Ce sont les locaux où la pollution est liée à la simple présence humaine". Les articles R 232-5-2 à R 232-5 du code du travail fixent les modalités relatives à l'assainissement des locaux concernés par ce type de pollution :

Pour ces pièces, le législateur laisse au maître d'ouvrage deux options : la ventilation peut être mécanique ou naturelle permanente.

- ◆ Dans ce dernier cas, les locaux doivent comporter des ouvrants donnant directement sur l'extérieur et dont les dispositifs de commande sont accessibles aux occupants (Art 232-5-2 du code du travail).
Dans ce cas de figure, le volume par occupant doit être égal ou supérieur à :
 - 15 mètres cubes pour les bureaux ainsi que pour les locaux où est effectué un travail physique léger ;
 - 24 mètres cubes pour les autres locaux.
- ◆ Lors de la mise en œuvre d'une ventilation, le maître d'ouvrage est tenu de s'assurer que les installations 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 ; en particulier ces installations ne doivent pas entraîner d'augmentation significative des niveaux sonores résultant des activités envisagées dans les locaux.
- ◆ Les débits d'air neuf appliqués aux locaux déterminent le nombre maximum de personnes destinées à occuper ces pièces. Lors de la conception, le maître d'ouvrage doit donc prévoir *a priori* l'utilisation ultérieure des locaux.

L' article R 232-5-3 du code du travail, fixe les débits minimaux d'air neuf par occupant :

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

Tableau 1 : Débits d'air neuf minimum par occupant dans les locaux à pollution non spécifique.

Il est important de noter que l'air recyclé n'est pas pris en compte pour le calcul du débit minimal d'air neuf prévu dans le tableau 1.

Remarque : que l'air soit neuf ou recyclé, en présence d'une ventilation il doit être filtré (art 235-2-6 et art 232-5-4 du code du travail).

I.1.1.b) Les locaux à pollution spécifique

Les locaux à pollution spécifique, sont définis par le code du travail comme "des 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 microorganismes potentiellement pathogènes et locaux sanitaires".

L'environnement hospitalier étant constitué de locaux pouvant accueillir des malades infectés, peut être considéré comme des locaux à pollution spécifique.

L'article R232-5-5 du code du travail prévoit que dans ces locaux, les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalées par une personne, sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 milligrammes par mètre cube d'air. Ce règlement impose donc une obligation de résultat, et la mise en œuvre d'une filtration adéquate.

L'article 232-5-7 précise que les émissions sous forme de gaz, vapeurs, aérosols de particules solides ou liquides, de substances insalubres, gênantes ou dangereuses pour la santé des travailleurs doivent être supprimées lorsque les techniques de fonctionnement le permettent.

Par conséquent une ventilation doit être réalisée et son débit déterminé en fonction de la nature et de la quantité des polluants ainsi que, le cas échéant, de la quantité de chaleur à évacuer, sans que le débit minimal d'air neuf puisse être inférieur aux valeurs fixées à l'article R. 232-5-3 et reprises précédemment dans le tableau 1.

L'air provenant d'un local à pollution spécifique ne peut être recyclé que s'il est efficacement épuré. Il ne peut être envoyé après recyclage dans d'autres locaux que si la pollution de tous les locaux concernés est de même nature. En cas de recyclage, les concentrations de poussières et substances dans l'atmosphère du local doivent demeurer inférieures aux limites définies à l'article R. 232-5-5.

Cependant l'air pollué d'un local à pollution spécifique ne doit pas être envoyé après recyclage dans un local à pollution non spécifique (art R 232-5-4).

I.1.2. Le règlement sanitaire départemental (RSD)

Les dispositions prévues par les articles 63 à 66-3 du règlement sanitaire départemental s'appliquent aux personnes n'exerçant pas d'activité professionnelle dans les locaux visés. A l'hôpital, ce règlement concerne donc essentiellement les patients et les visiteurs.

Comme le code du travail, le RSD fait la distinction entre les locaux à pollution spécifique et les locaux à pollution non-spécifique, il en donne d'ailleurs les mêmes définitions. En revanche, les prescriptions bien que souvent cohérentes avec celles du code du travail, présentent parfois des nuances :

Le RSD ne tolère une ventilation par ouvrant que dans les pièces de réunion. Les chambres des patients, qui sont des lieux de séjours doivent donc être ventilées par un système mécanique.

Le RSD apporte aussi des dispositions complémentaires, puisqu'il impose que les prises d'air neuf soient situées à au moins 8 mètres d'une source de pollution. Ceci implique que tout rejet d'air pollué doit se faire à plus de 8 mètres d'une prise d'air neuf.

Lorsque l'introduction de l'air est mécanique, la filtration de l'air doit être réalisée dans les conditions suivantes : après éventuellement une filtration grossière, il doit être prévu :

- Pour l'air neuf, un filtre d'un rendement au test gravimétrique défini par la norme NFX 44012 d'au moins 90%.
- Pour l'air recyclé, un filtre d'un rendement au test gravimétrique défini par la norme NFX 44012 d'au moins 95%.

L'encrassement des filtres doit pouvoir être contrôlé en permanence. Le circuit d'amenée d'air doit être maintenu en bon état de propreté.

En revanche, les dispositions du RSD sont moins restrictives en ce qui concerne les débits d'air neuf introduits dans les locaux. Mais étant donné que l'ensemble des pièces fréquentées par les patients, l'est aussi par le personnel salarié, c'est le code du travail qui s'applique à l'ensemble de l'hôpital dans ce domaine.

I.1.3. La réglementation relative à la sécurité contre l'incendie (Code de la construction et de l'habitation)

L'objet de cette réglementation est de prévenir les risques d'incendie par l'évacuation des gaz inflammables. Elle vise donc les taux de renouvellement de l'air.

Pendant toute la durée des séances opératoires, l'atmosphère des salles d'opération des salles d'anesthésie et de réveil associées, doit recevoir un apport d'air neuf de 15 volumes par heure, avec un apport minimal de 50 m³ par heure par personne susceptible d'être présente dans la salle. Le renouvellement de l'air doit permettre une évacuation rapide des vapeurs anesthésiques.

I.2. Aspects normatifs

L'aspect réglementaire permet, nous venons de le voir, de fixer un ensemble de prescriptions prenant en compte l'utilisation des locaux et la fréquentation. Le code du travail et le RSD imposent notamment des obligations de moyens, mais aussi de résultats à travers la norme NFX 44012. Il est important de rappeler que cette législation n'est pas spécifique au monde hospitalier qui présente des particularités de par la vulnérabilité des personnes qui le fréquentent et le type de "pollution" incriminée.

Parmi ces patients certains doivent être protégés de l'environnement par un isolement dans des salles à environnement maîtrisé. Ces locaux sont obligatoirement soumis à la réglementation en vigueur, mais ils doivent ensuite satisfaire aux normes spécifiques des salles propres.

Dans ce chapitre, nous présenterons donc brièvement le cadre normatif qui est susceptible d'intervenir dans l'assainissement de l'air à l'hôpital.

I.2.1. La norme NF EN 779 (indice de classement NFX 44-012)

Cette norme traite des filtres à air utilisés pour capter les particules en ventilation générale. Elle renferme un protocole d'évaluation de leur rendement gravimétrique, permettant de classer et de comparer les filtres entre eux (cf. Annexe 1). Cette norme permet en particulier d'évaluer la capacité de filtration des fines particules (entre 0.3 et 3 µm), ainsi que d'apprécier leur capacité de colmatage des filtres.

Elle ne s'applique qu'aux filtres ayant un rendement initial inférieur à 98% pour les particules de 0.4 µm.

I.2.2. La norme NF EN 1822-1 à 5

La partie 1 de cette norme complète la précédente, puisqu'elle définit une méthode de classement des filtres de très haute efficacité HEPA et ULPA. La partie 2 est consacrée à la description des méthodes de mesurage et aux instruments de mesure. Les parties 3, 4 et 5 sont employées à la description des dispositifs d'essai.

I.2.3. La norme ISO 14698-1 à 3 (en projet)

Bien qu'elle ne soit pas encore homologuée, il est tout de même possible de rendre compte succinctement du contenu et du domaine d'application de cette future norme relative à la biocontamination de l'air en salle propre :

Elle a pour but de fournir une méthodologie d'évaluation et de maîtrise de la biocontamination dans les salles à environnement maîtrisé. Elle est présentée en trois parties :

La partie 1 présente les principes généraux de cette démarche, qui s'assimilent à un système HACCP. Cette démarche consiste à une analyse systématique des dangers et des risques pour encadrer les zones à risques et définir les points critiques de maîtrise. Ces points représentent des sources de contamination, qu'un traitement ultérieur est censé supprimer. Un tel protocole permet de fixer les niveaux cible, d'alerte, et d'action appropriés à la situation particulière de l'utilisateur.

L'objectif avoué d'une telle démarche est de permettre d'assurer une maîtrise plus fine de l'environnement grâce à l'action conjuguée d'une méthodologie d'échantillonnage et une maîtrise adaptée de la biocontamination.

La partie 2 fixe une méthodologie d'évaluation et d'interprétation des données de biocontamination, pour deux phases de surveillance qu'il convient de distinguer : la première sert à caractériser la salle, les zones à risques ainsi que les niveaux. La seconde est adaptée à une surveillance régulière.

La partie 3 concerne une méthode de laboratoire permettant de mesurer l'efficacité de procédés de nettoyage et de désinfection des surfaces, en présence de souillures et de biofilms.

I.2.4. Les normes ISO 14644-1 à 4 (indice de classement X44-101 à 104)

La partie 1 (juillet 1999) de cette norme propose une classification de la propreté de l'air des salles propres et à environnement maîtrisé en terme de concentration des particules en suspension (cf. Annexe 2). L'étendue granulométrique prise en compte pour le calcul des classes se situe dans l'intervalle des particules de diamètres allant de 0,1 à 5µm. Les particules exclues sont respectivement quantifiées par les descripteurs U et M. Les annexes de cette première partie fournissent les outils statistiques permettant de déterminer la classe spécifiques à chaque installation.

Il est important de souligner que la norme impose que la classification soit définie par trois critères indissociables, à savoir : le numéro de classe, l'état d'occupation, et la taille des particules prises en compte. La conséquence est que le classement peut être réalisé pour une installation en activité. Il n'a donc de valeur que si le client et le fournisseur ont mené, ensemble, une réflexion sur les objectifs de qualité, et le mode d'exploitation. Au final cette norme devrait permettre une meilleure définition et donc un meilleur contrôle de la qualité de l'air dans les salles propres.

La partie 2 (novembre 2000) de la norme définit les essais à effectuer par l'utilisateur afin de prouver la conformité continue avec l'ISO 14644-1 et spécifie les exigences minimales pour les essais et la surveillance.

Les essais ont pour but d'évaluer les performances de l'installation. L'intervalle de temps qui sépare deux de ces procédures peut varier entre 6 et 12 mois selon la classe visée. Si la surveillance est continue et que ces résultats sont conformes aux attentes, les essais peuvent être moins fréquents. La norme impose aussi d'autres essais obligatoires concernant la vitesse de l'air.

La surveillance a pour but d'obtenir les données nécessaires à justifier les performances de l'installation. Le programme de surveillance doit être écrit, et fondé sur une analyse des risques en rapport avec la destination de l'installation. Il comporte néanmoins des *minima* à respecter concernant : les points d'échantillonnage, le volume d'air, la durée de mesurage, la taille des particules, les limites acceptables, les niveaux d'alerte et d'action.

La partie 3, qui n'est pas encore disponible, définira des méthodes de métrologie et d'essais nécessaires pour caractériser les salles propres.

La partie 4 (juillet 2001) a pour objet la « Conception, construction et mise en fonctionnement » des salles propres.

Bien que non spécifique au monde hospitalier, le système de classement proposé par cette norme permet de prendre en compte les exigences et les objectifs du client. En outre, cette norme fait intervenir une notion d'analyse des risques. Cette dimension peut se révéler déterminante dans la conception, l'exploitation et la construction de salles propres en milieu hospitalier. Malgré tout, bien que ce concept puisse sembler séduisant, il n'est que très peu détaillé dans le texte. Les outils proposés dans les annexes ne sont absolument pas suffisants pour mener une telle démarche : Dans le domaine des infections nosocomiales aéroportées, cette démarche d'évaluation des risques comporte trop d'incertitudes pour être, à l'heure actuelle, correctement réalisée : les études dans ce domaine sont encore rares, les données scientifiques sont incertaines. Par conséquent, bien que la partie 2 de cette norme paraisse attrayante, elle présente une réelle difficulté d'application au monde hospitalier.

I.2.5. La norme NF S90-351 (juin 2003)

La norme de décembre 1987 relative aux « procédures de réception et de contrôle des salles d'opérations », proposait des classements en fonction des propriétés particulières et bactériologiques de l'air et des cinétiques de décontamination associées. Ce standard proposait aussi des modes opératoires et de mesures. Avec l'apparition des normes 14644-1 à 4, ce document est devenu obsolète et a donc fait l'objet d'une réédition en juin 2003 sous le titre de : « Salles propres et environnements maîtrisés apparentés ».

Dans une première partie cette norme soumet l'utilisateur et le concepteur à des règles de bonnes pratiques concernant l'élaboration de l'avant-projet, le projet, la construction et la

réception de la salle. Le principe de ce texte repose sur une bonne définition des objectifs et des devoirs de chaque intervenant.

Ensuite, la norme NF S90-351 est consacrée à la définition des conditions d'exploitation. Cette partie insiste sur l'intérêt de fournir à l'exploitant un document réunissant les caractéristiques de l'installation, un mode d'emploi et les instructions pour la surveillance des performances de la salle livrée. Ce dernier document doit comprendre les fréquences des essais, les méthodes, et des plans d'action en cas de non-conformité.

Enfin pour finir, la norme définit aussi les obligations de l'exploitant en matière de maintenance. Un programme doit être établi et effectué par du personnel qualifié. Il est indispensable que cet entretien soit consigné dans un journal de maintenance, qui permet d'assurer la traçabilité de toutes les interventions effectuées sur l'installation.

La suite de la norme est composée de 7 annexes :

L'annexe A définit les zones à contamination maîtrisée dans les salles et présente les caractéristiques des différents types de flux d'air susceptibles d'être utilisés.

L'annexe B présente quant à elle les classes de contaminations particulières et bactériologiques de chaque zone, ainsi que les cinétiques de décontamination. Pour chaque zone un traitement adéquat est proposé (cf. Annexe 3). Notons que ces classes ont été révisées par rapport à la version de 1987.

L'annexe C traite des étapes de qualification de l'installation.

L'annexe D est relative à la qualité des constructions et des matériaux utilisés pour la construction de l'installation (qualité des réseaux) et de la salle (murs, plafond, sol, portes). Notons que dans ce chapitre, une attention particulière est apportée au respect des règles d'hygiène pendant les travaux et pendant la mise en fonctionnement, afin d'éviter toute contamination du réseau.

L'annexe E fixe des exigences en matière de température, d'humidité, d'éclairage et de niveaux sonores en fonction des usages des salles à environnement protégé.

L'annexe F précise les conditions de mise en œuvre des travaux et systèmes qui ont pour but de protéger de l'empoussièrement les composants des réseaux de traitement et de distribution de l'air en amont des zones à environnement maîtrisé. Cette annexe fait référence aux normes NF EN 779 et NF EN 1822 précédemment présentées.

L'annexe G regroupe les lignes directives pour la détermination des exigences devant faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Finalement outre les modifications apportées en matière de classement de propreté, cette version 2003 de la norme NF S90-351 apporte des recommandations pour la réalisation du projet, la construction et l'entretien des installations. De plus, comme les normes ISO 14644-1 à 4, son esprit est d'impliquer aussi bien l'utilisateur que le fournisseur dans le bon fonctionnement des salles à environnement maîtrisé.

Enfin cette norme n'est pas limitée au fonctionnement des systèmes de traitement, mais sensibilise les différents acteurs à l'ensemble de l'ambiance des salles.

II. La problématique du traitement de l'air dans les blocs opératoires

II.1. Les agents des infections nosocomiales aéroportées

Lors de la conférence internationale sur les infections nosocomiales en 1970, il a été estimé par Brachman que 10 à 20% des infections nosocomiales endémiques étaient aéroportées. Cette estimation comprend les transmissions inter-humaines aéroportées. Depuis aucune autre estimation différente ou plus précise n'a été proposée.

Les germes les plus fréquemment isolés sont dans un tiers des cas les cocci à Gram positif, *Staphylococcus aureus* en particulier, les bacilles à Gram positif pour un autre tiers, et les bacilles à Gram négatif, les champignons ou les virus pour le reste. La présence de bacilles à Gram négatif doit conduire à la recherche d'une contamination de l'air à partir d'un réservoir hydrique.

II.1.1. Les infections d'origine bactérienne

II.1.1.a) Nature de la flore de l'air

On distingue généralement trois types de flores: la flore saprophyte d'origine aérienne (extérieure), la flore commensale (origine humaine) qui représente 90 % de la flore aéroportée et la flore pathogène.

La première classe est rarement pathogène et sa composition fortement dépendante des conditions environnementales (saison, climat, lieu...). Elle est principalement composée de *Bacillus*, et moisissures.

La flore commensale est essentiellement composée par les bactéries d'origines cutanée, ORL et digestive des soignants et des malades. Lors de déplacement d'air, les bactéries de la peau ou de l'environnement sont mises en suspension dans la pièce. Cette flore est composée de *Staphylocoques à coagulase négative (SCN)*, de Corynébactéries commensales, de bactéries anaérobies d'origine cutanée (*Propionibacterium acnes*) et de bactéries d'origine ORL (*Haemophilus*). Leur persistance dans l'air est fonction de la durée de vie des microorganismes, mais les supports peuvent présenter une bonne protection (mucus et salive). Dans l'air la durée de vie de ces bactéries est donc suffisamment longue pour qu'elles soient considérées comme des agents potentiels d'infection.

Les bactéries à Gram négatif sont plus fragiles et plus sensibles aux conditions environnementales (dessiccation), sauf dans les milieux humides (humidificateurs, aérosols).

Il est aussi possible de trouver une flore pathogène dans les pièces occupées par des patients infectés ou par des porteurs sains (malades ou personnel). Ces derniers peuvent être par exemple, des réservoirs de *Staphylocoques aureus* méti-résistants.

II.1.1.b) Les transporteurs microbiens

Les microorganismes sont véhiculés par des supports solides ou liquides de tailles variables.

- les particules de poussière

Ce sont des particules solides dont la taille oscille entre 10 et 100 μm . Elles sédimentent à la vitesse de 0.3 m/min à 0.3m/s, et hébergent des organismes saprophytes.

- les gouttelettes bactériennes de Pflügge

Elles ont comme origine les toux, les écoulements nasaux, les éternuements, une conversation. Elles sont le support d'une flore commensale.

Leur taille est de 100µm, et leur vitesse de décantation supérieure à 0.3m/s. Elles ne restent donc jamais plus de 3 secondes dans l'atmosphère et sont le fruit d'une contamination dense.

Lorsque ces gouttes sont décantées, elles donnent par évaporation naissance à des noyaux de condensation : les droplet nuclei. Si ces gouttes sont petites elles donnent directement des droplet nuclei.

- les droplet nuclei

Ils sont le support de germes pathogènes ou saprophytes. Leur taille est de 2 à 3 µm. Cette petite taille leur assure une protection et une longue persistance dans l'air et une dissémination facile dans l'environnement [1] et les alvéoles pulmonaires.

II.1.1.c) Les infections nosocomiales liées aux interventions chirurgicales

Au bloc opératoire, les infections dues à ces microorganismes sont des infections du site opératoire (ISO). Dans le cas de la mise en place de corps étrangers on estime que l'infection est d'origine nosocomiale jusqu'à un délai d'un an. Dans les autres cas, le délai n'est que d'un mois.

Les conditions nécessaires pour qu'une bactérie de l'air soit responsable d'une infection de plaie opératoire, sont les suivantes:

- Elle doit survivre dans le milieu assez longtemps pour atteindre l'organe cible.
- Elle doit avoir accès aux tissus.
- Il faut que la plaie soit contaminée par une dose infectante (difficile à déterminer).
- Elle doit se multiplier dans les tissus.
- Il faut que la bactérie soit virulente.
- Il faut que l'hôte soit réceptif.

Bien qu'il soit difficile de chiffrer la part des complications infectieuses liée à une biocontamination, Lidwell a montré qu'il existait une corrélation entre le taux d'infection post opératoire et la quantité des bactéries présentes dans l'air au moment de l'opération:

En 1983, dans ses travaux [2], il a établi une relation dose-réponse entre la concentration bactérienne totale mesurée dans l'air et l'incidence des ISO. Son étude portait sur l'implantation des prothèses de hanches. Depuis aucune autre étude semblable n'a été réalisée pour d'autres types de chirurgies. Il est donc difficile d'extrapoler ces résultats à d'autres interventions.

D'autre part, les équations proposées par Lidwell sont basées sur les concentrations en flore totale. Or il n'est pas certain qu'une flore dense soit forcément riche en germes pathogènes, même si la probabilité d'en retrouver est accrue. L'analyse des corrélations entre la flore totale et la flore pathogène du CHU de Toulouse va d'ailleurs dans ce sens (cf. Annexe 7): pour une concentration en flore totale donnée, nous pouvons aussi bien observer l'absence de bactéries pathogènes que des concentrations de 12ufc/m³ en *Staphylococcus aureus*.

Enfin, en 1983 Lidwell ne disposait pas d'outils moléculaires, qui lui aurait permis de donner un poids plus important à ses travaux.

Cependant, même s'il est mal connu, le danger lié à la flore pathogène de l'air est tout de même à prendre en compte au bloc opératoire.

II.1.2. Les infections d'origine mycologique

A l'heure actuelle, en matière de contamination aérienne par des moisissures, toutes les attentions sont portées sur les *Aspergillus fumigatus*. Il n'est donc pas possible de songer à l'élaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air sans y consacrer exclusivement une partie. Malgré tout, rappelons que d'autres espèces sont reconnues comme pathogènes. Nous aborderons leur cas ultérieurement.

II.1.2.a) *Aspergillus* et l'environnement

Dans les locaux, le genre *Aspergillus* ne représente que 2 à 3% des fungi. La proportion des *Aspergillus* pathogènes car thermotolérants est d'environ 15%. Dans l'air ces fungi sont sous la forme de spores (conidies) dont le diamètre est compris entre 2 et 6 μm . Cette forme est peu exigeante en matière d'hygrométrie (les espèces thermotolérantes acceptent des températures variant de 12 à 70 °C). Enfin sa survie dans l'environnement va de 6 mois à 1 an.

Le biotope d'*Aspergillus* est composé de matière organique en décomposition. De fait, son spectre de répartition est assez vaste.

A l'intérieur des locaux, les *Aspergillus* sont présents préférentiellement dans les zones peu sujettes au nettoyage. La présence de poussières de maison, de plantes, de tentures et moquettes sont des facteurs favorisant sa présence.

Le "bruit de fond" en aspergillus est classiquement compris entre 1 et 20 UFC/m³ d'air. Des variations importantes sont observables en l'espace d'une heure à une journée, mais aussi, en fonction de certaines variations environnementales : certains auteurs estiment que l'hygrométrie, les températures, les conditions éoliennes, les saisons imposent des conditions plus ou moins favorables à la présence d'*Aspergillus* [3], [4] à l'extérieur. A l'intérieur cette hypothèse est moins sûre puisque certains pensent que dans les locaux, l'incidence est constante tout au long de l'année.

II.1.2.b) Les IN liées à *Aspergillus*

Parmi les différentes espèces d'*Aspergillus*, *Aspergillus fumigatus* est l'espèce la plus pathogène pour l'homme, elle est suivie par *A. flavus* et *A. niger*. Ses facteurs de pathogénicité sont la conséquence d'une part de la petite taille des spores qui lui permet de pénétrer jusque dans les alvéoles pulmonaires, d'autre part d'une thermophilie marquée (> 45 °C), qui lui permet de s'adapter et de proliférer facilement à l'intérieur de l'organisme. Enfin, pour finir, outre sa capacité d'adhésion aux tissus de l'hôte, la sécrétion de métabolites est responsable de la toxicité d'*Aspergillus fumigatus*. Les infections aspergillaires graves ne concernent en général que deux types de patients :

- les personnes présentant des séquelles de tuberculose, d'abcès pulmonaire... Le champignon prolifère alors dans les cavités résiduelles pour donner un « aspergillome ».
- l'autre forme, plus grave, est l'aspergillose pulmonaire invasive, elle se caractérise par l'envahissement des bronches, des vaisseaux sanguins, et du parenchyme pulmonaire par des filaments fongiques. Elle concerne la plupart du temps les malades fortement immunodéprimés (hématologie et transplantation).

A l'hôpital, ces spores ne touchent donc que les patients présentant une immunodéficience soit intrinsèque à leur pathologie, soit consécutive aux traitements. La contamination se fait essentiellement par voie aérienne par inhalation des spores de l'environnement. Les conséquences sont alors souvent mortelles.

Il est difficile de mettre en évidence le caractère nosocomial des infections à *Aspergillus* pour les raisons suivantes :

La pratique et l'expérience montrent qu'il est difficile de diagnostiquer assurément une aspergillose. Trois définitions de cette infection fongique sont donc proposées prenant en compte le degré de certitude diagnostique :

- aspergillose invasive prouvée sur l'existence de critères histologiques (présence de champignons)
- aspergillose invasive probable : terrain à risque et un critère clinique/radiologique majeur de localisation viscérale ou deux mineurs, et un critère mycologique.
- aspergillose possible : terrain à risque et un critère radiologique/clinique majeur de localisation viscérale (ou deux mineurs) ou un critère mycologique.

A cela, s'ajoute le fait que l'aspergillose peut se déclarer à l'hôpital, alors que le champignon a été contracté ailleurs (puisque'il est ubiquitaire) et que les périodes d'incubation sont très longues.

II.1.2.c) Le risque aspergillaire au bloc opératoire

En ce qui concerne les relations entre les contaminations de l'air par les fungi et les cas d'aspergillose, des études assez récentes mettent en évidence un risque pour des concentrations en *Aspergillus fumigatus* supérieures à 2ufc/m³ [5]. Cependant cette étude ne concerne que les patients d'hématologie. Elle ne peut donc être extrapolée aux blocs opératoires car la voie d'exposition n'est plus l'inhalation, mais un geste invasif avec un outil souillé par l'air ou un contact direct de l'atmosphère avec la plaie. Il est donc difficile d'estimer le danger aspergillaire en bloc opératoire.

Malgré tout il existe, puisque des cas d'endocardites dues à une contamination aérienne par *Aspergillus fumigatus* ont déjà été observés. En 1989, l'hôpital de New Delhi par exemple, a dû faire face en l'espace de 10 mois à quatre endocardites dont les issues ont été fatales [6]. Face à cette épidémie des prélèvements ont été réalisés et ont montré la présence d'*Aspergillus fumigatus* dans les salles opératoires et les conduites de ventilation. Plus près de nous, rappelons aussi les deux cas d'endocardite d'origine aspergillaire survenus à l'hôpital de la Timone à Marseille en novembre 2002.

Enfin soulignons que *Aspergillus fumigatus* peut être à l'origine de mycoses profondes résultantes d'une inoculation traumatique des spores [7]. Dans ce cadre leur présence n'est donc pas négligeable.

Reconnaissons cependant que ces cas restent très rares car la voie d'exposition principale à *Aspergillus fumigatus* est l'inhalation. Malgré tout, les issues de ces infections étant souvent fatales, malgré des traitements antifongiques adaptés, il convient de ne pas oublier le danger aspergillaire au bloc.

II.1.3. Les infections nosocomiales virales

En moyenne, la prévalence des infections nosocomiales virales est estimée à 5% tous services confondus. Cet ordre de grandeur n'illustre pas les disparités inter-services. Notamment, en milieu pédiatrique ces infections ont alors une prévalence avoisinant les 25%. Dans nos pays, les virus les plus fréquemment incriminés sont le *Rotavirus*, le *Virus Respiratoire Syncytial*. Ils surviennent généralement de façon épidémique, en période hivernale en provoquant des affections quelquefois graves chez certains patients.

Les caractéristiques des infections nosocomiales virales se différencient des infections bactériennes: en effet les souches de ces dernières ont comme origine l'environnement hospitalier, alors que les IN virales ont une origine communautaire. Ceci signifie qu'elles peuvent être introduites aussi bien par les malades, les visiteurs ou le personnel soignant.

On peut donc dire que ces infections ont des origines externes et/ou internes. Dans le premier cas le sujet est infecté par un virus qui lui est transmis durant l'hospitalisation, directement ou indirectement, par une autre personne porteuse du virus. Dans le deuxième cas, le virus est déjà présent dans l'organisme du malade sous forme latente, et c'est à la faveur de l'hospitalisation qu'il s'exprime. Au sens propre, l'infection virale nosocomiale, correspond au premier cas.

II.1.3.a) Les transporteurs et voies de transmission

La présence et la résistance des virus dans l'environnement sont fortement liées à leur structure. Les virus enveloppés ont une structure lipidique externe issue des membranes cellulaires acquise au cours de la libération du virus par la cellule. Cette membrane porte des protéines indispensables pour la fixation du virus sur le récepteur cellulaire et donc pour l'infection qui fait suite. Cette enveloppe lipidique est beaucoup plus sensible à l'action des agents physico-chimiques tels que la dessiccation, les détergents, les chloroformes. Au contraire, les virus dits "nus", ne présentent qu'une surface externe protéinique, qui leurs confère une meilleure résistance aux conditions environnementales.

Par conséquent la transmission des virus "nus" pourra s'opérer par l'intermédiaire d'objets inertes, par l'environnement (transmission indirecte), sur des échelles de temps plus longues que les virus enveloppés (transmission directe).

Tous les sujets infectés, symptomatiques et asymptomatiques, peuvent transmettre les virus d'infections hospitalières. Or, pour de très nombreux virus, l'infection est asymptomatique ce qui pose un problème en milieu hospitalier : les sujets porteurs asymptomatiques ou en phase d'incubation susceptibles de transmettre le virus ne sont pas identifiables, mais participent à la dissémination du virus (exemple de la grippe).

La transmission peut s'effectuer par diverses voies: voie digestive, fécale-orale, cutanée, sang et gouttelettes des sécrétions respiratoires... Les personnes les plus touchées sont les nouveau-nés, les personnes âgées, et les immunodéprimés.

La transmission par gouttelettes concerne d'autre part les virus enveloppés fragiles, mais très contagieux, qui sont à l'origine d'infections communautaires à développement rapide. Le virus respiratoire syncytial peut être également transmis par les mains, les vêtements. Le virus varicelle-zona par contact avec les lésions cutanées.

Le Parvovirus B19 et les Adénovirus, qui sont des virus nus, sont également transmis par voie respiratoire et ont un périmètre de diffusion globalement supérieur à 2 mètres.

II.1.3.b) L'incidence des virus sur les ISO

Au bloc opératoire, les patients étant intubés, il semble peu probable que les virus aéropoés puissent être à l'origine d'infection nosocomiale par voie orale. Il est difficile de trouver dans la littérature des cas de transmission de tels virus par d'autres voies d'exposition. Etant donné ces considérations, il semble que les virus ne représentent pas un enjeu au bloc opératoire.

En revanche, dans les autres services ce danger semble plus préoccupant étant donné la capacité de certains virus à migrer sur plusieurs mètres (jusqu'à 7 m [8]).

II.2. Objectifs du mémoire

Nous venons de montrer que dans une certaine mesure, les risques liés à l'air ne sont pas négligeables. Aussi, dans un objectif de gestion du risque aéroporté, le CHU de Toulouse a souhaité réamorcer une réflexion, portant sur l'élaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air. Le but étant la protection des patients séjournant dans les services à environnement maîtrisé.

A l'heure actuelle, un plan de surveillance opérationnel existe. Il a été mis au point après la consultation de plusieurs experts et validé par le CLIN. Cependant, il n'a pas été établi à partir d'un bilan de l'existant, tant sur le plan technique qu'environnemental. Afin d'exploiter au mieux les moyens dont il dispose pour protéger ses malades, le C.L.I.N. souhaite mettre en place un nouveau protocole.

L'objectif de ce travail est donc d'aider le CHU de Toulouse à élaborer un plan de surveillance de la qualité de l'air adapté à ses besoins (protection du malade), aux capacités de ses laboratoires, de ses services techniques et de ses équipements.

L'objectif initial concernait l'ensemble des salles à environnement maîtrisé de Rangueil et Purpan. Cependant, il apparaît que les dangers aéroportés ont des impacts différents selon les patients et les services (le risque d'infection du site opératoire par un virus aéroporté est faible ou inexistant alors que les infections nosocomiales virales dans les services des nouveaux nés prématurés sont considérables).

D'autre part, les voies d'exposition dans un bloc opératoire sont différentes de celles d'un service de transplantés. Par conséquent, les microorganismes en cause, les doses infectantes et les niveaux cibles le sont aussi.

Enfin, le nombre de salles à environnement maîtrisé dans les hôpitaux de Rangueil et Purpan étant très élevé, nous avons décidé de limiter ce travail aux blocs opératoires de ces deux hôpitaux.

La démarche choisie pour mener à bien ce projet, passe par deux objectifs intermédiaires:

1. Le premier objectif est de faire un bilan du fonctionnement du système de traitement de l'air des salles d'opérations, pour en dégager des éléments de réflexion utiles à l'élaboration du protocole.
2. Le deuxième est de faire une synthèse de la flore environnementale prélevée dans l'air des blocs. Ce bilan permettra de mieux connaître la qualité de l'air fourni, ses variations et, en fonction des données, de définir des niveaux de contamination spécifiques à l'hôpital.

III. Bilan des systèmes de traitement de l'air dans les blocs du CHU de Toulouse

III.1. Présentation des blocs opératoires des hôpitaux de Rangueil et Purpan

Les hôpitaux de Purpan et Rangueil disposent respectivement de 6 et 12 blocs opératoires soit un total de 33 et 40 salles toutes spécialités confondues. A Rangueil, la conception de toutes les salles date de la création de l'hôpital, c'est à dire de 1975. Et, bien qu'elles aient été rénovées depuis, le concept général de fonctionnement date de cette période.

A Purpan les salles ont plus de 25 ans, et n'ont pas encore été rénovées pour la plupart. Seul le bloc des urgences est entièrement neuf puisqu'il date de 2000.

III.1.1. Classification des interventions à risque dans les blocs opératoires

Le risque d'infection du site opératoire (ISO) est conditionné par deux facteurs. Le premier concerne l'intervention proprement dite, l'autre l'état de santé du patient. La combinaison de ces deux facteurs conduit à déterminer un risque de biocontamination spécifique à l'intervention [1].

- **Les risques liés à l'intervention** sont maintenant bien connus et peuvent être classés dans le tableau 2 en fonction de leur implication reconnue dans la survenue d'ISO.

Degré de certitude d'implication dans la survenue d'ISO	Facteurs de risques
Certain	Classe de contamination de l'intervention Rasage – Préparation cutanée de l'intervention Durée de l'intervention Contamination microbienne préopératoire
Probable	Traumatisme tissulaire Procédures multiples
Possible	Intervention en urgence Décontamination aérienne de la salle d'opération Préparation de l'équipe chirurgicale Expérience de l'opérateur Drainage

Tableau 2 : Facteurs de risque d'infection du site opératoire liés à l'intervention¹

Insistons sur la classe de contamination de l'intervention proposée par Altemeier (cf. Annexe 9). Elle reflète l'état de propreté de la plaie et reste à l'heure actuelle la plus utilisée.

Il est reconnu que pour des interventions dites propres, le danger peut provenir de l'air puisque les germes contaminant de l'atmosphère, ainsi que les germes commensaux de la peau, prennent alors une proportion plus importante. Le tableau 3 illustre cette situation.

Notons cependant qu'une chirurgie dite sale peut occasionner une pollution de l'atmosphère. Dans ce cas et avec des réserves, nous pouvons considérer qu'une telle situation peut présenter des risques, lorsque deux interventions s'enchaînent rapidement, dans le cas de polytraumatisés, de grands brûlés (autocontamination), d'interventions de longues durées ou d'une mauvaise gestion des flux aéroliques

¹ Extrait de " N. Hygis – Hygiène hospitalière – collection azay – 1998 p 584"

Source	Type de chirurgie		
	Propre	Propre - contaminée	Sale et infectée
Air, contamination primaire ²	++	+	0
Air, contamination secondaire	+++	++	+
Mains des opérateurs	+++	+++	++
Peau du patient	+++	+	++
Organes creux du patient	0	+++	+++

Tableau 3 : Estimation de l'importance relative des sources probables de contamination du site opératoire selon le type de chirurgie³

Nous souhaitons émettre quelques réserves concernant les plaies salles infectées exposées à une contamination primaire. Il nous semble en effet, que même si ce risque est très faible, il n'est cependant pas nul.

Le paramètre temps est aussi très significatif en matière d'aérobiocontamination, puisqu'il caractérise la durée d'exposition de l'opéré à l'atmosphère de la salle d'opération.

Il est toutefois difficile de le maîtriser puisqu'il dépend de l'intervention, du chirurgien et des techniques opératoires. Même si le risque d'ISO résulte de la combinaison des deux paramètres que nous venons d'évoquer, la gestion du risque d'origine aéroporté ne peut s'axer que sur la maîtrise du danger.

- **Les risques liés aux patients** peuvent être pris en compte par l'intermédiaire du score ASA (cf. Annexe 10). Cet outil ne prend en compte que l'état de santé du patient. Il exclut des facteurs tels que l'état nutritionnel, l'existence de maladies associées, les polytraumatismes ou les brûlures.

Comme pour les risques liés à l'intervention, les facteurs de risques liés aux patients peuvent être classés selon le degré de certitude de leur implication dans la survenue des ISO (tableau 4).

Degré de certitude d'implication dans la survenue d'ISO	Facteurs de risques
Certain	Séjour préopératoire prolongé Obésité Age avancé Score ASA > 3 Infection à distance
Probable	Dénutrition Hypoalbuminémie
Possible	Diabète Cancer Traitement immunodépresseur

Tableau 4 : Facteurs de risque d'infection du site opératoire liés aux patients⁴

Il est important de noter que les organes ciblés par l'opération ne sont pas mentionnés dans ce tableau. Pourtant il est reconnu que certains, tels que les os et le système nerveux sont mal défendus par le système immunitaire et sont difficilement atteignables par les

² La contamination primaire de l'air a pour origine une dysfonction du système de traitement d'air. Les contaminations secondaires sont dues à la seule présence du personnel et du patient.

³ Source : [9] C. Ruef, N. Troillet – Ventilation et prévention des infections: bloc opératoire – Infections Nosocomiales et hygiène hospitalière : aspects actuels – en ligne : www.hospvd.ch/swiss-noso/f81a3.htm

⁴ Extrait de " N. Hygis – Hygiène hospitalière – collection azay – 1998 p 585"

antibiotiques en prophylaxie. Des interventions à leur niveau représentent donc un risque supplémentaire d'infection du site opératoire. D'autre part, des interventions sur le système nerveux ou le cœur présentent un enjeu supplémentaire dû à la nature vitale de leur fonction.

Notons aussi que ce classement ne prend pas en compte la pose de matériel étranger, qui peut provoquer des complications sérieuses. En effet, la pose de prothèses ne représente pas un risque par elle-même, mais en cas d'infection le corps étranger peut être un support aux développements bactériens et donc un facteur aggravant.

Bien que ces deux classements présentent des limites, leur croisement permet d'obtenir un indice de risque de biocontamination d'une procédure de soins, qui a conduit certains auteurs à classer les blocs par zones à risques [1]⁵. Dans la norme NF S90-351 cette classification est utilisée. Les auteurs y ont fait correspondre les classes de contamination et des préconisations d'équipement. Cependant, la norme ne précise pas les critères de classement des blocs dans ces zones à risques et laisse les utilisateurs libres juges.

I →	1	2	3	4	I = facteur de risques liés à l'intervention P = facteur de risques liés aux patients Score 12-16 : zone 4 (zone à très hauts risques) Score 6-9 : zone 3 (zone à hauts risques) Score 2-4 : zone 2 (zone à risques modérés) Score 1 : zone 1 (zone à risques faibles)
P ↓					
1	1	2	3	4	
2	2	4	6	8	
3	3	6	9	12	
4	4	8	12	16	

Notons ici que le risque d'infection lié à l'air n'est pas explicitement exprimé par ce score, mais qu'il y est tout de même inclus étant donné les paramètres pris en compte.

Soulignons aussi que l'établissement de ces zones reste difficile malgré la diversité des facteurs pris en compte. En effet, dans un même bloc les interventions pratiquées sont parfois différentes, (même si la spécialité est la même), l'expérience des praticiens aussi. Ainsi, les facteurs de risques liés à l'intervention varient. D'autre part les facteurs de risques liés aux malades sont encore plus variables du fait de la diversité des personnes susceptibles d'être soignées.

Malgré ces incertitudes, il est reconnu que certains blocs opératoires sont le lieu de chirurgies qui présentent plus de risques que d'autre. Il convient donc de présenter l'activité de chacun des blocs de Ranguel et Purpan pour essayer de faire ressortir au mieux les enjeux qu'ils représentent en terme de risque d'infection du site opératoire. Ce travail est l'objet de la partie suivante.

III.1.2. Présentation générale des blocs opératoires

Les tableaux ci-dessous donnent une idée de l'activité générale de chacun des blocs de Purpan et de Ranguel.

⁵ Soulignons que cette référence est aussi citée en référence dans la nouvelle norme NF S90-351 de juin 2003 relative à la qualité de l'air dans les blocs opératoires.

Blocs	Activité annuelle (2002)	Types d'intervention	Nombre de salles
Bloc central	7000	Chirurgie digestive, vasculaire et maxillo-faciale, transplantations	8
Bloc de traumatologie	4000	Tous types de fracture, orthopédie, prothèses, épaule	4
Bloc des urgences	2600	Chirurgie digestive, vasculaire et traumatologie	3 + 2 à venir
Bloc de neurochirurgie		Chirurgie du crâne et de la colonne	3
Bloc de chirurgie thoracique	1500	Chirurgie thoracique et cervicale	4
Bloc OPH	900	Rétine, cristallins	2
Bloc ORL	2100	Parotide, thyroï de, endoscopie laryngée, sinus, oncologie	2

Tableau 5 : Présentation générale de l'activité des blocs de Purpan

Blocs	Activité annuelle (2002)	Types d'intervention	Nombre de salles
Radio centrale (Rangueil)	2000	Tout type sauf le cœur	3
ORL (Rangueil)	1400	Parotide, thyroï de, endoscopie laryngée, sinus, oncologie	3
OPH (Rangueil)	1200	Rétine, cristallins	2
Grands Brûlés (Rangueil)	700	Pansements, greffes, amputations, douche	1
Traumatologie (Rangueil)	3600	Tous types de fracture, orthopédie, prothèses	6
Neurologie (Rangueil)	1400	Chirurgie du crâne et de la colonne	3
BOH2 (Rangueil)	13000	Chirurgie digestive, urologie, chirurgie plastique, transplantations	13
CCV	2000 (1000 cœurs)	Transplantations, pontages, mise en place de valves, dissection vasculaire aortique	4
Néphrologie (Rangueil)	400	Anesthésie locale pour la mise en place de cathéters, de pansements	1
Hémodynamique		Radiologie interventionnelle sur les organes de la circulation sanguine	1
Rythmologie		Pose de Pacemaker et défibrillateurs	2
Diabétologie		Remplissage de pompes à insuline	1

Tableau 6 : Présentation générale des blocs de Rangueil

La suite de cette partie présente plus en détail les pratiques des blocs opératoires, dans l'objectif de positionner chacun d'eux par rapport au risque d'infection des sites opératoires.

Nous devons rappeler avant de poursuivre, que la classification que nous allons proposer nous est personnelle et est basée sur l'estimation du risque. Dans l'objectif d'établir des niveaux cibles adaptés à la réalité du terrain, il faudra par la suite prendre en compte les réalités techniques.

III.1.2.a) Le bloc de Radiologie interventionnelle et d'Hémodynamique

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

L'usage de ces blocs est le traitement des patients avec le minimum de gestes invasifs grâce à l'utilisation de l'imagerie numérique. On traite presque toutes les pathologies en radiologie interventionnelle sauf celles du cœur qui sont traitées en Hémodynamique avec les mêmes techniques. Les organes cibles sont le cerveau, l'abdomen, les artères, le rein, les organes digestifs et le cœur en Hémodynamique. Ce large spectre d'intervention a pour conséquence le croisement des patients et des pathologies. Cette situation pourrait être une dangereuse source de contamination avec toutes les conséquences que cela comporte. Cependant la radiologie interventionnelle ne génère que peu de gestes invasifs et des plaies très réduites. Le geste chirurgical ne représente donc pas une situation des plus à risque de ce point de vue.

La durée des interventions varie quant à elle de 1 à 7 heures. Etant donné cet intervalle, il est difficile de tirer une conclusion générale à partir de ce paramètre.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Ils sont très variables du fait de l'éventail des pathologies et des âges.

- *Les facteurs de risque liés à l'environnement*

La particularité de ce type de bloc est qu'il est suréquipé en matériel informatique. D'une part ces outils génèrent beaucoup de chaleur par leur fonctionnement. A ce paramètre ajoutons la présence de 6 personnes (ou plus si des étudiants sont présents), nous comprenons alors l'importance du bon fonctionnement de la climatisation.

D'autre part les matériels informatiques sont équipés chacun d'au moins deux ventilateurs de refroidissement qui stockent puis relarguent les poussières. Malgré un entretien régulier, cette situation semble très favorable à la prolifération et la dissémination des champignons.

Malgré le danger potentiel lié à la contamination aérienne, il convient de rappeler que l'exposition des patients à l'atmosphère est très réduite par des incisions peu profondes et peu étendues. Il semble que l'activité générale de ces blocs opératoires nécessite un classement en zone 2.

III.1.2.b) Le bloc ORL

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Les interventions pratiquées visent la thyroïde, les parotides (glandes salivaires), les sinus, le pharynx, le larynx, et toute la partie ORL. Excepté pour les actes sur les sinus et la parotide ces interventions sont considérées comme propres et le geste chirurgical ne présente généralement pas le risque le plus important. En 2003, deux interventions sur des parotides ont tout de même généré deux infections. L'un des cas a été reconnu d'origine nosocomiale.

En ce qui concerne le temps d'intervention, il varie aussi de 30 minutes à 10 heures. Ce dernier cas est cependant très rare.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

L'âge des patients est là aussi très hétérogène. Sauf dans le cas d'interventions sur des personnes fragilisées, les actes chirurgicaux d'ORL ne sont pas reconnus pour être des plus à risques.

Donc bien que certaines interventions puissent se révéler contaminantes, la majorité des actes ne visant pas des organes vitaux et difficilement atteignables par l'antibiothérapie, nous considérons que ce type de bloc peut être classé en zone 3.

III.1.2.c) Le bloc OPH

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

La chirurgie oculaire est une chirurgie réputée propre, par conséquent les contaminations endogènes sont limitées. Le poids du danger lié à l'aérocontamination est donc plus important.

Les interventions concernent majoritairement les rétines et quelquefois le cristallin.

En général la durée des opérations est de l'ordre de l'heure, ce qui est assez rapide par rapport aux autres chirurgies.

Les risques liés à l'acte chirurgical sont donc modérés par la durée assez brève et la nature aseptique des organes visés.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

En revanche, les risques liés à l'état de santé des patients sont plus importants, car il s'agit souvent de personnes âgées, diabétiques, présentant des troubles cardiovasculaires. Leur organisme étant souvent fragilisé, il est plus sensible aux infections, même environnementales.

D'autre part, l'œil fait parti des organes considérés comme mal défendus. A ce titre, certains ouvrages classent l'activité des blocs OPH dans les zones à très hauts risques d'infection (zone 4) [1].

III.1.2.d) Le bloc des grands brûlés

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

La plupart du temps, le bloc des grands brûlés est utilisé pour refaire les pansements des patients et leur toilette. Il est aussi utilisé pour des amputations et des greffes de peau. Les patients sont souvent surinfectés par tous types de microorganismes. La part des contaminants exogènes est donc réduite par rapport aux contaminations endogènes. Malgré tout le danger aéroporté existe.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Le grand brûlé est immunodéprimé, son métabolisme est très différent de celui des autres patients, il a une forte prédisposition à la déshydratation, ses besoins nutritifs sont sans rapport avec les nôtres. En plus de son immunodépression, il ne dispose plus de la première défense de l'organisme : la peau. Tous ces facteurs l'exposent donc au moindre germe environnemental ou endogène. Les risques d'infection par voie aéroportée sont donc très élevés (zone 4).

Rappelons que le risque mycologique chez le grand brûlé existe et peut être à l'origine de mycoses ou de rejets de greffes.

L'ensemble de ces considérations nous amène à classer le bloc des grands brûlés en zone à très haut risque d'infection (zone 4).

III.1.2.e) Le bloc de traumatologie

▪ *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Les actes pratiqués se rapportent aux urgences traumatiques, aux réparations du squelette, à la mise en place de prothèses, à la chirurgie orthopédique. Le bloc de Purpan a la même activité avec en plus une spécialisation pour l'épaule. Notons aussi que ce bloc n'accueille plus les urgences.

Dans le cas de fractures ouvertes les interventions sont considérées comme sales, puisque contaminées lors de l'accident. En revanche, la mise en place de prothèses est considérée comme une chirurgie propre. L'attribution des salles prend d'ailleurs ce paramètre en compte, puisque les salles 1 et 2 de Rangueil sont réservées, en début de programme, à la chirurgie orthopédique.

Dans le cas de mise en place de prothèses, l'intervention peut être effectuée en moins de deux heures. Dans le cas de polytraumatisés la durée des actes chirurgicaux peut aller jusqu'à plusieurs heures.

▪ *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Là aussi, l'état de santé des patients est très hétérogène: les âges sont d'une part très variables. D'autre part, les interventions sur les os peuvent concerner une personne souffrant d'une fracture "bénigne" ou un polytraumatisé dont l'altération de l'état général est considérable et qui présente de nombreuses portes d'entrées aux germes.

D'autre part, l'os fait partie des organes dont le système de défense est peu efficace. De plus, les infections osseuses sont très difficiles à résorber par l'antibiothérapie et nécessitent parfois d'autres interventions. Les conséquences d'une infection de l'os peuvent donc être désastreuses. Il est donc d'usage de considérer que les interventions effectuées dans les blocs de traumatologie présentent de très hauts risques d'infections (zone 4).

III.1.2.f) Le bloc de chirurgie cardio-vasculaire

▪ *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

La chirurgie cardio-vasculaire consiste en la mise en place de pontages et de valves. Ce bloc effectue aussi des réparations de dissections vasculaires aortiques, des transplantations de cœur et tous types d'interventions sur cet organe.

Les plaies occasionnées sont considérées comme propre de classe I. Le risque d'infection lié à l'intervention n'est dû qu'à l'environnement et à la durée. En effet chaque intervention dure au moins 3 heures, certaines peuvent s'étendre jusqu'à 7 heures.

▪ *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Les patients qui sont amenés à subir une intervention sur le cœur sont tous dans un état systémique médiocre. Ils présentent bien sûr des insuffisances cardiaques et sont parfois immunodéprimés (cas des transplantés).

Le risque d'ISO du cœur est un risque qui met systématiquement la vie des individus en danger. Il convient donc d'éviter toute contamination, y compris les contaminations environnementales. Les avis sont unanimes, cette chirurgie doit être classée en zone 4.

III.1.2.g) Le bloc central de Rangueil (BOH2)

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Les interventions effectuées au BOH2, sont variées. Certaines salles sont allouées à la chirurgie plastique (salles 8 et 9). Les actes effectués sont des liftings, de la chirurgie du sein ou de la chirurgie plastique sur des brûlés "légers". Certaines interventions sont considérées comme propres de classe I (cas de la chirurgie du sein sans abcès, par exemple). En revanche, une intervention sur une escarre est de classe III ou IV.

Le deuxième type de chirurgie pratiqué, concerne le système urinaire et les greffes de reins (salles 3 à 6). Lorsque aucune infection urinaire n'est déclarée la plaie peut être considérée comme de classe I (plaie propre).

La chirurgie digestive (salle 1 et 2) est la dernière spécialité de ce bloc. Les plaies sont généralement de classe II ou III (plaies salles contaminées), puisque l'intervention vise des organes naturellement colonisés par des microorganismes d'origine fécale. Outre les interventions sur le système digestif classique, on y pratique aussi des greffes de foies et des chirurgies de classe I.

Les croisements de personnes et des pathologies font de ce bloc un site privilégié de contamination de l'atmosphère même si toutes les interventions ne concernent pas des plaies sales. Et, bien que la l'attribution des salles prenne en compte cette situation, le risque de survenue d'ISO par voie aérienne n'est pas négligeable.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Les patients qui sont amenés à fréquenter ce bloc ne présentent pas de spécificité quant à leur état de santé. La répartition des âges est très variable et l'état général de chaque malade est aussi très hétérogène: On opère aussi bien dans ces blocs des personnes dont le score ASA est proche de 1, que des personnes présentant des troubles systémiques sévères ou immunodéprimées (greffés).

Le classement de ce bloc en zone 3 ou 4 est délicat. En effet, la chirurgie digestive et l'urologie sont classées par le guide uniclimate [1] en zone 3, bien que les plaies soient sales dans certains cas.

Cependant, le BOH2 reçoit souvent des greffés dont le système immunitaire est affaibli. L'état de ces malades nécessite des conditions d'hygiène optimales. Et bien que les transplantations de reins et de foies soient effectuées dans des salles dévolues à cet effet, ces pièces servent aussi à d'autres activités: la salle 2 est utilisée en chirurgie digestive et la salle 6 en urologie.

Finalement, étant donné ces deux derniers arguments et étant donné la diversité des interventions et des personnes concernées, il nous semble que les salles 2 et 6 nécessiteraient peut être un classement en zone 4. Pour les autres, un classement en zone 3 suffirait.

III.1.2.h) Le bloc de néphrologie

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Les actes effectués dans ce bloc sont la mise en place de cathéters, de pansements et la réalisation de biopsies. Les interventions sont effectuées sous anesthésie locale et ne durent

que peu de temps (une heure en moyenne). En général, les plaies sont très réduites, peu profondes et souvent propres.

L'acte chirurgical ne représente donc pas le principal risque d'ISO.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Les patients sont souvent âgés et immunodéprimés puisque transplantés ou dialysés. De ce fait, le risque d'infection peut être favorisé par un mauvais état de santé général.

Malgré ce paramètre, ce type d'intervention ne nécessite pas un classement en zone 3 ou 4, puisque les plaies sont propres et le temps d'intervention très court. L'exposition à une atmosphère contaminée en est très réduite. Le classement en zone 2 semble raisonnable.

III.1.2.i) Le bloc de neurochirurgie

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Les actes chirurgicaux pratiqués visent exclusivement le crâne et la colonne vertébrale. Sur le crâne, les interventions ont principalement pour objet l'ablation de tumeurs, d'abcès ou d'hématomes. C'est aussi dans ce bloc qu'on prend en charge les victimes de rupture d'anévrisme. Enfin, depuis peu, les pathologies de Parkinson sont soignées par l'implantation d'électrodes dans la boîte crânienne. Ce type d'intervention peut durer jusqu'à 10 heures.

Lorsqu'on traite les patients pour des abcès ou des hématomes, les plaies sont considérées comme sales, dans les autres cas elles sont propres.

Les risques liés à l'intervention proviennent donc d'une part de la durée de l'opération et quelquefois de l'état des plaies.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Citons en premier lieu, le danger lié à une intervention sur la matière osseuse de la boîte crânienne. D'autre part, rappelons que le cerveau est un organe vital, à qui il est absolument nécessaire d'épargner toute infection.

A ces deux paramètres, ajoutons un état général de santé souvent altéré, nous comprenons alors que ces risques combinés à ceux de l'intervention imposent un classement de l'activité de ce bloc en zone 4.

III.1.2.j) Le bloc de Rythmologie

Dans le bloc de Rythmologie, les patients traités présentent des insuffisances cardiaques. Les interventions conduisent souvent à la mise en place de corps étrangers (Pacemaker). Toutefois, l'exposition est courte et les plaies peu profondes. Dans ce contexte, ce bloc peut donc être classé en zones 3.

III.1.2.k) Le bloc central de Purpan

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Comme pour le bloc H2 de Rangueil, celui ci permet une activité variée. Les interventions concernent autant le digestif, que la chirurgie maxillo-faciale, et la chirurgie vasculaire.

La chirurgie digestive effectuée présente les mêmes caractéristiques que celles du bloc de Rangueil.

La chirurgie maxillo-faciale a pour objectif essentiel la reconstruction des mandibules.

Enfin la chirurgie vasculaire traite tous les organes de la circulation sanguine excepté le cœur.

Les classes de contamination de ces interventions sont respectivement II/III, II/I et II/I. Le risque majeur de contamination aérienne pour ce bloc, tient à la diversité des chirurgies pratiquées. Effectivement, une même salle peut servir dans une même journée pour de la chirurgie dite propre et de la chirurgie dite sale. Soulignons malgré tout, que le tableau opératoire tient compte de ce risque, puisque les interventions de classe I, sont effectuées avant les interventions de classe II,III ou IV.

La diversité des interventions pratiquées a pour conséquence une hétérogénéité des temps d'intervention qui varient entre une et huit heures. Le risque peut donc aussi provenir d'une longue exposition à l'atmosphère.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

L'âge des patients varie, leur état général de santé aussi, puisque ce bloc accueille aussi bien des transplantés que des patients dont l'état général reste correct.

Cependant rappelons que la chirurgie maxillo-faciale touche l'os dont nous avons déjà évoqué le cas.

Rappelons aussi, que les interventions sur le système vasculaire touchent des organes vitaux.

Etant donné ces constats et étant la pluridisciplinarité de ce bloc il semble qu'un classement en zone 4 voire 3 soit nécessaire.

III.1.2.1) Le bloc des urgences de Purpan

- *Les facteurs de risque liés à l'intervention*

Evoquons le cas du bloc des urgences de Purpan. Sa particularité tient au fait que son activité est la plus variée de tous les blocs. On y pratique aussi bien la chirurgie digestive, vasculaire ou la traumatologie. La propreté des plaies est donc très hétérogène, la durée des interventions aussi.

Notons que dans une même salle, peuvent s'enchaîner des chirurgies digestives puis vasculaires. Etant donné la vocation de ce bloc des urgences, il est impossible d'établir un programme opératoire. Et bien, que le personnel s'arrange pour répartir les différentes interventions dans les différentes salles, il n'est pas exclu que des chirurgies de classe I fassent suite à des chirurgies de classe III.

- *Les facteurs de risque liés à l'état de santé des patients*

Il est bien évident qu'un patient opéré en urgence présente un état général de santé très mauvais et que son pronostic vital est souvent mis en jeu. On estime que 70% des interventions concernent la traumatologie (certainement à cause des accidents de la route). Il s'agit donc souvent de polytraumatisés.

L'activité particulière de ce service, justifie donc un classement en zone 4.

III.1.3. Principes généraux d'hygiène dans les blocs

III.1.3.a) L'architecture

La plupart des blocs sont équipés d'un sas de préparation du personnel. Cette salle doit être en dépression par rapport à la salle d'opération, mais en surpression par rapport au reste du service. En général, cette pièce est commune à deux salles d'opération. Le maintien de la

surpression des salles d'opération les isole de l'environnement extérieur. Cette mesure joue donc un rôle essentiel dans la protection de leur environnement. Etant donné que les portes qui séparent ces différents locaux ne sont pas toujours automatiques, le comportement du personnel est donc primordial pour le maintien du gradient de pression et donc des bonnes conditions d'hygiène.

Chacune des salles possède en outre un sas d'entrée du malade. Dans ce cas aussi, le respect des conditions de surpression est souvent laissé à la responsabilité du personnel.

Enfin, chacune des salles est équipée d'une porte de sortie qui ne peut s'ouvrir que de l'intérieur de la salle d'intervention. Cette mesure permet de limiter les va-et-vient entre le "circuit sale" du bloc et la salle d'opération.

Notons aussi la présence de passe-plats, qui permettent l'introduction ou l'évacuation de matériels de petite taille.

III.1.3.b) Les procédures de nettoyage

Un protocole de nettoyage des salles a été proposé par le C.L.I.N. de Toulouse en juin 1997. Il fait référence aux recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène de France (1992).

Tous les jours, avant le programme les surfaces horizontales doivent être pulvérisées d'un détergent-désinfectant (type Surfanios®).

En fin de programme opératoire ou après une intervention septique, les surfaces sont aussi nettoyées avec ce produit. Une désinfection complémentaire est pratiquée à l'aide d'un générateur de spray dirigé, qui pulvérise dans l'atmosphère un produit désinfectant (spray C 3-29). La diffusion aérienne permet à cette substance d'être active sur des surfaces non accessibles par un nettoyage manuel. Notons que cette pulvérisation n'est pas destinée à assainir l'atmosphère; c'est le renouvellement de l'air qui assure cette fonction.

Entre deux opérations, le mobilier et le matériel en contact avec les patients doivent être désinfectés avec le détergent-désinfectant. Le sol doit subir un nettoyage humide et une désinfection s'il est souillé par du sang et/ou du liquide biologique. Cette opération dure entre 10 minutes et 45 minutes selon l'état d'asepsie des interventions pratiquées.

Toutes les semaines, les équipes devraient sortir l'ensemble du mobilier des salles et le désinfecter soigneusement. L'intérieur des salles devrait aussi subir une désinfection, puis une javellisation des surfaces horizontales et verticales. Enfin, les grilles de climatisation devraient être dépoussiérées puis désinfectées.

Malheureusement, la disponibilité des équipes de soin fait qu'elles n'ont pas toujours le temps d'effectuer ce dernier protocole. Malgré la volonté des cadres infirmiers ce « grand nettoyage » n'est parfois effectué que tous les quinze jours.

L'autre point important à souligner, en rapport avec notre sujet, est le nettoyage des grilles de ventilation. Etant donné qu'elles ne sont pas toujours amovibles, il n'est pas possible de les désinfecter. Le seul entretien réalisable est un dépoussiérage *in situ*. Des "suceurs" pour aspirer les poussières avaient d'ailleurs été fournis.

III.2. Le traitement de l'air dans les blocs du CHU de Toulouse

Les blocs de Rangueil et de Purpan sont alimentés par plusieurs centrales, dont la répartition par salle figure en annexe 13, ainsi que les caractéristiques aérauliques de chacune d'elles.

Pour résumer, à Rangueil la centrale CTA 2 est commune au bloc de neurochirurgie, d'OPH-ORL, d'Hémodynamique-Rythmologie et de chirurgie cardiovasculaire. Le bloc central (BOH2) et le bloc de traumatologie sont alimentés par les centrales 13 et 14. Le bloc

des grands brûlés possède une centrale propre, tout comme le bloc de chirurgie interventionnelle.

A Purpan, l'hôpital se compose d'une multitude de pavillons regroupant chacun une ou plusieurs spécialités. En général, chaque bloc possède donc sa propre centrale d'alimentation en air. Le bloc des urgences fait exception, puisqu'il est équipé de plusieurs centrales de traitement.

Bien que toutes ces installations aient des âges très différents, leur principe de fonctionnement et leurs rôles restent identiques : il est d'assurer l'alimentation suffisante des blocs en air de bonne qualité, tout en maintenant le confort des personnes. Le respect de cet objectif passe par :

- La mise en pression du réseau d'alimentation
- La filtration de l'air
- Le maintien de la température constante (entre 18 et 26°C)
- L'humidification de l'air
- La diffusion d'air par le choix de systèmes adaptés au niveau de risque infectieux

III.2.1. Le fonctionnement des centrales de traitement d'air (CTA)

III.2.1.a) Les caractéristiques des centrales

Les CTA sont équipées de turbines qui permettent d'aspirer l'air extérieur pour l'envoyer sous pression dans les services. A Rangueil, la plupart des centrales sont à débit variable, exceptées les CTA 14 et 8, qui ne possèdent que deux vitesses de fonctionnement. Les capacités de chacune d'elles figurent dans le tableau suivant:

CTA	Q maximum (m3/h)	Q variable	T°C de soufflage	Hygrométrie en %
CTA 2	90000	oui	14	64
CTA 5	90000	oui	14	64
CTA 8	12000	non	14	64
CTA 13	50000	oui	14	64
CTA 14	47600	non	14	64

Tableau 7: Caractéristiques des centrales de traitements d'air

Notons que les données concernant la température et l'hygrométrie sont les données du constructeur. Actuellement, les humidificateurs ne sont pas en fonctionnement ce qui fait que l'hygrométrie dépend des conditions extérieures.

III.2.1.b) Les étages de filtration

Les CTA qui alimentent les blocs opératoires possèdent toutes 3 étages de filtration:

- Un 1^{er} étage de filtration pour la protection de la machinerie, comprenant:
 - Une filtration primaire assurée par des médias (feutrine) ou des pré-filtres (47% d'efficacité)
 - Des préfiltres haute efficacité (65%), qui sont changés tous les deux mois.
- Un 2^{ème} étage de filtration, assurant une filtration haute efficacité (90% à 95%) grâce à des filtres à poches (F8 selon la norme NF EN 779) installés au soufflage du ventilateur. Ces filtres sont changés tous les six mois et nécessitent l'arrêt des centrales.

- Un étage terminal de filtration pour garantir la classe d'empoussièrement préconisée, en assurant une filtration à très haute efficacité (99,95%, H13 selon la norme NF EN 1822). Les filtres doivent être changés lorsque ils provoquent une perte de charge de 600Pa, ce qui correspond en général à une durée de vie de 2 à 3 ans (s'il n'y a pas d'événement exceptionnel). Ils sont cependant changés chaque année, afin d'éviter des pertes de débits et pour assurer un fonctionnement optimum.

Notons qu'il existe un étage de filtration sur le réseau de reprise, afin de limiter l'encrassement des composants et le développement des micro-organismes. Cette filtration est assurée par des filtres haute efficacité (65%), avec possibilité de recyclage de l'air dans la centrale, sauf dans les zones de traitements infectieux qui exigent une filtration par filtres à très haute efficacité. C'est d'ailleurs le cas des blocs opératoires, qui ne sont par ailleurs alimentés que par de l'air neuf.

III.2.1.c) La température et l'humidité

A la sortie des centrales, l'air est à une température proche de 14°C. Elle est maintenue constante grâce à deux échangeurs thermiques composés d'une batterie chaude et d'une batterie froide.

Les batteries chaudes de Rangueil sont alimentées en eau chaude. Elles assurent l'hiver le préchauffage de l'air prélevé à l'extérieur. Le réglage de la température dans les salles est effectué au niveau du service par des batteries chaudes terminales, réglables par le personnel soignant.

Les batteries froides de Rangueil sont alimentées par des circuits d'eau froide à 8°C. Elles ont deux fonctions : la première est de ramener la température de l'air à 14°C. L'autre fonction est de déshumidifier l'air par formation d'eau condensée, qu'il est important de bien évacuer par des siphons. Les visites dans ces centrales, nous ont montré que certains siphons ne fonctionnent plus correctement et méritent un entretien et/ou une remise en état.

Enfin, l'humidification de l'air était assurée par un système de pulvérisation de vapeur d'eau. Aujourd'hui ces systèmes ne sont plus en fonctionnement.

III.2.1.d) Les taux de renouvellement et les débits

Les contrôles systématiques des débits et des taux de renouvellement ont été abandonnés au CHU de Toulouse, depuis plusieurs années. Dans l'objectif de remettre en place la surveillance de ces paramètres, nous avons entrepris une campagne de mesure dans l'ensemble des blocs.

Les résultats consignés en annexe 13 permettent de constater que peu de salles présentent des taux de renouvellement suffisants vu la réglementation relative à la lutte contre les incendies (minimum 15 V/h).

Notons par ailleurs, que la norme NF S90-351 préconise des valeurs supérieures à ce seuil (15 V/h) en fonction des zones à risques (cf. Annexe 3). Pour les zones 4, la valeur minimum recommandée est de 50 V/h, en zone 3 elle est de 30 V/h.

Enfin, soulignons que la répartition des débits n'est pas toujours équitable entre toutes les salles. Dans les blocs de traumatologie ou du BOH2 par exemple, certaines salles présentent des taux de renouvellement de 6 V/h, alors que d'autres approchent la valeur de 20 V/h. Une telle situation doit évoluer vers un rééquilibrage des flux, dans la mesure où un taux de renouvellement de 6 V/h est très insuffisant pour assurer correctement l'épuration de l'atmosphère des salles d'opération.

III.2.2. Les réseaux d'alimentation

Il n'est pas possible de parler du système de traitement d'air de l'hôpital de Ranguueil sans évoquer la problématique du transport de l'air. En effet, les centrales et les filtres absolus sont situés dans les sous-sols, alors que les salles d'opérations se situent dans les étages. Par conséquent, l'air filtré parcourt des dizaines de mètres de gaines avant d'être livré. Bien que les conduites soient sous pression, il est toujours possible que des intrusions de microorganismes se produisent lors de travaux ou d'arrêts temporaires des centrales.

Ces conduites ont l'âge de l'hôpital. Depuis 28 ans elles accumulent donc des poussières issues des fuites ou des imperfections inévitables du réseau. Cette situation est bien connue du C.L.I.N. et des services techniques. Cependant, aucune mesure de gestion n'est possible à coûts raisonnables. Le nettoyage des conduites a été évoqué, mais il nécessiterait l'arrêt complet de l'activité opératoire pendant des semaines voire des mois, pour des résultats incertains selon certains organismes (CDC) [10].

Dans cette partie, évoquons enfin la difficulté de gérer un tel réseau de climatisation : en effet les conduites sont équipées de divers clapets coupe-feu, de réglage, d'équilibrage situés tout le long du réseau. Une défaillance d'une de ces singularités au niveau d'une gaine alimentant les blocs, peut se traduire par des déséquilibres de l'installation conduisant à des taux de renouvellement insuffisants (exemple de la salle 3 de traumatologie et salle 5 du BOH2, cf. Annexe 13).

Lors des campagnes de mesures de débits que nous avons effectuées (cf. Annexe 13), il s'est avéré que certains blocs présentaient de tels déséquilibres. Ces défaillances avaient pour cause le dérèglement d'une des vannes de l'extraction, entraînant la mise en dépression d'une des salles. Nous comprenons alors l'intérêt de mener une réflexion sur la surveillance des débits dans les salles d'opération. Nous détaillerons cette réflexion par la suite.

III.2.3. Les types de flux

Pour finir la présentation des systèmes de traitement de l'air dans les blocs opératoires, il convient maintenant de faire un bref descriptif des flux mis en œuvre dans ces salles à environnement maîtrisé. Rappelons avant de poursuivre, que le choix de mise en œuvre d'un type de flux est indépendant de la centrale de production d'air. Il ne dépend que du risque aéroporté : seule la puissance de la CTA intervient dans le dimensionnement.

Tous les blocs opératoires de Ranguueil sont équipés de salles à flux non unidirectionnels (ancienne terminologie : turbulents, conventionnels), ce sont les équipements qui coûtent le moins cher à l'investissement et à l'exploitation. A Purpan, seules les salles 3 et 4 des urgences de traumatologie sont équipées de plafonds diffusants, les autres sont pourvues de flux conventionnels. Dans cette partie nous ne présenterons donc que ces deux types de flux.

Il est important de souligner que quel que soit le traitement mis en œuvre, la protection des salles est assurée avant tout par le maintien de la surpression et par un taux de renouvellement de l'air élevé. Le taux de renouvellement, exprimé en V/h, représente le volume d'air neuf apporté en une heure dans une salle de volume connu.

III.2.3.a) Principe de fonctionnement des flux non-unidirectionnels

L'air neuf filtré provenant des centrales est mis sous pression et est diffusé dans les salles par les bouches d'aération, avant d'être en partie repris par un système d'aspiration pour être rejeté à l'extérieur de l'hôpital.

Le débit soufflé est supérieur au débit extrait pour créer une surpression qui protège le bloc de toute pénétration d'air extérieur. Cet air propre est mélangé avec l'air ambiant, permettant ainsi une dilution et une élimination de l'air contaminé.

Habituellement, la pulsion se fait près du plafond et l'extraction près du sol de façon à favoriser l'effet piston, favorable à la sédimentation des particules vers le sol. Dans les hôpitaux de Toulouse l'extraction d'air est effectuée sur toute la hauteur des pièces, puisque les salles sont généralement équipées de 4 ou 6 bouches de reprise, réparties sur toute la hauteur des murs.

Pour les salles équipées de tels systèmes, les niveaux de qualité conseillés par le CTIN en 2002 [11] sont les classes particulière ISO7 et bactériologique B20.

Avec l'apparition de la nouvelle version de la norme NF S90-351, ces recommandations sont peut être à reconsidérer. D'une part parce que la classe B20 n'existe plus, d'autre part parce que la nouvelle norme donne des niveaux, non pas en fonction des systèmes de traitement, mais plutôt en fonction des zones à risques. Or les blocs sont considérés comme des zones à risques 3 ou 4 quel que soit le type de flux déjà mis en place. Les classes visées (cf. norme NF S 90-351 – juin 2003 – annexe 3), sont donc pour les zones 3 : B10 et ISO 7, pour les zones 4 : B10 et ISO 5. Notons malgré tout, que ces objectifs restent difficiles à atteindre avec un tel système de traitement et qu'ils sont plus adaptés aux systèmes à flux unidirectionnels:

III.2.3.b) Le principe de fonctionnement des plafonds soufflant à déplacement basse vitesse

Le flux généré par ce système peut être considéré comme unidirectionnel. Il permet de couvrir la zone de "plus haut risque". L'air est soufflé du plafond à des vitesses inférieures ou égales à 0.25 m/s limitant ainsi les déplacements transversaux turbulents. Ce déplacement d'air particulier provoque l'entraînement des particules en créant une barrière dynamique entre la zone protégée et le reste de la salle. Les effets de mélange et de dilution sont ainsi limités.

Même si tous les systèmes sont comparables sur le plan technique, certains points de conception différents permettent d'adapter cette technologie aux nécessités de chaque site. Il est alors possible d'accroître l'effet de barrière dynamique par la mise en œuvre d'un flux périphérique au plafond. Il est aussi possible de protéger les salles par des taux de renouvellement plus élevés.

Quelles que soient les variantes, ces systèmes sont préconisés dans la nouvelle norme, pour l'assainissement des zones à haut risque d'infection, c'est à dire pour les blocs dont les interventions sont classées en zone 3. Pour les autres (zone 4) des flux laminaires sont conseillés.

IV. Bilan de la surveillance actuelle au CHU de Toulouse

IV.1. La surveillance environnementale

L'environnement hospitalier peut être variable d'un établissement à l'autre, d'un service à l'autre et en fonction de l'activité [2], [12], [13]. D'autre part les caractéristiques climatiques d'une région déterminent parfois un biotope particulier dans l'établissement. Pour la prévention des IN, pour limiter les résistances aux antibiotiques et pour la protection des patients, il convient de connaître les souches les plus fréquemment rencontrées à l'hôpital de Rangueil et Purpan. C'est pourquoi la surveillance de la qualité biologique de l'air a été entreprise à Rangueil en 1997 et à Purpan en 2000.

Cette surveillance n'a jusqu'alors pas donné lieu à un bilan. Or cette tâche semble indispensable dans l'objectif de mettre en oeuvre un protocole de surveillance systématique de la qualité de l'air adapté aux blocs du CHU de Toulouse. L'objet de cette partie sera donc de s'y attacher.

IV.1.1. La flore bactérienne

La qualité microbiologique de l'air dans les blocs opératoires est contrôlée tous les trimestres à l'aide d'un biocollecteur. Jusqu'en 2003, ils étaient systématiques, depuis ils ne sont effectués que si les contrôles particuliers ne sont pas conformes à la norme ISO 14644-1.

Les prélèvements sont effectués par deux agents, respectivement affectés à l'hôpital de Rangueil et Purpan. Dans chaque établissement c'est donc, en général, toujours la même personne qui effectue les prélèvements, sauf pendant les congés annuels où ces deux techniciens se remplacent.

Les mesures sont effectuées le matin avant l'ouverture des salles préalablement désinfectées depuis la fin du programme de la veille et hors présence humaine. L'appareil utilisé est un biocollecteur de type « Sampl'air » placé au centre de la pièce. Il permet de collecter un volume d'air de 500 L en 5 min sur une gélose au sang pour les bactéries et une gélose au malt pour les champignons.

Les échantillons sont ensuite analysés au laboratoire d'hygiène ou de mycologie. Les résultats sont saisis dans la base de donnée « Samba ». Cet outil informatique permet d'enregistrer les caractéristiques de chaque prélèvement, c'est à dire la date, le lieu, le préleveur, la conformité ou non des résultats à la norme NF S90-351 (cf. Annexe3), le type de germes pathogènes éventuellement mis en évidence et leur concentration.

IV.1.1.a) La flore totale revivifiable

Cette flore est généralement constituée de *Staphylocoques* à coagulase négative (SCN), de *Microcoques*, *Streptocoque a*, d'*Acineto spp.*, de *Propriani bacterium acnes*, de *Flavobactérium spp.* et de champignons. Un dénombrement est systématiquement effectué au laboratoire. Le recueil des données collectées tous les trois mois depuis 1998 a permis de calculer pour chaque salle la classe biologique et de vérifier la conformité à la norme NF S90-351. Nous rappelons que cette norme impose pour les zones 3 et 4 une concentration maximale de 10 ufc/m³ (cf. Annexe 3).

Les résultats consignés en annexe 4, permettent de constater que seules deux salles de Rangueil satisfont à ces exigences et que 10 salles satisfont à l'ancienne norme NF S90-351 (classe visée : B20).

Notons cependant qu'actuellement un seul prélèvement est effectué dans chaque pièce, ce qui représente une incertitude. Rappelons aussi que le volume d'air prélevé est de 500L et

que les résultats sont exprimés par mètre cube. Les imprecisions sont donc multipliées par deux.

Il est aussi indispensable de préciser que pour chaque salle la taille des échantillons varie entre 3 et 12, ce qui est insuffisant pour calculer des moyennes avec des intervalles de confiance significatifs. En effet, l'utilisation du calcul de la moyenne suppose que les mesures suivent une loi normale. Or avec 3 ou 12 mesures il est difficile de se prononcer sur ce postulat. Nous avons donc choisi de présenter en annexe 4 les valeurs médianes, dont l'utilisation ici se révèle plus rigoureuse.

Enfin rappelons dans cette partie, que les filtres absolus de Ranguel ne sont pas situés à l'entrée des salles mais à la sortie des centrales. Cette configuration de l'installation fait que l'air épuré circule dans plusieurs dizaines de mètres de conduites avant d'être livré. Il est donc très probable que sa qualité se détériore pendant son cheminement.

IV.1.1.b) La flore pathogène

Les bactéries pathogènes retrouvées dans l'air et leurs caractéristiques figurent dans le tableau de l'annexe 5. La plupart sont des bactéries de l'environnement. C'est le cas des *Staphylococcus aureus*, des *Acinetobacter baumannii*, des *Bacillus cereus*, et des *Stenotrophomonas maltophilia*. Les *Enterobacter Cloacae* et les *Klebsiella oxytoca* sont en revanche des entérobactéries présentes dans l'intestin et pouvant contaminer l'environnement.

La présence de germes pathogènes dans l'air des blocs opératoires est rare puisque 25 souches seulement ont pu être isolées depuis 1997 dans l'ensemble des salles des blocs de Purpan et Ranguel. Parmi elles la majorité sont des *Staphylococcus aureus* (12/25). L'observation des dates de prélèvement ne montre aucune périodicité d'occurrence et aucun bloc privilégié.

Les souches pathogènes retrouvées dans l'air sont systématiquement conservées au laboratoire. Il a donc été possible d'effectuer des antibiogrammes pour chaque souche de *Staphylocoque*. Leur analyse n'a révélé des résistances qu'à l'Erythromycine, la Pénicilline, la Fosfomycine, l'Amikacine ou l'Ofloxacine. Parmi ces souches aucune n'a montré de résistance à plus de trois de ces antibiotiques simultanément et aucune n'a présenté de résistance à l'Oxacilline. Les *Staphylococcus aureus* retrouvés dans l'air ne sont donc pas méti-résistants. Malgré tout, il convient d'attacher une grande importance à leur présence car ils peuvent présenter un pouvoir pathogène :

Les infections à *Staphylocoques aureus* vont de l'écoulement très superficiel à la bactériémie, en passant par l'infection de la cicatrice, la méningite ou à l'ISO. La complexité de l'opération et la durée de l'intervention sont deux facteurs favorisant, lors d'interventions chirurgicales, les infections par *Staphylococcus aureus* [14].

Afin de mieux caractériser la flore des *Staphylococcus aureus* dans les hôpitaux de Ranguel et de Purpan des typages moléculaires des souches environnementales ont été effectués (cf. Annexe 6). Cette méthode permet de comparer les ADN des différentes souches de *Staphylococcus aureus*, par électrophorèse en champ pulsé. A l'heure actuelle cet outil de biologie moléculaire semble être le plus fiable pour comparer plusieurs souches. Il est utilisé en routine au laboratoire d'hygiène.

Le principe consiste à faire digérer l'ADN des bactéries par des enzymes (ici SMA1 et confirmation avec SST2) et à faire migrer les fragments obtenus par champ pulsé. Il est alors possible de visionner la "photo" de l'ADN de chaque bactérie.

Les résultats de cet examen montrent que deux souches strictement identiques ont été retrouvées dans l'air du bloc BOH2 à 7 mois d'intervalle dans des salles différentes (prélèvements du 07/99 et 04/00 dans les salles 8 et 9, cf. Annexe 6). Cette même souche a

aussi été retrouvée en janvier 1999 dans l'air du bloc des grands brûlés qui se situe dans le même bâtiment. Les salles 8 et 9 du bloc BOH2 sont alimentées par une même centrale (CTA 13). En revanche, le bloc des grands brûlés est alimenté par une autre centrale (CTA 8), il n'est donc pas possible d'incriminer le système de traitement d'air.

Il est possible que cette souche soit portée par du personnel travaillant à la fois dans le bloc des grands brûlés et du BOH2. C'est le cas des infirmières anesthésistes qui travaillent la plupart du temps chez les grands brûlés mais qui sont parfois amenées à aider leurs collègues du bloc BOH2.

En ce qui concerne les malades, il n'y a pas de transfert possible entre les deux blocs, puisque les grands brûlés restent dans leur service jusqu'à la guérison. Les brûlés "légers" qui fréquentent le BOH2 pour de la chirurgie plastique, ne sont jamais orientés vers le service des grands brûlés.

Nous pouvons aussi envisager la présence de biofilms dans les gaines d'alimentation en air qui relarguent ces bactéries lors de variations de débits.

La rémanence de cette souche dans l'environnement est donc difficile à expliquer. Elle montre cependant une facilité du *Staphylococcus aureus* à se propager dans l'environnement de Rangueil ou la présence d'un "essaimeur" chronique.

A Purpan aussi, deux souches identiques ont aussi été retrouvées dans deux blocs différents (bloc central et bloc OPH), à quelques semaines d'intervalle. Etant donné que les deux blocs sont alimentés par deux centrales différentes, cette bactérie ne peut pas provenir du système de traitement d'air. D'autre part, les deux blocs sont dans deux pavillons différents, le portage par le personnel semble donc la seule hypothèse recevable.

Finalement, ces deux exemples nous montrent que la présence de bactéries dans l'air est assez aléatoire. La méconnaissance du comportement de ces souches dans l'environnement pose des problèmes de gestion, puisque nous ne connaissons pas leur origine.

Rappelons aussi que ces bactéries ont été prélevées le matin avant toute intervention, hors présence humaine (excepté le préleveur) et que les salles étaient réputées propres et désinfectées depuis la veille. Etant donné le renouvellement d'air dans ces salles, il est difficile d'attribuer ces pollutions aux interventions antérieures (de la veille), sauf si les salles étaient en dépression.

La fréquence de ces bactéries est donc inexplicable, mais justifie néanmoins des mesures de gestion et de surveillance dont nous débattons par la suite.

IV.1.2. Le contrôle particulière

Le contrôle systématique de l'empoussièrément des salles à environnement protégé s'effectue au CHU de Toulouse depuis le début de l'année 2003. L'appareil utilisé est le compteur à particule de type ARTI- HHPC-2 (Ecomesure®). Les prélèvements sont effectués avant toute activité, tous les trois mois, dans chacune des salles par les mêmes agents que précédemment.

Jusqu'en février 2003, les mesures étaient effectuées au centre de la pièce. Elles sont maintenant effectuées en plus au niveau du soufflage et au niveau de l'extraction. D'avis d'expert cette méthode permet d'avoir une bonne représentation de la qualité de l'air soufflé puis de la contamination de l'air après le passage dans les locaux. A chaque point de prélèvement trois mesures sont normalement effectuées et la moyenne calculée.

Deux classes d'empoussièrement sont vérifiées : la classe des particules de tailles supérieure à 0,5 µm et la classe des poussières de diamètre supérieur à 5 µm. Chacun de ces résultats permet de vérifier la conformité à la norme 14644-1 pour chaque classe en état d'activité⁶ (cf. annexe 8). Il résulte de la collecte et de l'analyse de ces résultats⁷ que la grande majorité des salles sont de classe ISO 7 pour les deux classes de particules. Cependant, il est important d'insister sur le fait que pour les blocs qui sont considérés comme des zones à très hauts risques (zone 4 : CCV, neurochirurgie, traumatologie), l'objectif visé est la classe ISO 5. Pour les autres la classe ISO 7 semble suffisante.

Notons aussi que deux salles (OPH salle 3 et le bloc des grands brûlés) dépassent les concentrations de la classe ISO 7. Cependant, les mesures particulières n'ont été commencées que depuis janvier 2003. A raison d'un prélèvement trimestriel, nous ne disposons pas d'effectifs statistiques suffisamment grands, pour donner une interprétation de l'ensemble de ces résultats. Cette remarque est d'autant plus vraie pour le bloc des grands brûlés, où seule une mesure correcte est disponible.

IV.1.3. Le contrôle des champignons

Depuis l'utilisation du compteur à particule, la recherche de champignons dans l'atmosphère des blocs et sur les surfaces n'est plus systématique. Elle était conduite par le personnel qui effectue maintenant le contrôle particulaire et microbiologique.

IV.1.3.a) Les prélèvements d'air

L'analyse des prélèvements d'air effectués depuis 1998 jusqu'à fin 2002 a permis d'effectuer un bilan de la flore habituellement rencontrée dans les blocs des hôpitaux de Purpan et de Rangueil. La représentation des espèces mises en évidence est comme suit. Notons que toutes les espèces rencontrées sont des espèces environnementales et que leur répartition est sensiblement la même entre les deux hôpitaux.

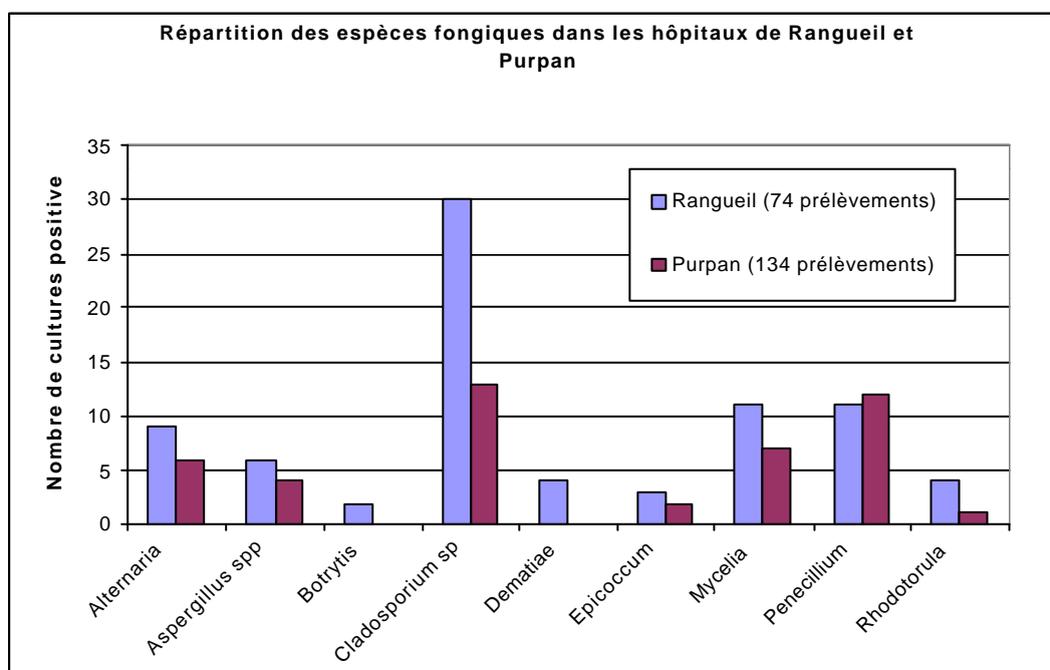


Figure 1 : Répartition des espèces fongiques de l'air

⁶ En activité ne signifie pas qu'une intervention est en cours, mais que la salle d'opération a été livrée et est opérationnelle.

⁷ Selon la méthode statistique proposée par la norme ISO 14644-1

Ce bilan permet de constater que quatre espèces sont couramment rencontrées :

- *Cladosporium spp*: cette espèce est rencontrée dans près d'un tiers des prélèvements positifs effectués dans l'ensemble des blocs de Rangueil. Il est reconnu que certaines espèces peuvent être des agents étiologiques de mycoses. Le *Cladosporium bantianum* est quant à lui un redoutable pathogène du système nerveux central.
- *Penicillium spp* : ce champignon saprophyte est très répandu dans l'environnement et particulièrement dans les blocs de Rangueil et Purpan (15 et 25 %). Quelques rares espèces sont reconnues être pathogènes pour des malades immunodéprimés. Citons le cas à part du *Penicillium marneffei* d'Asie qui peut être à l'origine d'infections systémiques chez les sidéens notamment. Il n'a jamais été retrouvé dans un des blocs de Toulouse.
- Les *Alternaria spp* représentent 15 % des espèces mises en évidences. Ils sont des saprophytes ou des parasites de plantes très répandus. Chez les immunodéprimés, ils sont impliqués dans l'apparition de lésions cutanées et sous-cutanées ou rarement d'onychomycoses (mycoses des ongles). Chez les brûlés, ils sont à l'origine de rejets de greffes.
- *Mycelium*. Il s'agit en fait de moisissures qui ne sont pas identifiables, car elles ne fructifient pas (pas de production de spores). Or cette étape est essentielle pour l'identification des champignons filamenteux.

Les autres espèces ne représentent que 20 à 25 % des prélèvements positifs. Cependant, leur présence peut être très préoccupante de par le caractère parfois très pathogène de certaines souches.

Nous ne reviendrons pas sur le cas de l'*Aspergillus fumigatus* déjà largement évoqué et retrouvé une seule fois dans la salle 5 du bloc de traumatologie de Rangueil en 2002. Malgré tout, d'autres espèces d'*Aspergillus* ont exceptionnellement été retrouvées dans l'air. Certaines ne sont que peu/pas pathogènes chez les immunodéprimés (*Aspergillus glaucus*, *ornatus* et *versicolor*). D'autres en revanche, peuvent être à l'origine d'infections pulmonaires graves chez l'immunodéprimé (*Aspergillus nidulans* ou *niger*). Notons que l'*Aspergillus niger*, au même titre que l'*Aspergillus fumigatus*, peut être à l'origine d'aspergillomes, d'otites ou de sinusites chez des individus sains.

Pour finir évoquons la présence anecdotique d'espèces telles que les *Rhodotorula* (levure), *Botrytis* et *Dematiaceae* (champignon noir non identifié). Aucune d'entre elles n'est considérée comme pathogène.

IV.1.3.b) Les périodes d'occurrence

La représentation des concentrations en flore mycologique totale observée dans les blocs opératoires de Purpan (cf. Annexe 11), laisse supposer l'existence d'une apparition saisonnière des pics de champignons, ce qui corrobore les hypothèses de certains auteurs [3]. Pour Rangueil, il n'est pas possible de faire la même remarque puisque les analyses n'ont été effectuées qu'en été. Même si des pics sont observables, ils ne sont pas interprétables. La conséquence de ce biais est qu'à Rangueil 55% des prélèvements sont positifs, alors qu'à Purpan les chiffres n'en laissent paraître que 20%.

Pour le cas de Purpan, une analyse statistique a permis de confirmer les observations graphiques. Cette analyse a consisté tout d'abord à exclure les données obtenues dans le mois suivant l'événement « AZF ». En effet, une étude menée à l'hôpital de Rangueil [15] a montré l'existence de pics aspergillaires jusqu'à trois semaines après l'événement.

La création de quatre tableaux d'observation ou tableaux 2x2 (cf. Annexe 12), contenant d'une part le nombre de prélèvements positifs et négatifs et d'autre part deux saisons à comparer, a conduit au calcul d'odds ratios (OR). L'intérêt de ce paramètre, qui résulte d'un test du χ^2 , est de mettre en avant la puissance d'un lien entre deux variables. Associé au coefficient de probabilité « p » d'appartenir à un intervalle de confiance, il permet de conclure ou non à un phénomène saisonnier. Le tableau suivant résume les résultats de cette étude :

Saisons comparées	OR	p
Printemps-été	0.08	0.78
Printemps-automne	5.6	0.01
Printemps-hiver	5.1	0.02
Été-automne	4.5	0.03
Été-hiver	6.8	0.009
Automne-hiver	1.2	0.7

Tableau 7 : Analyse statistique de la variabilité inter-saisonnière de la flore mycologique

Les OR supérieurs à 1 associés à un coefficient « p » inférieur à 5%, signifient qu'une différence saisonnière peut être conclue. En réalité nous pouvons distinguer la saison estivale de l'automne et de l'hiver.

Notons que ce constat n'a rien de surprenant. En effet, dans le cadre d'autres études, des prélèvements d'air sont effectués sur le toit de l'hôpital de Rangueil, pour décrire la flore mycologique de l'environnement toulousain et pour en connaître les allergènes. Cette étude montre aussi une variabilité inter-saisonnière correspondant à celle que nous avons essayé de mettre en évidence.

Ce constat, peut donc permettre d'engager une discussion concernant les fréquences de prélèvement mycologique dans les blocs ou dans les autres services à environnement maîtrisé.

IV.1.3.c) Les prélèvements de surface

Les prélèvements de surface ont été effectués dans différents endroits de la salle: au niveau des scialytiques, des tables d'instrumentation, des étagères, des chariots, des tables d'opération, et des grilles de soufflage.

Le contrôle des grilles permet de donner un reflet de la qualité de l'air livré dans la salle à condition qu'elles fassent l'objet d'un nettoyage régulier. Etant donné que ce n'est pas le cas, il est difficile de tirer des conclusions pertinentes de ces résultats.

Les autres contrôles de surfaces peuvent donner d'une part une idée de la qualité du bionettoyage. D'autre part, des contrôles dans des endroits inaccessibles au nettoyage peuvent permettre d'avoir un aperçu de l'historique de la qualité de l'air de la salle.

Près de la moitié des prélèvements se sont révélés positifs. Les espèces retrouvées sont les mêmes que la majorité des espèces mises en évidence dans l'air. Seules certaines souches rarement retrouvées dans l'atmosphère sont absentes:

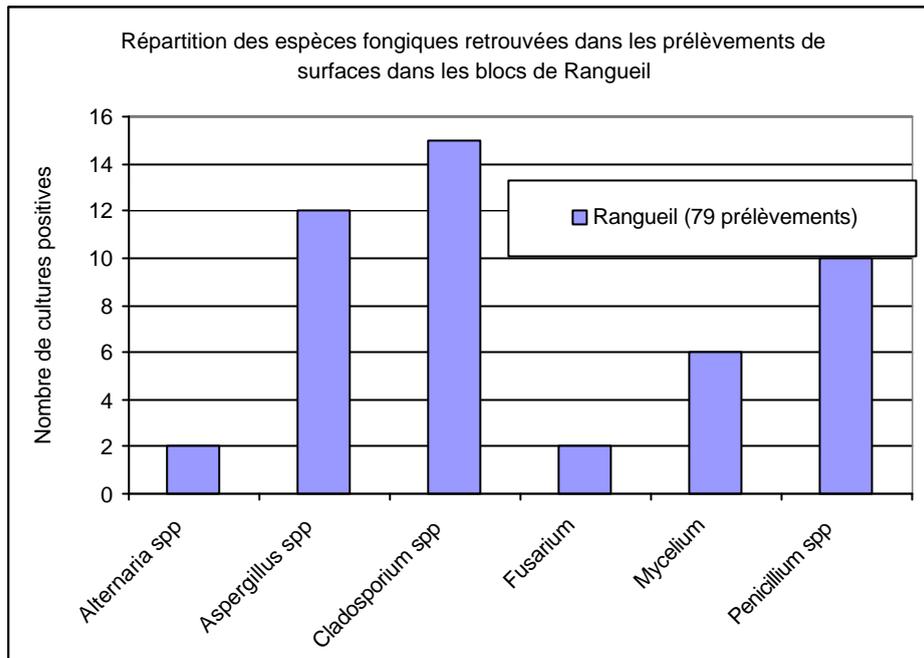


Figure 2 : Répartition des espèces fongiques des prélèvements de surface

Il est remarquable de constater que la proportion d'*Aspergillus spp.* est ici beaucoup plus importante que dans l'air. Notons aussi la présence de *Fusarium spp.* dont l'intérêt médical est démontré. Dans un objectif de gestion des risques ces deux paramètres devront faire l'objet d'une attention particulière.

IV.2. Les infections nosocomiales potentiellement aéroportées

Il existe peu de documents traitant des relations entre l'air et les ISO. Toutes les références convergent vers les articles écrits par Lidwell.

Malgré tout, grâce aux progrès technologiques et notamment aux typages moléculaires, il est maintenant plus facile de donner une origine aérienne à certaines infections. Nous nous proposons donc dans cette partie de faire un bilan des cas d'infections du site opératoire qui auraient pu survenir dans les hôpitaux de Toulouse depuis que la surveillance de la qualité de l'air a été mise en place. Il est bien évident que la surveillance actuelle n'a pas pour but de réaliser une étude épidémiologique. Par conséquent, la portée de ce bilan sera limitée, mais permettra au moins d'avoir une idée de l'impact des infections du site opératoire d'origine aéroportée.

La mise en évidence d'une relation entre la contamination de l'air et la survenue d'ISO chez un patient passe par trois étapes:

- la première consiste à comparer les antibiogrammes des souches environnementales et des isolats.

- parallèlement, il convient de connaître le parcours des patients sortant des blocs concernés et de vérifier dans leur dossier médical la présence d'ISO.

- la dernière étape consiste à effectuer des typages moléculaires par champ pulsé pour comparer l'ADN des souches environnementales et des isolats cliniques.

Nous avons effectué cette démarche pour les infections du site opératoire attribuées à la présence de *Staphylococcus aureus*.

IV.2.1. La comparaison des antibiogrammes

La base de donnée "Samba" contient des renseignements concernant les prélèvements bactériologiques effectués sur les malades. Ces informations renseignent, sur la date, l'endroit du prélèvement, ainsi que la souche et son antibiogramme.

A partir de la liste des bactéries pathogènes retrouvées dans l'air des blocs (cf. Annexe 5), nous avons entrepris de rechercher dans cette base de données, la liste des patients susceptibles de les avoir fréquentés à la même période et ayant présenté des infections dues aux mêmes germes que ceux prélevés dans l'atmosphère.

Pour chaque souche environnementale nous avons donc pu obtenir la liste des patients infectés par une bactérie apparemment identique.

Etant donné qu'un genre de bactérie peut se décliner en plusieurs souches présentant des antibiogrammes différents, nous avons par la suite comparé les antibiogrammes des souches environnementales à ceux des isolats cliniques des patients fournis par "Samba". Ce travail a permis de réduire la liste des patients à une soixantaine de cas.

Cependant, la similitude des antibiogrammes entre les souches environnementales et les isolats des patients, n'est pas une preuve absolue d'égalité des souches et n'est donc pas non plus une preuve de contamination ou d'une relation entre l'air et les malades.

Il est donc nécessaire, pour affiner l'investigation, de rechercher dans la liste établie les patients qui ont effectivement subi une intervention dans les blocs et de vérifier si les isolats proviennent d'infections du site opératoire.

IV.2.2. La surveillance des infections du site opératoire (ISO)

La surveillance des ISO est un programme national placé sous l'égide du RAISIN (Réseau d'Alerte d'Investigation et de Surveillance des Infections Nosocomiales). Elle est constituée sur la base du volontariat. Cette surveillance est répétée chaque année entre le mois de janvier et le mois d'avril. Elle consiste à suivre les patients pendant un mois après leur intervention pour détecter et enregistrer les éventuelles ISO.

L'objectif est de sensibiliser les chirurgiens et les équipes chirurgicales aux risques d'infection du site opératoire et ainsi diminuer leur incidence.

Dans le cadre de notre travail, cette surveillance nous a permis de rechercher parmi la liste des patients précédemment établie, quels sont ceux qui ont présenté des ISO et qui sont effectivement passés par les blocs concernés. Etant donné que cette surveillance n'a lieu que de janvier à avril, la liste des patients susceptibles d'avoir été contaminés est fortement réduite. Elle l'est d'autant plus, que les patients qui ont été orientés vers le B.R.R (service de réanimation respiratoire) n'ont pas fait l'objet de cette surveillance.

Finalement sur les 60 cas suspectés, nous n'avons pu consulter que 10 dossiers. Parmi eux, 4 ont présenté des infections du site opératoire, 3 n'en ont pas été victimes. Pour les trois autres cas, les médecins n'ont pas pu se prononcer.

Pour les cas douteux et les cas d'ISO, il est difficile d'affirmer que l'infection a été aéroportée, même si les souches mises en causes et retrouvées dans l'air présentent le même antibiogramme.

Seule une comparaison de l'ADN peut permettre d'affirmer que les deux souches sont identiques.

IV.2.3. Comparaison des souches environnementales retrouvées dans l'air et des isolats des patients

La méthode utilisée est la même que celle qui a permis de comparer les souches environnementales entre elles. Ce travail a été très limité car seuls deux isolats parmi les 10 patients retenus précédemment ont été conservés. En effet, la surveillance actuelle des *Staphylococcus aureus* est axée sur les multi-résistants (résistants à l'Oxacilline). Les souches sensibles à l'Oxacilline ne sont donc pas conservées au laboratoire.

La comparaison des ADN (cf. Annexe 6) a montré qu'aucun des isolats des patients n'était similaire à une des souches environnementales.

Nous n'avons donc pas pu mettre en évidence de relation entre l'air et l'infection du site opératoire. Pour arriver à des conclusions exploitables, il aurait fallu mener une étude prospective qui aurait permis d'effectuer la même démarche dans des conditions expérimentales plus favorables.

Malgré tout, nous rappelons que nous avons trouvé des souches provenant de l'air dont les antibiogrammes étaient identiques à ceux provenant de certains patients. Même si ce n'est pas forcément la preuve d'une relation directe, ce constat est la preuve que ces bactéries peuvent se trouver à la fois dans l'air et dans les plaies opératoires.

V. Elaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air

L'objectif est de mettre en place un protocole de surveillance de la qualité de l'air dans les blocs opératoires, dans le but de préserver les malades des infections du site opératoire. Cette ambition implique que la surveillance aboutisse à des moyens de gestion concrets et réalisables. En effet, à quoi bon instaurer un protocole de surveillance qui n'aboutirait à aucune mesure efficace? Nous essaierons donc, en analysant chacun des paramètres à surveiller, de vérifier que des moyens de gestion adaptés existent.

D'autre part, la surveillance actuelle ne prend en compte que les contrôles particuliers et microbiologiques. Or les résultats de cette surveillance sont représentatifs de l'ensemble du fonctionnement de la filière, mais ne permettent pas toujours de connaître l'état des processus intermédiaires. Dans un souci de gestion et de qualité, nous nous attacherons donc à établir un protocole de surveillance qui prenne en compte les différents points critiques du traitement de l'air, situés en amont de la salle et dans la salle. Nous comprenons alors l'intérêt de bien connaître le fonctionnement des CTA et l'intérêt du travail précédent. La suite de notre travail sera donc consacrée à l'analyse des paramètres éventuellement destinés à être pris en compte dans la surveillance de la qualité de l'air, à leur interprétation et à la mise en place d'une traçabilité par l'intermédiaire d'un cahier sanitaire.

V.1. Les prélèvements d'air

Les analyses microbiologiques de l'air à titre systématique ont été abandonnées en 2003, mais étaient jusqu'alors le seul moyen de contrôle de la qualité de l'air. Aujourd'hui encore, elles restent un indicateur de résultats complémentaire aux contrôles particuliers.

V.1.1. Intérêts et objectifs des prélèvements d'air

V.1.1.a) La flore totale revivifiable

Nous avons déjà évoqué la composition de cette flore : l'évaluation de celle-ci nous a permis de déterminer les concentrations médianes dans chacune des salles et de connaître la qualité de l'environnement de Rangueil et Purpan. De ce point de vue, la surveillance de cette flore est indicative. Du point de vue de la protection des patients ce paramètre semble moins utile, puisqu'un prélèvement n'est interprétable qu'après deux jours de culture. Il est difficile d'entrevoir une gestion du risque cohérente avec un tel délai. C'est pour cette raison, que la surveillance systématique de l'aérobiocontamination a été abandonnée au profit des comptages particuliers. Elle n'est effectuée que si la teneur en particules dépasse les seuils de la norme ISO 14644-1.

On y préfère maintenant ces comptages qui sont plus réactifs (CTIN 2002 [11]). Pourtant, ce document précise qu'il n'existe pas toujours de corrélation entre les comptages particuliers et la teneur en flore totale, ce qui pourrait présenter une difficulté pour évaluer le risque biologique et contredit la démarche préconisée.

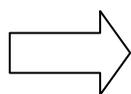
D'autres auteurs montrent en revanche une relation linéaire entre les particules inférieures à 0.5 μm et la flore totale (10000 particules/m³ pour 1 ufc/m³) [16]. Cette étude confirme celle de B. Ljunungqvist et B. Reinmüller, "Hazard analyses of airborne contamination in clean rooms" qui date de 1995. Pour les particules de taille supérieure à 5 μm , établir une corrélation reste plus incertain.

Devant les avis divergents et pour justifier l'abandon ou non des mesures systématiques d'aérobiocontamination, nous avons donc décidé de comparer les comptages particuliers de 2003, aux mesures biologiques effectuées au même moment dans les mêmes

salles de Ranguel et de Purpan (cf. Annexe 15). Elles proviennent de la base de données "Samba" issue de la surveillance de la qualité de l'air déjà mise en place.

Pour les particules de tailles supérieures à 0.5 μm , il semble qu'il existe une relation linéaire entre le logarithme de la teneur en particules et la flore totale, puisque nous trouvons un coefficient de corrélation de 0.7. Ce coefficient peut sembler faible pour assurer la validité de cette relation. Nous avons donc calculé l'intervalle de confiance dans le lequel se situe la pente de la droite de régression. Etant donné qu'il exclut la valeur zéro, nous pouvons donc confirmer les conclusions des études précédentes en ce qui concerne l'existence d'une relation. Cependant, nous trouvons une relation de type logarithmique, alors que l'étude précédente met en évidence un ratio et donc un relation de type linéaire. Notons que l'intervalle des concentrations observées dans notre étude est beaucoup plus large que celui de l'étude précédente [24] (21000-6000000 et 37000-391000 particules/m³). Pour les particules de tailles supérieures à 5 μm notre démarche aboutit à un nuage de points qui démontre une absence de corrélation.

Comme dans cette étude [24], il existe un biais à notre analyse qui limite la portée de ces résultats: la surveillance n'a pas été réalisée dans le but d'une analyse statistique, le protocole de prélèvement est donc incertain. Des conditions de prélèvement standardisées et destinées à cette analyse auraient certainement permis d'améliorer ce coefficient.



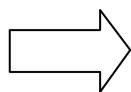
Malgré les incertitudes, nous pensons que les prélèvements microbiologiques systématiques doivent être abandonnés au profit des comptages particuliers. Cependant, étant donné les risques et les incertitudes concernant les relations particules-flore totale, nous préférons maintenir les contrôles microbiologiques lorsqu'un comptage particulier est non conforme à la norme ISO 14644-1.

D'autres prélèvements d'air peuvent aussi se justifier pour mener des investigations lors d'épidémies. Dans le premier cas, il ne s'agit plus du même objectif, mais d'une enquête environnementale avec recherche de germes spécifiques.

V.1.1.b) Les champignons

Nous avons évoqué le faible risque aspergillaire dans les blocs opératoires, car la voie privilégiée d'exposition à ces champignons est l'inhalation. Or les personnes anesthésiées sont intubées et ne sont donc pas exposées à l'inhalation de microorganismes.

Les contaminations par contact ou par du matériel souillé sont, nous l'avons vu, toujours possibles mais très rares, excepté pour le bloc des grands brûlés, qui devra faire l'objet d'une surveillance mycologique particulière.



Nous estimons donc que les contrôles mycologiques ne sont pas nécessaires dans les autres blocs, à condition que le fonctionnement aéraulique des salles soit garanti. En effet, même si en été le danger existe, le maintien des salles en surpression, des taux de renouvellement suffisants, des comptages particuliers et la vérification de l'état de fonctionnement des centrales devraient assurer la protection des patients du point de vue du danger aspergillaire.

D'autre part, soulignons que l'analyse mycologique ne permet l'obtention de résultats qu'après plusieurs jours de culture. Ce dernier argument justifie donc aussi l'abandon de ces contrôles, puisque aucune gestion réactive n'est possible.

Soulignons cependant, que dans d'autres services protégés ces prélèvements s'imposent à cause des risques qu'ils représentent pour les malades.

V.1.2. Les niveaux d'interprétation

Dans cette partie, nous souhaitons établir des niveaux d'interprétation des prélèvements microbiologiques qui permettront de mettre en place une gestion adéquate aux moyens technologiques de Ranguel et Purpan.

Avant de poursuivre, définissons les niveaux d'interprétation définis par le CTIN 2002, [11] pour l'aérobiocontamination:

- *Le niveau cible* : c'est le niveau de qualité qui vise à assurer et à maintenir des conditions normales de fonctionnement dans le contexte d'un environnement maîtrisé.
- *Le niveau d'alerte* correspond à une dérive par rapport aux conditions « normales ». Il doit être suivi de la mise en place de nouvelles recherches et de mesures correctives dans l'attente des résultats supplémentaires.
- *Le niveau d'action* doit être suivi d'une action urgente et immédiate. Le risque pour le patient est imminent.

La définition du niveau cible est sujette à trois remarques. Tout d'abord, il est difficile de définir à quel moment l'environnement est « maîtrisé ». Est-il maîtrisé quand l'installation fonctionne bien ou quand le risque est écarté ?

Les conditions normales de fonctionnement dépendent théoriquement de chaque salle, de chaque spécialité et de chaque risque.

Nous voyons donc certaines difficultés se profiler: il serait d'une part difficile de prendre en compte les spécificités technologiques et les spécialités de chaque salle. Les niveaux d'interprétation devront être communs à tous les blocs qui ont le même traitement pour permettre une gestion simple et réactive.

Ensuite, étant donné que l'évaluation du risque aéroporté est délicate, il est difficile d'établir des niveaux d'interprétations sur cette unique considération. Pour cette raison nous serons amenés à considérer aussi les contraintes techniques.

Enfin, étant donné que l'évaluation des risques est aléatoire, il est difficile de différencier les niveaux d'action et les niveaux d'alerte.

Avant de poursuivre notre réflexion et d'établir ces niveaux, il nous semble nécessaire de faire le point sur les valeurs choisies par d'autres établissements.

V.1.2.a) Les valeurs généralement admises pour l'aérobiocontamination

Nous avons pu trouver dans la littérature quelques valeurs pour les niveaux d'interprétation des prélèvements d'air. Ces données sont tout de même rares. Les hôpitaux utilisent souvent les références normatives.

Pour des flux turbulents, le tableau ci-dessous résume les concentrations en microorganismes (ufc/m³).

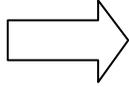
	Norme NF-S90351	Université de Genève	Grande Bretagne	ASPEC ⁸	Dharan et Pittet [27]
Niveau cible	10			10	
Niveau d'alerte		25	35	100	50
Niveau d'action				500	100

Tableau 8 : Les niveaux d'interprétation de l'aérobiocontamination

⁸ Hygiènes- Vigilance environnementale – 2000 Volume VIII n°3

Ce tableau nous montre la difficulté des auteurs et des divers organismes à établir 3 niveaux distincts d'interprétation.

Pour les flux laminaires, nous n'avons trouvé que les valeurs préconisées par l'ASPEC. Le niveau cible est de 1ufc/m³, le niveau d'alerte est de 5 ufc/m³ et le niveau d'action est de 10 ufc/m³. Nous rappelons que la norme NF S-90-351, n'impose qu'un niveau qui est de 10 ufc/m³.



Pour les champignons, l'ASPEC préconise un niveau cible de 0 champignon/m³ dans l'air et 0 champignon /boite pour les surfaces. Dans le cadre du bloc des grands brûlés, nous retiendrons ces valeurs. Ces contrôles seront effectués quand les contrôles particuliers seront mauvais.

V.1.2.b) Adaptation au CHU de Toulouse

Etant donné l'âge et la technologie des installations de Rangueil et Purpan, il est difficile de se limiter aux recommandations normatives. Il nous semble donc nécessaire de prendre en compte l'historique des centrales de Rangueil et de Purpan. En effet, cette démarche permettra de connaître les capacités réelles de ces centrales et donc de définir des niveaux qui leur sont adaptés et correspondant à un risque "maîtrisé" par rapport à des données antérieures et aux différentes enquêtes internes.

Comme nous l'avons déjà évoqué, il est impossible de définir des niveaux d'interprétation pour chaque salle. Nous fixerons donc des niveaux relatifs aux salles équipées de flux turbulents puis aux salles équipées de flux unidirectionnels.

(1) Les niveaux cibles

Nous considérerons que les niveaux cibles sont les objectifs à atteindre en vue de protéger les patients. Nous voulons donc que ce niveau soit représentatif du risque dont on veut se prémunir. Ainsi, il nous semble que dans cette logique, les contraintes technologiques doivent être exclues. Ce niveau ne sera donc fonction que des zones définies pour chaque bloc. Les blocs de Rangueil et de Purpan sont majoritairement classés en zone 3 ou 4. A défaut de pouvoir quantifier les doses infectantes, nous nous référerons donc à la norme NF S90-351, qui définit pour ces zones une concentration maximum de 10 ufc/m³.

Il est bien évident, que les moyens actuels ne permettent pas toujours d'atteindre ce niveau. Malgré tout, cette définition permet de justifier des aménagements ou des actions à entreprendre en vue d'améliorer la qualité de l'environnement.

(2) Le niveau d'alerte et le niveau d'action

Ces niveaux doivent en revanche, prendre en compte les aspects techniques, puisqu'ils doivent servir à engager des moyens quand des dérives par rapport à la situation "normale" sont observées. Nous allons donc devoir définir les concentrations normales. Etant donné qu'il n'existe pas de dose infectante, nous ne pouvons pas justifier une différence entre le niveau d'alerte et le niveau d'action. Nous n'établirons donc qu'un seul niveau justifiant une action.

▪ *L'aérobiococontamination des flux turbulents*

Etant donné que nous souhaitons un niveau d'interprétation commun à toutes les salles à flux turbulents, il faut vérifier que l'air qui y est livré est identique.

Notre démarche a donc consisté à vérifier que la distribution de la flore totale délivrée par chaque centrale est identique. Nous avons donc procédé à la comparaison des moyennes.

Centrale	u1	Moyenne	u2	Ecart type	Effectif
CTA13	31	42	54	50,4	75
CTA14	37	52	67	62,0	69
CTA2	28	34	40	34,4	122
CTA5	11	20	29	14,2	12
CTA8	21	68	115	45,0	6

Tableau 9: Aérobiocontamination moyenne dans chaque centrale de Ranguel

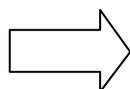
Ce tableau nous montre que l'air délivré par les centrales 13 et 14 semble identique. Il est difficile de se prononcer par la CTA 2, puisque l'intersection de son intervalle de confiance avec ceux des CTA 13 et 14 est faible. Pour les CTA 8 et 5, les effectifs sont trop petits pour donner une interprétation rationnelle.

Nous avons effectué un test statistique de comparaison des moyennes entre les CTA 2 et 14 et CTA 2 et 13. Cette analyse a montré une différence significative entre la CTA 2 et 13.

Il ressort donc de cette courte analyse, qu'il est difficile de trouver un niveau d'alerte commun à l'ensemble des salles d'opération de l'hôpital de Ranguel et par extension à l'ensemble des blocs de Purpan et Ranguel. Pourtant, cet outil est indispensable à une gestion simple et efficace.

Finalement, étant donné la multitude des salles et des centrales, nous avons choisi de représenter la répartition des concentrations dans l'ensemble des blocs de Ranguel et Purpan (Figure 3). Plutôt que d'associer le niveau d'alerte à une seule valeur, nous pensons plutôt l'associer à un intervalle qui correspond à la médiane et au percentile 75 de cette répartition. Ainsi nous espérons pouvoir prendre en compte les variabilités inter-services et inter-hospitalières.

La médiane est de 35 ufc/m³, le percentile 75 est de 65 ufc/m³. Selon la spécialité des blocs, cet intervalle permet d'adapter l'interprétation des prélèvements. Dans une zone à très haut risque (zone 4), il faudra peut être entreprendre des recherches complémentaires à partir de 35 ufc/m³, tout en étant conscient que cette valeur signifie que le prélèvement a une chance sur deux de dépasser le seuil de 35 ufc/m³. Pour les blocs à moindre risque (zone 3), le niveau d'alerte ne se situera qu'à 65 ufc/m³.



Notons cependant, que 35 ufc/m³ n'est pas une valeur correcte d'aérobiocontamination pour un bloc opératoire équipé de flux non unidirectionnels. Il convient que le CHU entreprenne des actions afin de ramener cette valeur médiane à la concentration de 10 ufc/m³.

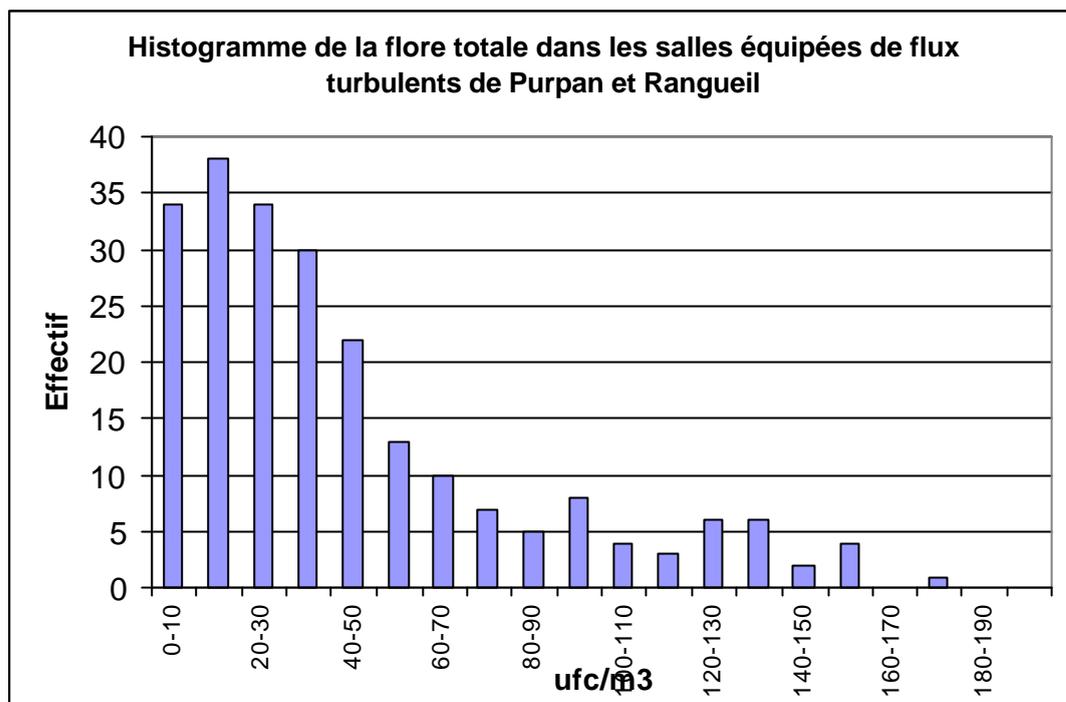


Figure 3 :Histogramme de la flore totale retrouvée dans l'air

▪ *L'aérobiocontamination des plafonds diffusants*

Etant donné, que seuls deux blocs de Purpan sont équipés de plafonds diffusants, nous manquons de données pour effectuer une démarche similaire et donner des niveaux d'interprétation. Il faudrait effectuer des prélèvements systématiques pour avoir un historique de ces deux salles et pouvoir constater d'éventuelles dérives.

Dans l'immédiat, nous prendrons les valeurs recommandées par l'ASPEC et présentées dans la partie précédente.

V.1.3. Les lieux de prélèvement

Lorsque les résultats de comptages particuliers sont mauvais, les prélèvements d'air doivent être effectués. Ils ont pour objectif de mettre en évidence les éventuels germes pathogènes aéroportés auxquels les malades sont exposés. Pour ces contrôles des préconisations existent:

	AFNOR NF S 90-351 (1987)	ASPEC
Sites de mesurage	Flux turbulent : 5 lieux faisant chacun l'objet de 3 mesures. 1 au niveau de la table (1 au centre, 2 à chaque extrémité) 2 à l'intérieur de la zone préférentielle 2 à l'extérieur de cette zone.	Au niveau de points ayant un impact direct sur le risque de biocontamination : près du site d'activité. Au niveau de points susceptibles d'avoir des répercussions sur le niveau de biocontamination du site d'activité : soufflage, reprise.

Tableau 10: Choix des lieux de prélèvement d'air selon l'ASPEC et l'AFNOR

Etant donné la taille de l'appareil de mesure il est difficile de l'utiliser au niveau des bouches. Nous limiterons donc son utilisation à des prélèvements au centre de la pièce, qui devront être répétés trois fois pour une meilleure précision des résultats.

V.2. Les comptages particuliers

V.2.1. Intérêts et objectifs des comptages particuliers

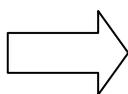
Le comptage particulière est un autre indicateur de résultats : de manière générale son objectif est de refléter la qualité de l'air délivré par une centrale. Cependant, avant de poursuivre, insistons d'emblée sur les incertitudes et les contraintes de ce paramètre. Comme tous les indicateurs de résultats, il présente l'inconvénient de dépendre des conditions de prélèvement. En effet, il n'a d'intérêt que si les méthodes de mesure sont standardisées et effectuées toujours par la même personne ou du moins dans les mêmes conditions d'utilisation de l'appareil. D'autre part, les résultats ne dépendent pas que de la qualité de l'air mais aussi de l'ambiance générale de la salle. L'utilisation et l'exploitation de ce paramètre nécessite donc un certain nombre de précautions lors de l'interprétation :

V.2.1.a) Les contrôles statiques

Deux types de contrôles statiques peuvent être effectués: il est possible d'effectuer des contrôles pendant les interventions pour mettre en évidence la qualité du renouvellement d'air de la salle. L'inconvénient de cette mesure, est qu'elle est ponctuelle et dépend du type d'intervention, du nombre de personnes dans la salle, du type de gants... En effet, l'empoussièrement de l'atmosphère lors d'une chirurgie sur les os (qui implique la manipulation de matière osseuse et de plâtres), est plus important que lors d'une chirurgie cardiaque par exemple. Ce paramètre est donc difficilement exploitable car non répétitif. Nous ne l'utiliserons pas et y préférerons d'autres paramètres plus significatifs.

Le deuxième type de contrôle statique, consiste à mesurer l'empoussièrement de l'atmosphère avant la mise en activité de la salle hors présence humaine. L'objectif peut être d'une part de vérifier la classe de propreté de la salle selon la norme ISO 14644-1. D'autre part ce contrôle peut servir à vérifier la qualité de l'air en vue de protéger les patients. En effet, bien que les avis divergent quant aux corrélations qui existent entre le taux de particules et la présence de microorganismes, la non conformité à la norme révèle cependant une défaillance.

Si la pièce a été décontaminée selon le protocole déjà présenté auparavant, si les prélèvements sont effectués selon des règles rigoureuses et si la pièce est en surpression (portes fermées), il est très probable qu'une mauvaise mesure résulte d'une dysfonction du système de traitement d'air. D'autant plus que les mesures sont effectuées plusieurs heures après la dernière intervention et que le volume d'air de la pièce a été plusieurs fois renouvelé. Il est donc important que le préleveur vérifie et note le respect ou non de ces conditions pour déterminer l'origine de la défaillance. Ce travail passe par une bonne communication entre lui et les services de soins.



Malgré les difficultés qu'ils comportent, les prélèvements particuliers permettent de mettre en place une politique de gestion des risques immédiate. Etant donné que les résultats sont instantanés, il est possible d'entreprendre des contrôles bactériologiques, de vérifier les surpressions, de contacter les services techniques ou le service d'hygiène.

V.2.1.b) Les cinétiques de décontamination

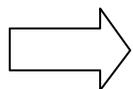
La norme NF S90-351 préconise de procéder à des mesures de cinétiques de décontamination de l'atmosphère. Ces mesures permettent d'évaluer le temps nécessaire à la salle pour être décontaminée de 90% des particules initiales. Elle doit être réalisée après utilisation de la salle pour permettre d'évaluer le temps de latence nécessaire entre deux interventions. Ce paramètre est donc d'un intérêt pratique incontestable. Il l'est d'autant plus, qu'il est indépendant du type d'intervention et est représentatif du taux de renouvellement à l'endroit de la mesure (la cinétique de décontamination est normalement proportionnelle aux taux de renouvellement). Ceci signifie, qu'il prend en compte les débits entrant, mais aussi les zones mortes de la pièce : étant donné que la majorité des pièces de Ranguel sont équipées de flux turbulent, elles présentent des zones où les taux de renouvellement sont différents des taux mesurés à la sortie des bouches.

Il convient donc d'effectuer de telles mesures, dans un premier temps, au moins pour connaître les temps de latence de chaque salle, puis périodiquement voire chaque fois que des modifications de débits seront effectuées. Nous débattons par la suite des fréquences et des lieux de prélèvements.

Les limites de ces mesures résultent de leur mise en œuvre. La norme voudrait que les essais soient effectués avec une pollution artificielle dans le réseau. Avec nos moyens cette mise en œuvre est impossible. La note du CTIN [11], préconise donc d'effectuer les mesures après une intervention. Les premières mesures de cinétiques de décontamination ont donc été effectuées dans le cadre de ce travail, pour évaluer leur faisabilité.

Nos conclusions sont que ces mesures restent malgré tout difficiles à mettre en œuvre et nécessitent une grande disponibilité du préleveur et des cadres des blocs. En effet, il est difficile de prévoir un programme opératoire à plusieurs jours, du fait des urgences et des incertitudes dues à chaque intervention. Il est donc difficile d'arrêter le programme d'une journée pour faire les mesures, malgré la coopération des cadres. D'autre part, si une date est choisie, il reste difficile de déterminer l'heure exacte de la fin du programme. Le préleveur doit donc être très disponible pour attendre la fin du programme et être dans la salle à la sortie du patient. Nous pouvons estimer la mise en œuvre d'une mesure à une heure ou une heure et demi (ce temps comprend la prise de rendez vous et la mesure effective).

Lorsque ces conditions sont satisfaites, il est alors possible d'effectuer les prélèvements. Ils consistent à mesurer toutes les minutes, la teneur en particules jusqu'à la valeur correspondant à 90% de la teneur initiale. Il est indispensable de réduire au maximum les mouvements de l'opérateur dans la pièce et il faut absolument que les portes restent fermées. Ceci implique que toute l'équipe du bloc opératoire soit avertie de la présence du préleveur.



La mise en œuvre des cinétiques de décontamination est donc difficile et très contraignante, d'autant plus qu'une simple modification sur le réseau a un retentissement sur les valeurs. Malgré tout, les résultats obtenus permettent de vérifier la qualité du renouvellement (cf. Annexe 14). Nous pouvons constater que de manière générale les cinétiques sont proportionnelles à ces taux. D'autre part ils permettent de mettre en évidence les temps de latence nécessaires entre deux interventions.

V.2.2. Les niveaux d'interprétation

Nous avons vu que la définition de niveaux d'interprétation pour l'aérobiocontamination était déjà difficile, vu la difficulté pour déterminer les doses infectantes. Cette démarche est rendue encore plus ardue pour les comptages particuliers,

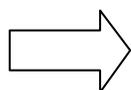
puisque les corrélations avec la flore totale sont discutables. Nous ne nous hasarderons donc pas à établir des niveaux d'interprétation pour ce paramètre.

En revanche, il est souhaitable de fixer un niveau au-delà duquel il convient d'entreprendre des contrôles supplémentaires. En général, les seuils retenus sont contenus dans la norme ISO 14644-1.

Rappelons que cette norme prévoit une classe ISO 7 pour les zones 3 et une classe ISO 5 pour les zones 4.



Il se trouve que les zones 4 de Ranguel et Purpan ne sont pas équipées de matériel permettant d'atteindre de telles performances. Pourtant, dans ces zones il convient d'être plus exigeant en matière de qualité d'air et choisir un niveau d'action plus bas. Nous pensons donc, comme pour les prélèvements d'air, prendre la médiane comme niveau d'action. Pour les zones 4, elle est de 25000 particules $>0.5\mu\text{m}/\text{m}^3$ et de 1500 particules $>5\mu\text{m}/\text{m}^3$. Nous considérons que pour ces zones, cette limite permettra de donner une bonne image d'un fonctionnement normal. Au-delà de ce seuil, nous préconisons des contrôles biologiques.



En revanche, pour les deux salles des urgences de Purpan équipées de plafonds diffusants, il est impératif que les équipements puissent permettre de satisfaire aux exigences de la classe ISO 5. Au delà, des prélèvements biologiques s'imposent.



Pour les zones 3, les recommandations de la norme ISO 14644-1 semblent suffisantes. Elles imposent 352000 particules $>0.5\mu\text{m}/\text{m}^3$ et 3520 particules $>5\mu\text{m}/\text{m}^3$.

V.2.3. Les lieux de prélèvements

Pour les lieux de prélèvement et de comptages particulaires, il existe aussi quelques recommandations faites par l'ASPEC et l'ancienne norme NF S90-351.

Il est indispensable de choisir ces lieux en fonction de l'interprétation que l'on peut en tirer. Ainsi, nous pensons qu'il sera plus facile de mettre en évidence l'origine de la contamination de l'air et d'adapter une gestion des risques appropriée.

Les recommandations faites par l'ASPEC et l'AFNOR sont les suivantes:

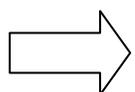
	AFNOR NF S 90-351 (1987)	ASPEC
Gamme de mesurage	0,5 - 5 μm	0,5 - 5 μm
Flux turbulent	Plan à 1,20m du sol, 4 points par mètres carré dans la zone préférentielle	1 point dans l'ambiance du site d'activité, 2 points à un mètre du site d'activité, 2 points plus éloignés de part et d'autre du site d'activité.
Flux laminaire	Plan à 2m de la sortie du filtre si flux horizontal, 20 cm en amont de la table. Si flux vertical 4 points par mètres carré dans la zone préférentielle	1 point dans l'ambiance du site d'activité, 1 point à 1m du site d'activité.

Tableau 11: Choix des lieux de comptages particulaires selon l'ASPEC et l'AFNOR

Les préconisations de l'AFNOR devraient permettre de donner une bonne image de l'atmosphère à laquelle est exposé le patient puisque les comptages particuliers sont effectués au niveau de la zone d'intervention.

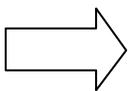
Les points de prélèvement préconisés par l'ASPEC sont en revanche plus représentatifs de l'ambiance générale de la salle d'intervention puisque toute la pièce est sondée.

Dans les deux cas, ces protocoles permettent d'avoir une idée de l'exposition des malades aux dangers aéroportés. Cependant, il est difficile de déterminer si l'air est pollué dès son entrée dans la salle ou s'il est pollué par la remise en suspension de poussières déjà présentes. Nous pensons donc que dans notre situation le protocole suivant est préférable:



Nous avons choisi d'effectuer 3 contrôles particuliers : le premier au niveau d'une des bouches de soufflage. Le second à l'emplacement de la table d'intervention et le dernier à l'extraction.

- Le contrôle au niveau de la bouche de soufflage permet de connaître la qualité de l'air délivré par la centrale. Un résultat non conforme aux attentes, peut être interprété comme une défaillance de l'ensemble du système de traitement d'air ou comme la conséquence d'une intervention sur le réseau. Des contrôles particuliers complémentaires doivent être effectués dans les autres blocs alimentés par la même centrale, pour confirmer la source de pollution. Si les résultats sont confirmés des mesures de débits devront être effectuées par le préleveur avant de prévenir les services techniques.
- Le contrôle particulière au niveau des bouches d'extraction doit permettre de donner un reflet de l'atmosphère globale de la salle. En effet, quand les portes sont fermées la majorité de l'extraction s'effectue par ces ouvrages. Notons, qu'un résultat non conforme aux attentes doit être interprété avec des réserves: en effet, les polluants et les particules sont concentrés au passage dans les bouches d'extraction. Un contrôle particulière complémentaire au niveau de la zone d'intervention devra être effectué pour confirmer ou non ces résultats. En revanche, un résultat correct est l'assurance d'une ambiance conforme aux niveaux fixés.
- Le contrôle particulière au niveau de la table d'intervention, doit permettre de connaître l'exposition réelle des patients en cas de mauvais résultats à l'extraction. Si les comptages particuliers au niveau du soufflage sont bons, des résultats non conformes peuvent être la conséquence d'un mauvais nettoyage, d'une mise en dépression de la pièce ou du non respect de la fermeture des portes. Il convient donc d'entreprendre des recherches supplémentaires (mesure de pressions et de débits, prélèvement d'air).



Pour l'ensemble de ces comptages, il est indispensable de répéter trois fois les mesures à chaque point et d'en faire la moyenne. Il est aussi nécessaire que l'opérateur se tienne, par rapport au déplacement d'air, entre l'appareil et les bouches de reprises (quand c'est possible). Il doit aussi se tenir le plus loin possible de l'appareil de mesure.

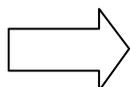
V.2.4. Les fréquences de prélèvement en routine

Il n'existe pas de consensus international sur les fréquences d'échantillonnage, les différentes notes [10], [11] laissent les utilisateurs libres. Beaucoup de services d'hygiène suivent les recommandations de certains ouvrages [17] et effectuent des comptages trimestriels, d'autres se réfèrent à la norme ISO 14644-1 qui impose un contrôle annuel pour les flux non unidirectionnels et un contrôle tous les 6 mois pour les flux unidirectionnels.

Cependant, cette fréquence n'a pour seul but que de vérifier et de justifier la conformité à la norme. Elle n'a pas pour objectif la protection du malade. Soulignons, en effet, que la conformité à la norme traduit un fonctionnement correct des centrales, qui assure cependant un environnement "maîtrisé".

A Toulouse, les prélèvements particuliers sont effectués tous les trois mois. Mais, étant donné qu'ils ne sont effectués que depuis cette année, nous n'avons pas de recul pour déterminer si cette fréquence est suffisante, insuffisante ou trop élevée.

Dans l'immédiat nous préconisons donc de poursuivre les prélèvements à cette fréquence. Quand les observations seront plus nombreuses, il sera peut être intéressant de vérifier si des mesures plus espacées assurent la même maîtrise de l'environnement. Cet objectif, est d'autant plus justifiable que le protocole que nous souhaitons établir doit prendre en compte des paramètres complémentaires tels que les vitesses et les pressions.



Nous allons voir que ces deux derniers paramètres sont garants de l'obtention de bons résultats microbiologiques et particuliers.

En ce qui concerne les cinétiques de décontamination, il serait souhaitable qu'elles soient effectuées en même temps que les mesures de taux de renouvellement afin de pouvoir faire correspondre ces deux indicateurs.

V.3. Les paramètres physiques

La qualité microbiologique et particulière de l'air livré dans une salle résulte du bon fonctionnement de l'ensemble de la centrale. Dans une démarche qualité et en vue de maîtriser réellement la qualité de l'air dans les salles, il convient de mettre en place une surveillance du fonctionnement de l'ensemble du système de traitement d'air. Elle permettra, en outre, de réduire la survenue d'éventuels mauvais résultats.

D'autre part, il est difficile voire illusoire d'interpréter les indicateurs de résultats si les indicateurs intermédiaires ne sont pas connus et maîtrisés.

Il nous semble donc indispensable d'intégrer dès à présent, l'ensemble des indicateurs suivants :

V.3.1. La température

La température ambiante des salles est maintenue constante grâce au renouvellement de l'air refroidi par les batteries prévues à cet effet. On peut estimer qu'un renouvellement de 6 volumes par heure est suffisant pour maintenir le confort des usagers de la pièce. Cette valeur indicative dépend toutefois du nombre de personnes présentes et du matériel en fonctionnement.

La réglementation, les normes et les recommandations des professionnels imposent des taux supérieurs à 15 volumes par heure dans les blocs opératoires. Une température constante n'est donc pas une garantie de sécurité, puisque 6 volumes par heure suffisent pour la maintenir.

En revanche une température oscillante ou élevée dans une salle pourrait être considérée comme une alerte nécessitant l'action rapide des services techniques et le contrôle du fonctionnement de la centrale correspondante.

V.3.2. Les débits

V.3.2.a) Intérêts et objectifs des mesures de débit

Il est possible de mesurer les débits dans chaque salle au niveau du soufflage et au niveau de l'extraction.

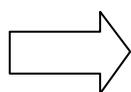
La mesure des débits au soufflage permet de calculer les taux de renouvellement de la salle. Nous rappelons que ce paramètre correspond au rapport du volume d'air neuf introduit dans la pièce en une heure par le volume de cette dernière. Il est donc indépendant de l'extraction.

Dans le cadre de nos objectifs de prévention des risques, la mesure de ce paramètre est essentielle, puisque le renouvellement d'air permet d'assurer le balayage et la dilution des polluants de l'atmosphère. En effet, certaines études montrent des différences significatives de concentrations en particules et en microorganismes dans des salles successivement ventilées par 7.5 puis 20 V/h, en présence humaine [18].

Il nous semble donc que le contrôle des débits à l'entrée des salles est essentiel pour assurer un environnement aérien sain pour les patients. Notons aussi, que le renouvellement d'air permet l'apport permanent d'un air neuf exempt de gaz anesthésiant.

D'autre part, les salles sont alimentées par trois bouches de soufflage, qui possèdent chacune des volets permettant de faire varier les pertes de charges au niveau des grilles. Les débits soufflés sont donc intimement liés aux réglages de ces singularités. Le contrôle des débits lors de ce travail, nous a montré que beaucoup de salles présentent des défauts d'alimentation à cause de volets fermés ou mal réglés. En plus d'une mauvaise ventilation cette mauvaise exploitation peut parfois entraîner des surcharges sonores. Ces constats sont donc un argument supplémentaire au contrôle en routine des débits soufflés.

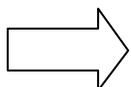
Le contrôle régulier des débits extraits a pour intérêt de vérifier la qualité de l'extraction mais aussi de vérifier la mise en surpression de la pièce par comparaison avec les débits soufflés. Cette condition est essentielle pour isoler la salle d'intervention de l'environnement extérieur et pour maintenir un effet de chasse indispensable à l'évacuation des polluants. Nous comprenons donc l'importance de surveiller ce paramètre : les contrôles biologiques et particuliers sont vains si cette condition n'est pas maintenue. D'autre part, les conséquences d'une mise en dépression peuvent être désastreuses pour la santé du malade.



Malheureusement le contrôle des débits extraits et soufflés par cette méthode nécessite près d'une heure par salle, ce qui ne permet pas des fréquences de surveillance élevées. Il est donc nécessaire d'avoir aussi recours à des mesures directes de pression.

V.3.2.b) Fréquences des mesures

Nous avons déjà précisé que les contrôles particuliers et microbiologiques n'étaient pas réellement interprétables sans une maîtrise des débits. Dans cette logique, les comptages particuliers devraient normalement être associés à de telles mesures. Cependant, étant donné les disponibilités actuelles du personnel des services techniques, une telle cadence est difficile à entrevoir.



Nous pensons donc qu'un contrôle annuel en routine seraient un bon compromis. Cette fréquence est envisageable à condition que dans le cas de comptages

particulaires non conformes, la vérification des taux de renouvellement de la salle concernée ou de l'ensemble des salles du bloc soit systématique.

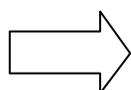
Il semble aussi nécessaire que ces contrôles soient effectués lorsque des manœuvres de vannes sont effectuées sur le réseau alimentant les blocs.

V.3.3. La pression

« Il convient que la pression différentielle entre des salles propres de niveau de propreté différent soit suffisant et stable ($\Delta P=15\text{Pa}$) [...] afin de conserver l'écoulement de l'air dans le sens souhaité »⁹ et d'éviter les flux de transfert inopinés.

L'évaluation et le contrôle des pressions doivent être effectués très fréquemment. Deux méthodes sont possibles :

- l'une permet, à moindre coût, de vérifier le gradient de pression entre la salle d'opération et le reste du service, grâce à l'utilisation d'une feuille papier placée au niveau d'une porte entrouverte. Cette méthode est actuellement utilisée par quelques cadres de blocs opératoires.
- L'autre méthode consisterait à utiliser des manomètres qui permettrait une quantification plus précise des pressions. Bien que plus onéreuse, puisqu'il faudrait équiper toutes les salles de Ranguel et Purpan, cette méthode permettrait de quantifier le gradient de pression et donc de vérifier la conformité à la norme NF S90-351. D'autre part cette méthode permettrait une meilleure traçabilité et un suivi dans le temps, qui permettrait de connaître la pression « normale » de chaque salle. Dès lors, la surveillance aura toute son efficacité, puisqu'il sera possible de mieux anticiper les baisses de pression.



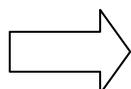
Quelle que soit la solution choisie, il est indispensable de surveiller ces pressions avant chaque programme opératoire. En effet, la mise en dépression de la salle a pour effet de concentrer le danger aéroporté dans la zone d'exposition du malade. Il est très possible que les risques encourus, même aspergillaires, ne soient plus négligeables. En terme de gestion des risques, il ne paraît donc pas totalement aberrant de préconiser le report du programme opératoire ou de le déplacer quand ce n'est pas une urgence, tant que les services techniques n'ont pas remis le système en état.

V.3.4. Les centrales

V.3.4.a) Intérêts et objectifs du contrôle de l'état des centrales

La surveillance de l'état général des centrales fait partie intégrante du protocole de surveillance de la qualité de l'air. Certains auteurs préconisent une surveillance annuelle [19].

L'hôpital de Ranguel est doté d'un système informatisé de gestion des centrales. Ce système permet de surveiller plusieurs paramètres tels que la pression, la température et les vitesses en sortie de centrale.

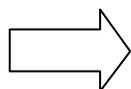


Le suivi régulier de ces paramètres devrait permettre aux agents des services techniques de pouvoir détecter les éventuels colmatages des filtres, des pannes ou des fuites. Malheureusement, toutes les centrales ne sont pas pourvues de capteurs connectés ou en état de marche. Pourtant, l'intérêt d'un suivi quotidien permettrait

⁹ Extrait de la norme NF S90-351 version juin 2003

l'assurance d'un fonctionnement irréprochable. Il nous semble donc, que la remise en état de cet outil serait un atout considérable pour la surveillance de la qualité de l'air.

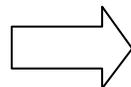
Nous n'avons pas évoqué le risque lié aux légionnelles pour deux raisons : il est d'une part difficile de détecter la présence de *Legionella* dans l'air. D'autre part le risque par inhalation d'eau aérosolisée dans l'atmosphère des blocs opératoires est très réduit puisque les malades sont intubés. En revanche, bien que nous sortions légèrement du cadre, il est possible de contrôler la présence de cet agent pathogène au niveau des siphons des centrales de traitement d'air des services à risques (Oncologie, transplantation...). En effet, nous rappelons que l'air est débarrassé de son eau par condensation. Les centrales sont donc pourvues au niveau des batteries thermiques de gouttières et de siphons pour évacuer cette eau. Or, nos visites dans les centrales nous ont montré la présence d'eau stagnante dans les gouttières et des dysfonctionnements au niveau des siphons.



Dans un souci de protection des patients, il semblerait qu'un nettoyage et un contrôle microbiologique régulier des gouttières soit nécessaire. Dans le cadre des centrales alimentant les blocs opératoires cette démarche se justifie aussi par le fait qu'il est intolérable qu'une centrale pourvue de filtres absolus puisse être la source de diffusion de *Pseudomonas aeruginosa* ou d'autres germes pathogènes hydriques.

Dans le même objectif, une remise en état et un contrôle de fonctionnement des siphons est aussi inévitable.

V.3.4.b) Fréquences de contrôle



Ces contrôles ne peuvent être effectués que lorsque les centrales ne sont pas en fonctionnement. C'est le cas deux fois par an, lorsque les services techniques changent les filtres à poches et l'ensemble des filtres en juin (absolus et filtres à poches).

V.4. Coordination des actions, répartition du travail entre les différents acteurs

L'élaboration du protocole de surveillance, nécessite la collaboration des services d'hygiène et des services techniques. L'organigramme suivant schématise les différentes fonctions et liens entre ces cellules.

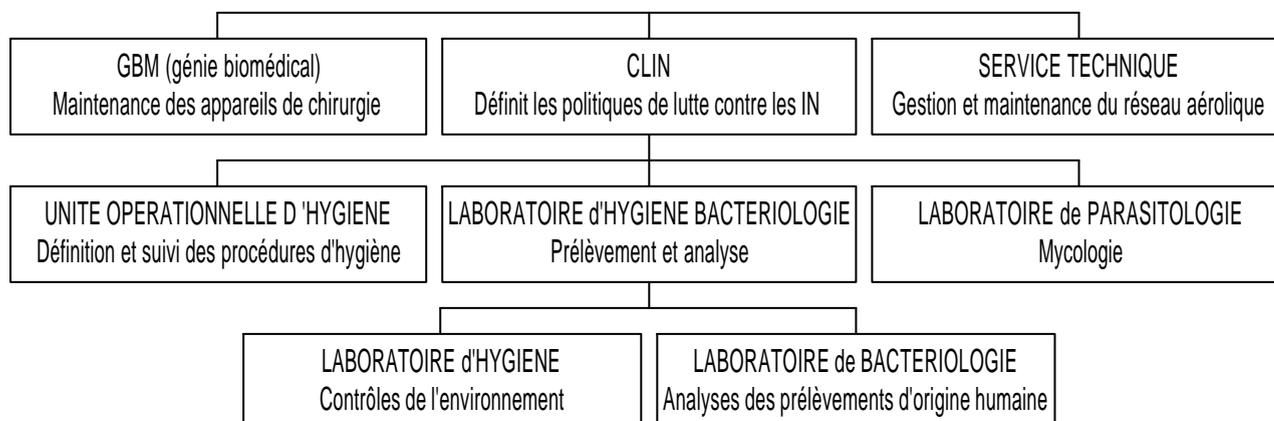


Figure 4 : Les services concernés par le traitement de l'air

Nous nous proposons de résumer sous la forme d'un tableau et d'un organigramme, l'organisation et la procédure des contrôles de la qualité de l'air en routine en y attribuant les rôles de chaque service:

Contrôle	Fréquences	Niveaux d'interprétation	Acteurs
Comptage particulaire	trimestriel	Zone 4 : 25000 p>0.5 1500p>5um Zone 3 : ISO7	Laboratoire d'hygiène
Cinétique de décontamination	annuel	Cible :NF S90-351	Laboratoire d'hygiène
Prélèvement d'air	ponctuel	Cible : 10 ufc/m3 Action : 35-65 ufc/m3	Laboratoire d'hygiène
Débits	annuel		Services techniques
Pression	quotidien	Supression	Services de soins
Contrôle des centrales	bi-annuel		Services techniques Laboratoire d'hygiène
Interprétation, gestion des risques			Unité Opérationnelle d'Hygiène - CLIN Laboratoire d'hygiène

Tableau 12 : Les contrôles des paramètres de la qualité de l'air

Ce tableau résume l'ensemble des tâches qui devront être obligatoirement effectuées en routine. Lorsque les comptages particuliers ne seront pas conformes aux seuils fixés, des contrôles complémentaires de paramètres physiques et microbiologiques devront être effectués immédiatement. Il conviendrait que le préleveur effectue lui même ces contrôles supplémentaires, afin de pouvoir les mettre immédiatement en relation avec les comptages et les prélèvements microbiologiques. Ceci permettrait d'interpréter rapidement les résultats et permettrait une gestion des risques et des actions rapides.

L'organigramme suivant donne un exemple d'actions en entreprendre en fonction des résultats des contrôles particuliers:

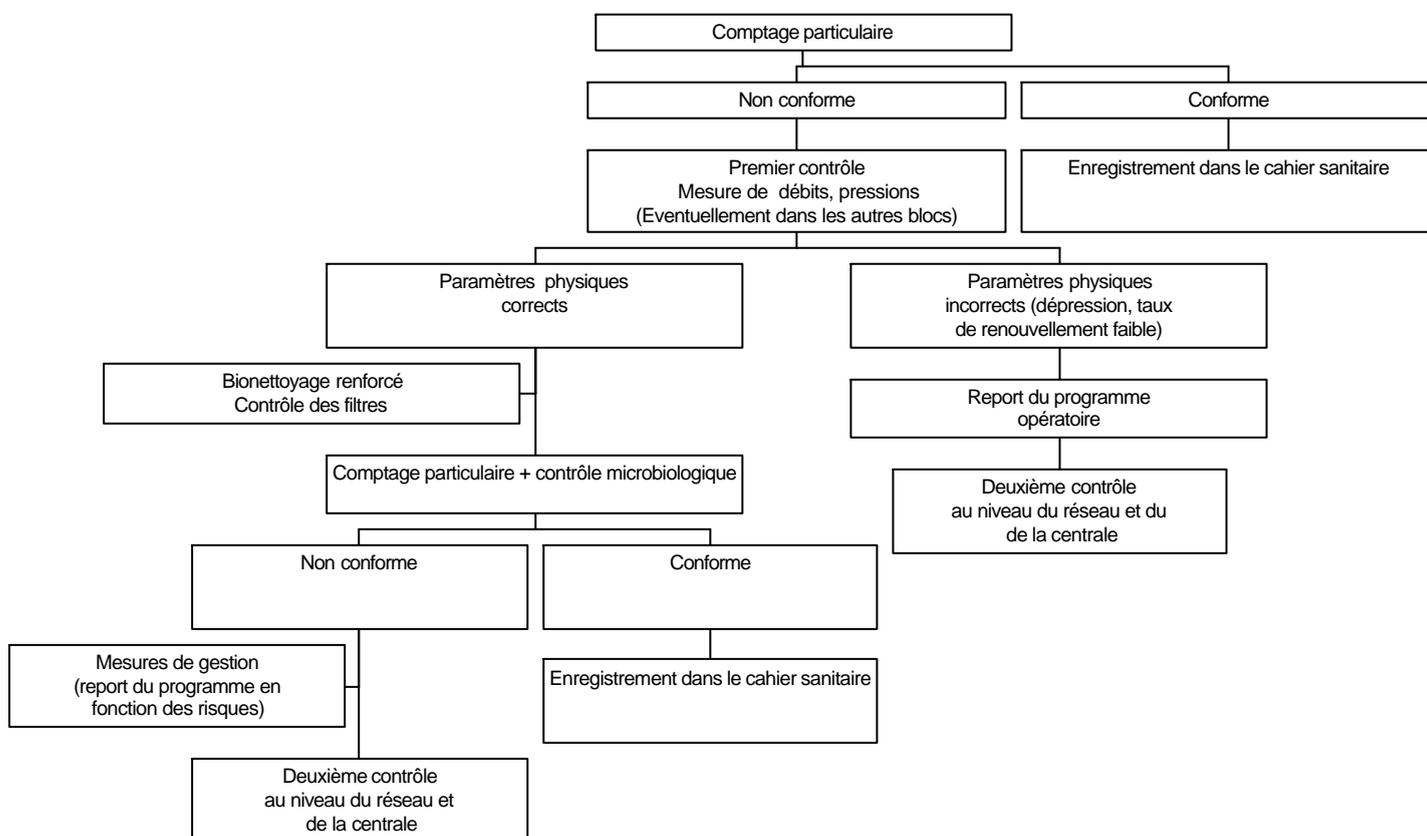


Figure 5 : Exemple d'actions à entreprendre en fonction des résultats de contrôles particuliers

Lors de ce travail, nous avons pu mettre en évidence l'intérêt de connaître l'histoire des centrales et la connaissance du fonctionnement de chaque salle. Dans l'avenir, il serait profitable de mettre en place des cahiers sanitaires pour chaque centrale, où l'ensemble des contrôles seraient répertoriés, ainsi que les différentes interventions au niveau des salles et des centrales. L'intérêt de ces cahiers serait de mieux connaître le fonctionnement des centrales et des salles pour pouvoir aboutir à une meilleure gestion. Par le biais de ces cahiers, les services techniques et les services d'hygiène auraient un outil de travail et de réflexion commun et homogène. En terme de gestion de la qualité de l'air les progrès seraient certainement considérables.

La difficulté est de déterminer le service et les personnes responsables de ce cahier. Etant donné que les services techniques ont une connaissance exclusive des centrales et qu'ils reçoivent tous les comptes rendus des prélèvements, ils pourraient être désignés. Cependant, l'unité opérationnelle d'hygiène a des contacts privilégiés avec les services de soins et est aussi responsable de la prévention des risques. D'autre part, le laboratoire d'hygiène effectue et interprète les prélèvements

Finalement, la personne chargée de ce cahier devrait avoir une action transversale pour être en contact permanent avec tous les acteurs. L'ingénieur en gestion des risques possède ce profil puisqu'il est à l'interface entre tous ces services.

V.5. Prise en compte des travaux

Un des points principal sur lequel la mise en place de cahiers sanitaires aurait un effet bénéfique concerne la gestion des travaux. En effet, à l'heure actuelle, les services d'hygiène ne sont pas toujours informés de la présence de travaux dans les blocs opératoires. Or, il est reconnu, que les risques pendant et après des travaux sont accrus. Il convient donc que les services techniques et le génie biomédical informent dans la mesure du possible les services d'hygiène de leurs interventions même les plus minimes (les risques liés aux "petits" travaux sont aussi à prendre en compte).

Pour les interventions les plus importantes, nous préconisons des comptages particuliers supplémentaires à la fin des travaux et un report des résultats dans les cahiers sanitaires. Cette mesure sous-entend aussi une communication étroite entre les différents services.

La plupart des actions de maintenance ne sont pas prévisibles, cependant, chaque année plusieurs sont programmées respectivement par les services techniques et le génie biomédical:

V.5.1. Les interventions des services techniques

Deux fois par an les services techniques arrêtent le fonctionnement des centrales des blocs pour changer les filtres à poches et/ou les filtres absolus. Cet entretien est programmé en général pour le mois de juin et le mois de décembre. Il convient que les services d'hygiène soient informés longtemps à l'avance de cette mesure, pour qu'ils puissent prévenir les cadres des blocs et qu'ils annulent le programme opératoire à cette date. Actuellement, seuls les cadres des blocs opératoires sont parfois prévenus, mais les programmes sont maintenus. Cette situation intolérable représente un réel risque pour les patients et un manquement aux règles d'hygiène de bases, puisque pendant une matinée les malades sont opérés dans des salles en dépression (l'extraction fonctionne mais la ventilation est arrêtée).

D'autre part, lors du changement des filtres, les constructeurs préconisent d'effectuer des tests d'étanchéité des filtres. Ce protocole n'a jamais été effectué par l'entreprise qui sous-

traite ce service. Il conviendrait donc, que les services techniques prévoient cette chose dans les appels d'offre. Dans le cas contraire, il est possible d'envisager un contrôle particulière pour valider la pose des filtres.

V.5.2. Les interventions du GBM

Le Génie Biomédical s'occupe de l'entretien du matériel médicochirurgical. Il est soumis à la législation et aux préconisations des fabricants qui imposent des fréquences de contrôle pour chaque type de matériel.

Selon les blocs et les matériels, le GBM intervient donc à des fréquences qui varient de 3 à 12 mois.

Lors des interventions, le GBM prévient les cadres des blocs opératoires, et essaie de faire intervenir en même temps les services techniques. A chaque intervention les salles sont donc bloquées pendant une matinée. A la suite, la salle est désinfectée et l'activité reprend dans l'après midi.

Les interventions du GBM consistent à vérifier et réparer le cas échéant, tout le matériel électrochirurgical, les tables d'intervention, les lumières. Dans le même temps les services techniques devraient intervenir, sur les fluides médicaux, sur le système électrique, et sur la climatisation. Actuellement, ils ne disposent plus du personnel pour remplir cette mission.

→ Dans un souci de protection des patients, il nous semble que ces travaux de maintenance devraient être effectués l'après midi pour qu'aucun programme opératoire ne puisse faire suite et que la pièce puisse rester au repos pendant la nuit.

D'autre part étant donné que ces travaux génèrent beaucoup de poussières, il nous semble nécessaire de pratiquer des contrôles particuliers avant le début du programme opératoire faisant suite à cette maintenance. Là encore, il est nécessaire que le GBM informe le laboratoire d'hygiène.

Ces deux exemples montrent la nécessité d'une collaboration étroite entre ces deux services en vue de protéger les patients des risques d'infections du site opératoire. Cette communication devrait permettre de sensibiliser les uns aux risques aéroportés, et d'informer les autres des difficultés techniques. La mise en place du protocole de surveillance ne pourra être effective et efficace que si chacun des acteurs participe à sa mise en place.

VI. Bibliographie

- [1] Hygiène hospitalière – collection azay – presses universitaire de Lyon – N. Hygis (1998)
- [2] O.M. Lidwell, E.J.L Lowbury, W. Whyte, R. Blowers, S.J. Stanlay and D. Lowe - Airborne contamination of wounds in joint replacement operations : the relationship to sepsis rates. Journal of Hospital Infection (1983) 4 111-131
- [3] H. Raberin, R. Tran – Hygiènes, Fiche microbiologique (1999) - volume VII n°4-p395 à 396
- [4] Conférence de consensus ANAES - Prévention du risque aspergillaire chez les patients immunodéprimés- Hygiènes (2000) Volume VII n°6
- [5] C. Alberti, A. Bouakline, P. Ribaud - Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive aspergillosis in haematology patients – Journal of Hospital Infection (juin 2001) – volume 48 p198 à 206
- [6] G. Mehta - Aspergillus endocarditis after open heart surgery : an epidemiological investigation - The Journal of Hospital infection (avril 1990) - volume 15 n°3 p245 à 253
- [7] Cahier de formation, biologie médicale - Les moisissures d'intérêt médical (avril 2002)– volume n°25
- [8] Guide de l'Ultra-Propreté – Maîtrise de la contamination, conception, réalisation exploitation des salles propres (2002)– 4^{ème} édition BCMI
- [9] C. Ruef, N. Troillet – Ventilation et prévention des infections: bloc opératoire – Infections Nosocomiales et hygiène hospitalière : aspects actuels (mars 2001) – en ligne : www.hospvd.ch/swiss-noso/f81a3.htm
- [10] Centers for disease control and prevention healthcare infection control practices advisory committee (HICPAC)- Draft guideline for environmental infection control in healthcare facilities, 2001
- [11] RAISIN, C-CLINs, CTIN, INVS - Surveillance des infections du site opératoire en France en 1999 et 2000 (février 2003).
- [12] A. Bertrou et al. - Hygiènes- Vigilance environnementale (2000) - Volume VIII n°3
- [13] DGS/DHOS, CTIN – Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé. Air, eaux et surfaces (2002)
- [14] H. Lennette, A. Balows, W. J. Haulser, H. J. Shadomy Manual of clinical microbiology-4th edition-Edwin
- [15] S. Santos Morgado – Mémoire DU d'hygiène (juin 2003)

- [16] Bengt Ljungqvist et Berit Reinmüller – Airborne Viable Particles and Total Number of Airborne Particles: Comparative studies of active air sampling - PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology (2000) - vol 54 – p 112 à 116
- [17] Dossier : La qualité de l'air à l'hôpital – Hygiène en Milieu Hospitalier (1999) - n°18-mai
- [18] Der Einfluß der Luftwechselzahl auf Luftpartikel und Luftkeimkonzentrationen in Operations-Räumen mit konventioneller Belüftung 1. Mitteilung : Messungen mit Operations-Betrieb unter Einbeziehung der OP-Personenzahl und OP-Betriebsphasen– Ben Kruppa et Henning Rüden – Zbl. Hyg 194 (1993) - p247 à 261
- [19] Dharan and D. Pittet - Environmental controls in operating theatres – Journal of hospital Infection (2002) - vol 51 p 79 à 84
- [20] Theodore C. Eickhoff, MD- Airborne nosocomial Infection: A contemporary perspective - Infection control and hospital epidemiology (1994) vol 15 N°10. p663 à 672
- [21] W.J. Kowalski and W.Bahnfleth-Airborne Respiratory diseases and mechanical systems for control of microbes- HPAC Heating/Piping.Airconditioning (juin 1998) - p 34 à 48
- [22] Traitement de l'air en milieu hospitalier – Les guides pratiques d'Uniclimate (1997)
- [23] O Faure, H Fricker-Hidalgo, B. Lebeau, M.R. Mallaret - Eight-year surveillance of environmental fungal contamination in hospital operating rooms and haematological units - The Journal of Hospital infection (fev 2002) - volume 50 n°2– p155 à 160
- [24] Nectar Aintablian, Pramila Walpita, Mark H. Sawyer - Detection of Bordetella pertussis and Respiratory Syncytial Virus in air samples from hospital rooms — Infection Control and Hospital Epidemiology (1998) vol 19 n°12 p 918 à 923
- [25] J.P. Gangneux, J.L. Poirot, O Morin, F Derouin – Surveillance mycologique de l'environnement pour la prévention de l'aspergillose invasive –Presse Med (2002) - 31 841-848
- [26] S. Drugeon– Impacts des systèmes de traitement d'air sur la protection des patients, application aux services de grands brûlés– Mémoire d'Ingénieur du Génie Sanitaire ENSP (2002)
- [27] Eaux des établissements de santé – Qualité de l'eau des réseaux intérieurs – 2003
- [28] J. Freney, F. Renaud, W. Hansen, C. Bollet –Manuel de bactériologie clinique - collection option bio (1992) - p 965
- [29] Der Einfluß der Luftwechselzahl auf Luftpartikel und Luftkeimkonzentrationen in Operations-Räumen mit konventioneller Belüftung 1. Mitteilung : Messungen ohne Operations-Betrieb – Ben Kruppa et Henning Rüden – Zbl. Hyg (1993) - 194, 236-246
- [30] C. Glen Mayhall -Hospital epidemiology and infection control – 1996

- [31] C. Edmiston et al. – Airborne Particulates in the OR environment – AORN journal (1999) vol 69 n°6 – p1169 à 1183
- [32] C. CLIN Ouest – GUIDE pour l'évaluation des pratiques d'hygiène au bloc opératoire (2002) –édition ENSP
- [33] N. Marty, S. Malavaud et al – Epidémie de S. aureus résistant à méticilline dans un service de réanimation (2003) – Hygienes volumeXI n°3 – p253 à 257
- [34] N. Marty, S. Malavaud – Epidémiologie des infections nosocomiales après opération de la cataracte et rôle du CLIN dans la prévention (mars 2002) – Bull. Acad. Natle Méd 186 n°3 p635 à 648
- [35] AFNOR – NF S90-351 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés- Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée – juin 2003
- [36] AFNOR – ISO 14644-1 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés- Partie 1: classification de la propreté de l'air – juillet 1999
- [37] AFNOR – ISO 14644-2 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés- Partie 2: spécifications pour les essais et la surveillance en vue de démontrer le maintien de la conformité avec l'ISO 14644-1 – novembre 2000
- [38] AFNOR – ISO 14644-4 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés- Partie 4: Conception, construction et mise en fonctionnement – juillet 2001

VII. Annexes

Annexe 1 : Classification des filtres

Filtres de ventilation générale testés selon la méthode gravimétrique et classés 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 générale testés selon la méthode opacimétrique et classés selon la norme NF EN 779

Filtres fins (F)

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

Filtres de très haute efficacité : essayés et classés selon la norme NF EN 1822

HEPA : High Efficiency Particulate Air (H)

ULPA : Ultra Low Penetration Air (U)

Classe	E% 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 (diamètre de 0.17µm).

Annexe 2 : Classes types de propreté dans l'air des salles et zones propres

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – norme NF EN ISO 14644-1

Numéro de classification	Concentrations maximales admissibles (particules/m ³ d'air) en particules de taille égale ou supérieure à celle donnée ci-dessous					
	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	5µm
ISO1	10	2				
ISO2	100	24	10	4		
ISO3	1000	237	102	35	8	
ISO4	10000	2370	1020	352	83	
ISO5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO7				352000	83200	2930
ISO8				3520000	832000	29300
ISO9				35200000	8320000	293000

Annexe 3 : Classification de la propreté de l'air selon la norme NF S 90-351 version juin 2003

Classes de propreté particulaire : cf. norme ISO 14644-1

Classes de propreté bactériologique :

Classe bactériologique	Concentration maximale en nombre de particules viables par mètre cube d'air (ufc/m ³)
B100	100
B10	10
B5	5
B1	≤1

Classes des cinétiques de décontamination particulaire à 0.5 μm :

Classe de cinétique de décontamination particulaire à 0.5 μm	Temps nécessaire pour obtenir 90 % de décontamination (min)
CP _{(0.5)...} t>40	>40
CP _{(0.5)...} t≤40	≤40
CP _{(0.5)...} t≤20	≤20
CP _{(0.5)...} t≤10	≤10
CP _{(0.5)...} t≤5	≤5

Performances techniques à atteindre dans les zones à risques des établissements de santé :

Objectifs							Moyens	
Hors présence humaine et en présence d'équipements immobiliers				En activité				
Désignation de la zone	Classe particulaire de la zone à protéger	Niveau cible de classe de décontamination particulaire à 0.5 μm	Niveau cible de classe bactériologique à protéger	T°C	Taux d'humidité de l'air	Pression acoustique maximale	Régime d'écoulement de l'air dans la zone à protéger	Taux de renouvellement de l'air
ZONE 4	ISO 5	CP 10	B10	19 à 26	45 à 65 %	48 dBA	Unidirectionnel	> 50
ZONE 3	ISO 7	CP 20	B10	19 à 26	45 à 65 %	45 dBA	Unidirectionnel ou non unidirectionnel	25-30
ZONE 2	ISO 8	CP 20	B100	19 à 26	45 à 65 %	40 dBA	Non unidirectionnel	15-20
ZONE 1	Locaux non spécifiques					35 dBA		

Annexe 4 : Classes bactériologiques dans les blocs de Ranguel et Purpan :

Salles de Ranguel (données 1998-2002)

Bloc	Salle	Centrale	Médiane (ufc/m3)
Traumatologie	1	CTA14	10,0
Traumatologie	2	CTA14	30,0
Traumatologie	3	CTA13	36,0
Traumatologie	4	CTA13	12,0
Traumatologie	5	CTA13	32,0
Traumatologie	6	CTA13	4,0
Radio interventionnelle	1	CTA5	28,0
Radio interventionnelle	2	CTA5	20,0
Radio interventionnelle	3	CTA5	16,0
ORL	1	CTA2	27,0
ORL	2	CTA2	30,0
ORL	3	CTA2	36,0
OPH	1	CTA2	12,0
OPH	2	CTA2	36,0
Neurochirurgie	1	CTA2	31,0
Neurochirurgie	2	CTA2	16,0
Neurochirurgie	3	CTA2	32,0
Neurochirurgie	4	CTA2	20,0
Néphrologie	1		40,0
Grands Brûlés	1	CTA8	61,0
Diabétologie	1		96,0
CCV	1	CTA2	30,0
CCV	2	CTA2	28,0
CCV	3	CTA2	32,0
CCV	4	CTA2	20,0
BOH2	1	CTA14	26,0
BOH2	2	CTA14	58,0
BOH2	3	CTA14	30,0
BOH2	4	CTA14	32,0
BOH2	5	CTA14	27,0
BOH2	6	CTA14	44,0
BOH2	7	CTA13	40,0
BOH2	8	CTA13	41,0
BOH2	8bis	CTA13	
BOH2	9	CTA13	42,0
BOH2	10	CTA13	18,0

Salles de Purpan (données 2000-2002)

Bloc	Salle	Centrale	Médiane (ufc/m3)
Urgence	1		24,0
Urgence	2		12,0
Urgence	3		40,0
Urgence	4		9,0
Traumatologie	1		20
Traumatologie	2		55
Traumatologie	3		21,5
Traumatologie	4		47
Traumatologie	5		
Traumatologie	6		55
Radio interventionnelle	1		80,0
Radio interventionnelle	2		135,0
ORL	1		18,0
ORL	2		97,0
OPH	4		56,0
OPH	5		34,0
Neurochirurgie	1		108,0
Neurochirurgie	2		62,0
Neurochirurgie	3		88,0
Chirurgie thoracique	1		18,0
Chirurgie thoracique	2		65,0
Chirurgie thoracique	3		118,0
Chirurgie thoracique	4		59,0
Central	1		21,0
Central	2		39,0
Central	3		36,0
Central	4		
Central	5		24,0
Central	6		58,5
Central	7		42,0
Central	8		
Central	9		15,0
Central	10		28,0

ANNEXE 5 : BACTÉRIES PATHOGÈNES RETROUVÉES DANS L'AIR DES BLOCS DE RANGUEIL ET PURPAN

Rangueil (données 1997-2003):

Service	Salle	n°ref	Date prélèvement	Bactérie	Conc ufc/m3
BOH2	1	97s02237	28/11/97	<i>E. cloacae</i>	rare
Bloc OPH	2	98s31707	30/07/98	<i>E. cloacae</i>	rare
Grands brûlés		99s25338	31/01/99	<i>S. aureus</i>	1
BOH 2	8	99s26888	16/07/99	<i>S. aureus</i>	4
BOH 2	8	99s26950	21/07/99	<i>S. aureus</i>	2
Radiologie interventionnelle	3	99s27337	18/08/99	<i>A. baumannii</i>	2
Bloc OPH	2	99s28058	14/10/99	<i>A. baumannii</i>	rare
Bloc OPH	2	99s28058	14/10/99	<i>E. cloacae</i>	rare
Bloc OPH	2	99s28058	14/10/99	<i>S. Maltophilia</i>	rare
Bloc ORL	3	99s28052	14/10/99	<i>S. aureus</i>	rare
BOH 2	5	00s00053	05/01/00	<i>S. aureus</i>	rare
BOH 2	9	00s01331	11/04/00	<i>S. aureus</i>	4
Bloc ORL	1	00s02019	05/06/00	<i>S. aureus</i>	2
CCV	3	00s02520	21/07/00	<i>S. aureus</i>	2
Neurochirurgie	1	01s00542	12/02/01	<i>S. aureus</i>	2
Bloc OPH	1	02s07994	08/07/02	<i>B. cereus</i>	1
CCV	4	02s08345	15/07/02	<i>B. cereus</i>	1
ORL	2	02s11824	11/10/02	<i>B. cereus</i>	2
Grands brûlés		03s01983	18/02/03	<i>E. cloacae</i>	2
Neurochirurgie	1	03s02378	26/02/03	<i>B. cereus</i>	4

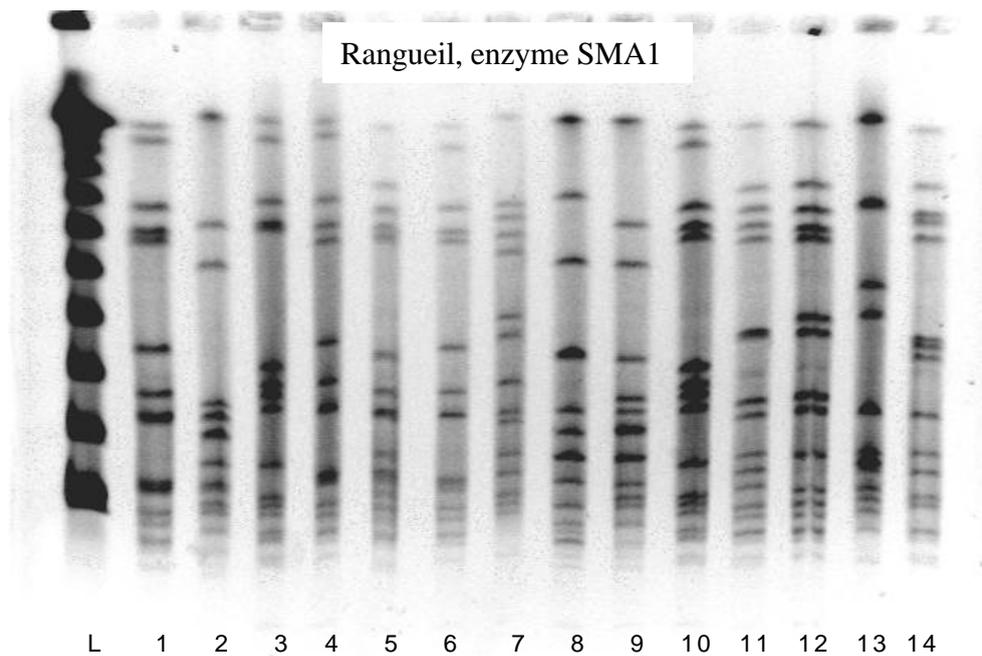
Purpan (données 2001-2003) :

Service	Salle	n°ref	Date prélèvement	Bactérie	Conc ufc/m3
Traumatologie	1	01s08093	28/08/01	<i>A. baumannii</i>	présence
Bloc central	3	01s09012	25/09/01	<i>S. aureus</i>	6
Bloc central	3	02s00343	09/01/02	<i>S. aureus</i>	6
Bloc OPH	1	01s12714	13/12/01	<i>S. aureus</i>	12
Radiologie interventionnelle	1	02s09184	01/08/02	<i>B. cereus</i>	2

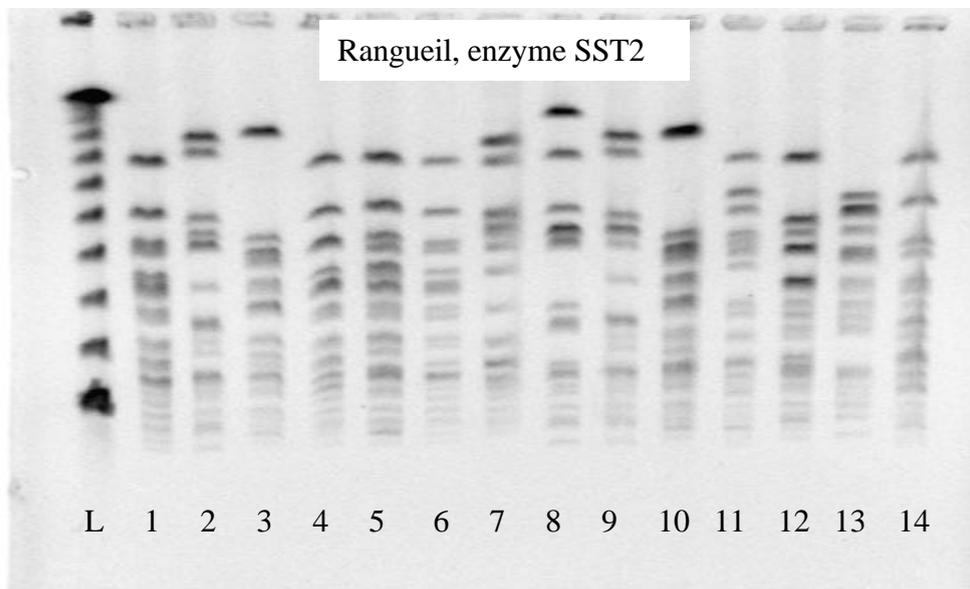
Caractéristiques des bactéries retrouvées dans l'air des blocs:

Microorganisme	Gram	Métabolisme	Sporulation	Survie dans l'environnement	Habitat à l'hôpital	Mode de transmission	Pouvoir pathogène
<i>Staphylocoques aureus</i>	+	aéro-anaérobie	non	air : 30 % après 6h	Environnement, homme (peau, nez)	Contact (+++), Air(+)	+++
<i>Staphylocoques epidermis (SCN)</i>	+	aéro-anaérobie	non	oui	Environnement, homme (peau)	Contact (+++), Air(+)	++
<i>Bacillus cereus</i>	+	aéro-anaérobie	oui	très résistant (thermotolérant)	Ubiquitaire	Contact (+++), Air(+)	+++
<i>Propriion bacterium acnes</i>	+	anaérobie aérotoleérant	non	oui	Homme (peau)	Contact, Air(?)	+
<i>Stenotrophomonas maltophila</i>	-	aérobie strict	non	surface : > 5 j	Environnement, homme (peau)	Contact, Air(?)	++
<i>Acinetobacter baumanii</i>	-	aérobie strict	non	surface : 9 j	Environnement, homme (peau)	Contact, Air(?)	+++
<i>Klebsiella</i>	-	aéro-anaérobie	non	Possible	Homme (système digestif), environnement	Contact, Air(?)	++
<i>Escherischia Cloacae</i>	-	aéro-anaérobie	non	Possible	Homme (système digestif), environnement	Contact, Air(?)	+

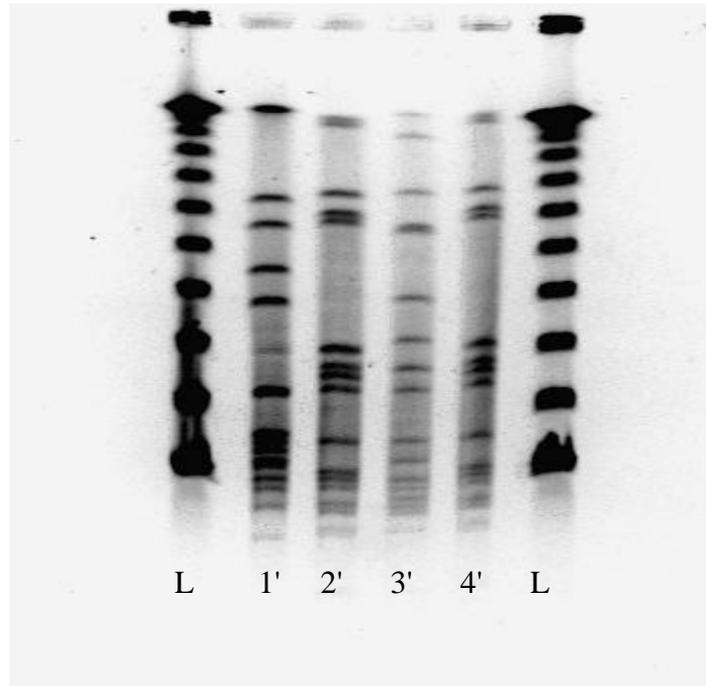
Annexe 6 : Exemples de typage moléculaire



Ordre	Nom Prénom	Date
1	Air bloc H2 salle 8	16/07/99
2	Air bloc H2 salle 8	21/07/99
3	Bloc ORL salle 3	14/10/99
4	Bloc grands brûlés	31/01/99
5	Air bloc H2 salle 5	05/01/00
6	Air bloc H2 salle 9	11/04/00
7	Air bloc ORL salle 1	05/06/00
8	Air bloc CCV salle 3	21/07/00
9	Air bloc NeuroXie salle 1	12/02/01
10	Air bloc gynécologie salle 2	12/03/03
11	Patient 2	20/07/99
12	Patient 4	13/08/99
13	Patient 15	02/08/99
14	Patient 22	26/12/99

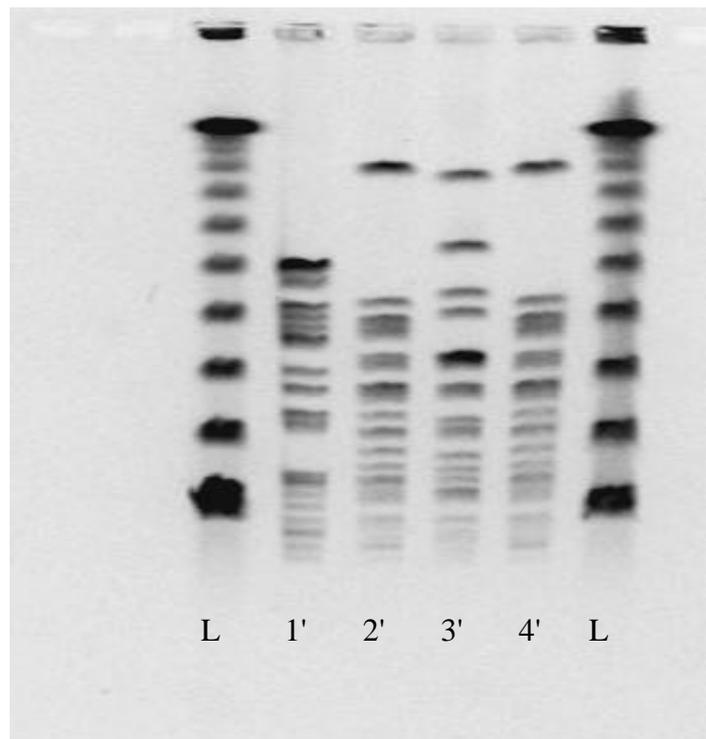


Purpan, enzyme SMAI:

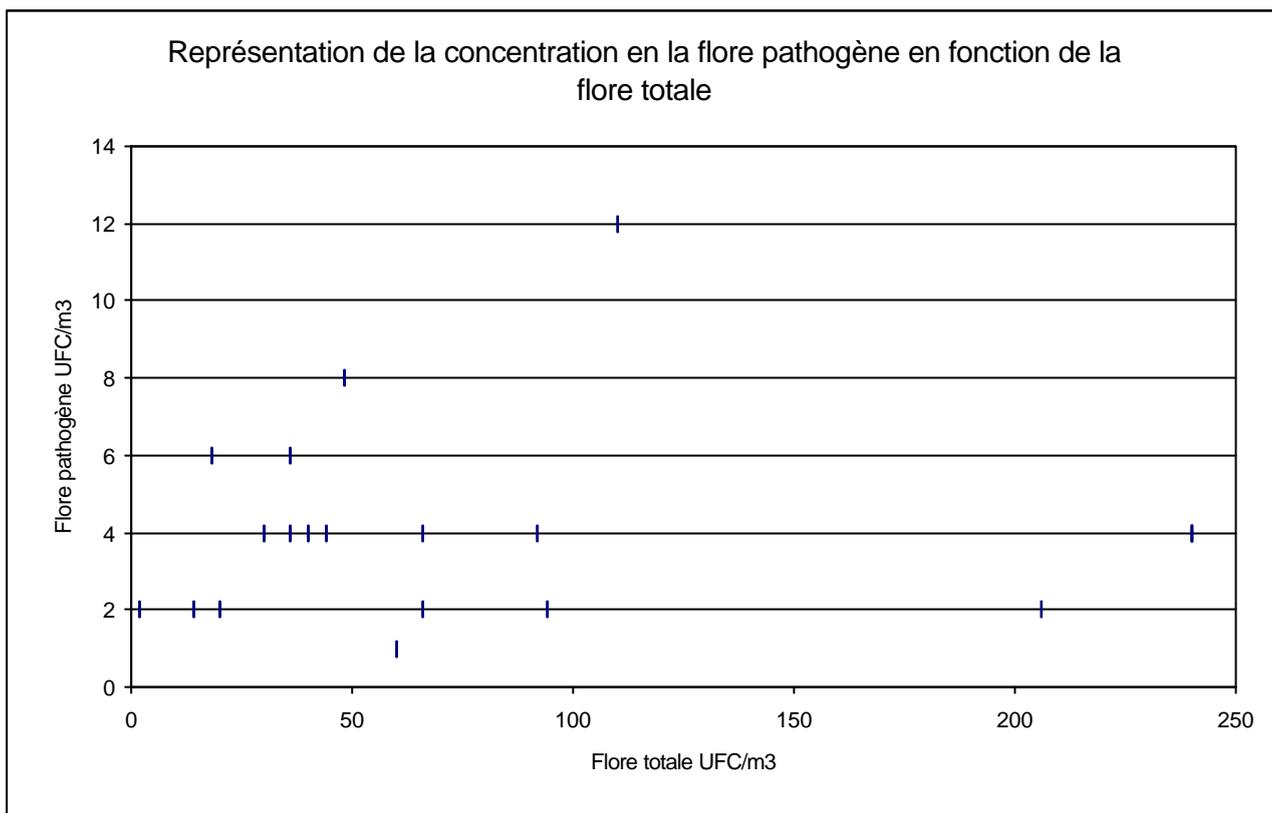


Ordre	Nom Prénom	Date
1'	Bloc central salle 3	25/09/01
2'	Bloc central salle 3	09/01/02
3'	Bloc ortho.traum tech.	06/03/01
4'	Bloc Ophtalmo.	13/12/01

Purpan, enzyme SST2:



Annexe 7 : Représentation de la flore pathogène en fonction de la flore totale



Annexe 8 : Classes ISO dans les blocs en activité de Ranguel et Purpan

Blocs opératoires de Ranguel (données 2003):

Service	Salle	UF	>0,5 um	>5um
Neurochirurgie	1	5464	331000	9667
Neurochirurgie	2	5464	42000	1667
Neurochirurgie	3	5464	237667	5000
ORL	1	5222	228667	1500
ORL	2	5222	326667	6700
ORL	3	5222	1675000	4333
OPH	1	5473	71000	3000
OPH	2	5473	109000	3000
Traumatologie	1	5277	105000	3000
Traumatologie	2	5277	127000	4000
Traumatologie	3	5277	296000	6000
Traumatologie	4	5277	20000	2000
Traumatologie	5	5277	105000	3000
Traumatologie	6	5277	61000	6000
BOH2	1	5275	16000	2333
BOH2	2	5275	20667	1417
BOH2	3	5275	27167	1833
BOH2	4	5275	11833	1167
BOH2	5	5275	7000	330
BOH2	6	5275	13500	1500
BOH2	7	5275	5000	1000
BOH2	8	5275	4000	1000
BOH2	8bis	5275	7000	1000
BOH2	9	5275	10000	2000
BOH2	10	5275	11000	2000
gds brûlés	1	5282	2237667	11000
CCV B.O.	1	5270	20000	833
CCV B.O.	2	5270	30833	1500
CCV B.O.	3	5270	21167	833
CCV B.O.	4	5270	45667	2500
Radio. Interventionnelle	1	4200	11500	917
Radio. Interventionnelle	2	4200	9333	750
Radio. Interventionnelle	3	4200	18667	1333

Blocs opératoires de Purpan (données 2003):

Service	Salle	UF	>0,5 um	>5um
B.O. senac	1	5369	5833	2333
B.O. senac	2	5369	42833	9333
B.O. senac	3	5369	15500	2333
B.O. senac	4	5369	21500	3000
B.O. ORL	2	5315	19000	2333
B.O. ORL	1	5315	89667	4667
B.O. OPH	3	5313	10667	667
B.O. OPH	4	5313	7000	1333
urgence 2000	1		6333	1222
urgence 2000	2		5667	1222
urgence 2000	3		4667	778

Annexe 9: Classification d'Altemeier pour les actes opératoires

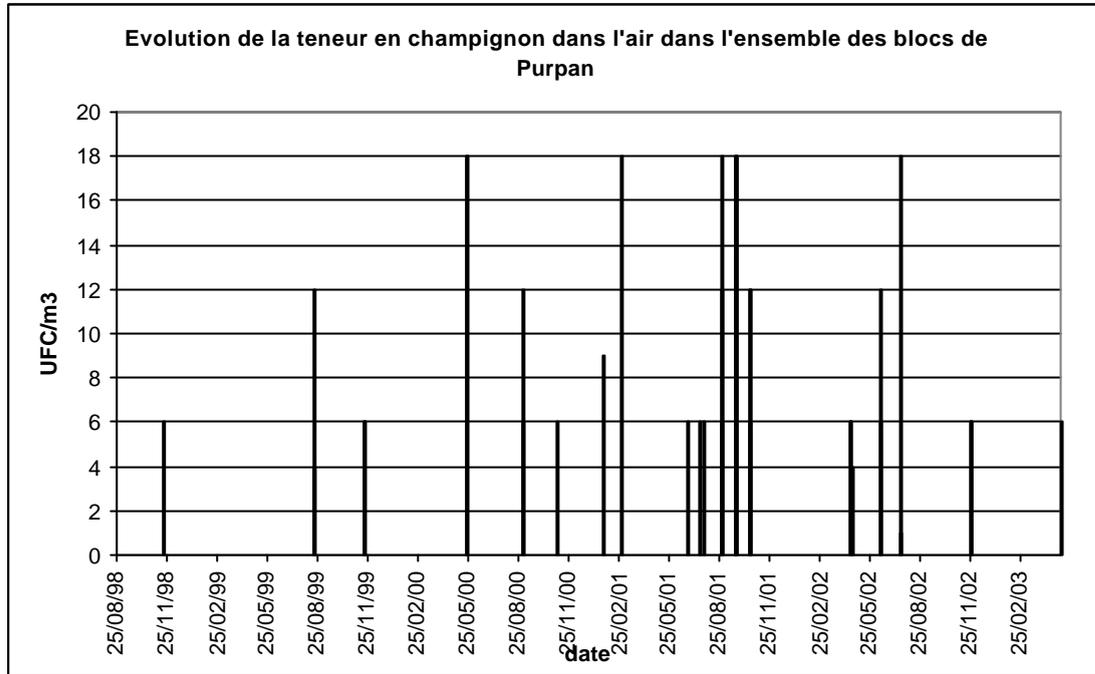
Classe	Caractéristique de l'acte chirurgical
Classe I : plaie propre	Non traumatique Pas d'inflammation dans la zone opératoire Pas de faute d'asepsie Pas d'ouverture des voies aériennes, digestives ou génito-urinaires
Classe II : plaie propre contaminée	Ouverture minimale des voies aériennes ou digestives Appendicectomie Chirurgie de l'oropharynx Chirurgie dans le vagin Chirurgie génito-urinaire en l'absence d'infection urinaire Chirurgie biliaire en l'absence d'infection biliaire Faute d'asepsie minimale
Classe III : plaie contaminée	Ouverture large des voies digestives Chirurgie urinaire ou biliaire avec liquide infecté Chirurgie sur plaie récente Faute d'asepsie importante
Classe IV : plaie sale	Inflammation aiguë Abord d'une collection de pus Chirurgie sur plaie ancienne contenant des tissus nécrotiques, corps étranger, matières fécales

Annexe 10 : Le score ASA

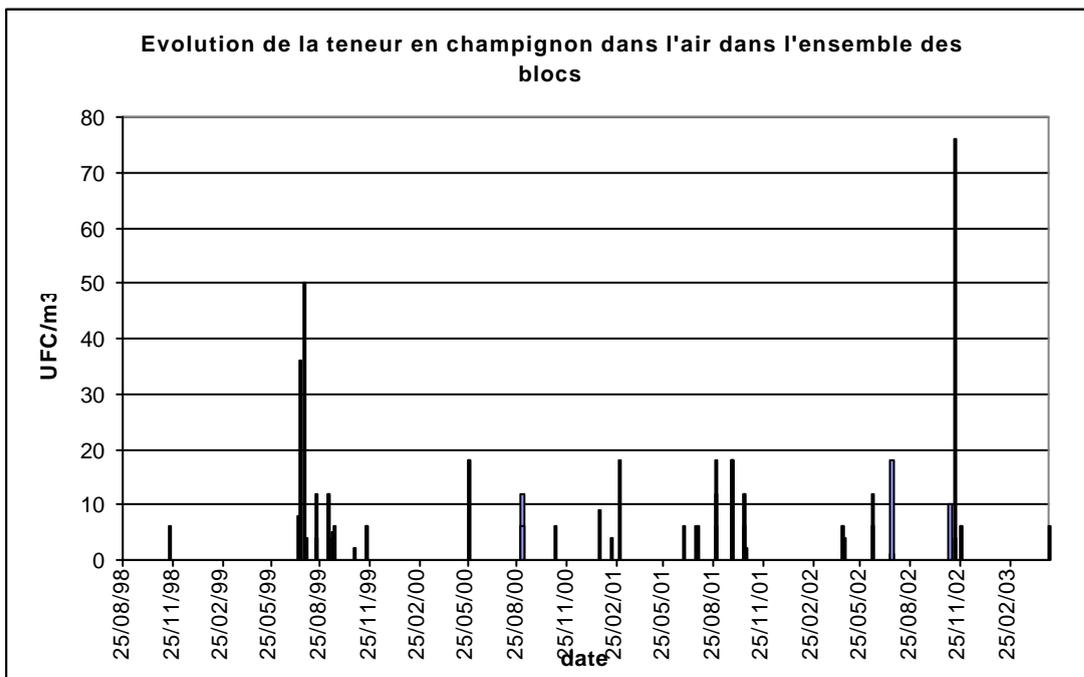
Score ASA	Définition
ASA 1	Malade sain, sans trouble organique, physiologique, biochimique ou psychiatrique
ASA 2	Trouble systémique léger ou modéré sans limitation fonctionnelle
ASA 3	Maladie systémique sévère avec limitation fonctionnelle certaine
ASA 4	Maladie systémique sévère qui menace la vie en permanence
ASA 5	Malade moribond

Annexe 11 : Evolutions des concentrations en champignons filamenteux au cours du temps

Les prélèvements effectués à Purpan :



Les prélèvements effectués sur l'ensemble du CHU :



Annexe 12 : Etude statistique visant à montrer une variabilité inter-saisonnière :

tableau 2x2, printemps-été

	été	printemps	total
+	15	9	24
-	23	16	39
total	38	25	63

tableau 2x2, printemps-automne

	printemps	automne	
+	9	6	15
-	16	42	58
	25	48	73

tableau 2x2, printemps-hiver

	printemps	hiver	total
+	9	2	11
-	16	21	37
total	25	23	48

tableau 2x2, été-automne

	été	automne	total
+	15	9	24
-	23	39	62
total	38	48	86

tableau 2x2, été-hiver

	été	hiver	total
+	15	2	17
-	23	21	44
total	38	23	61

tableau 2x2, hiver-automne

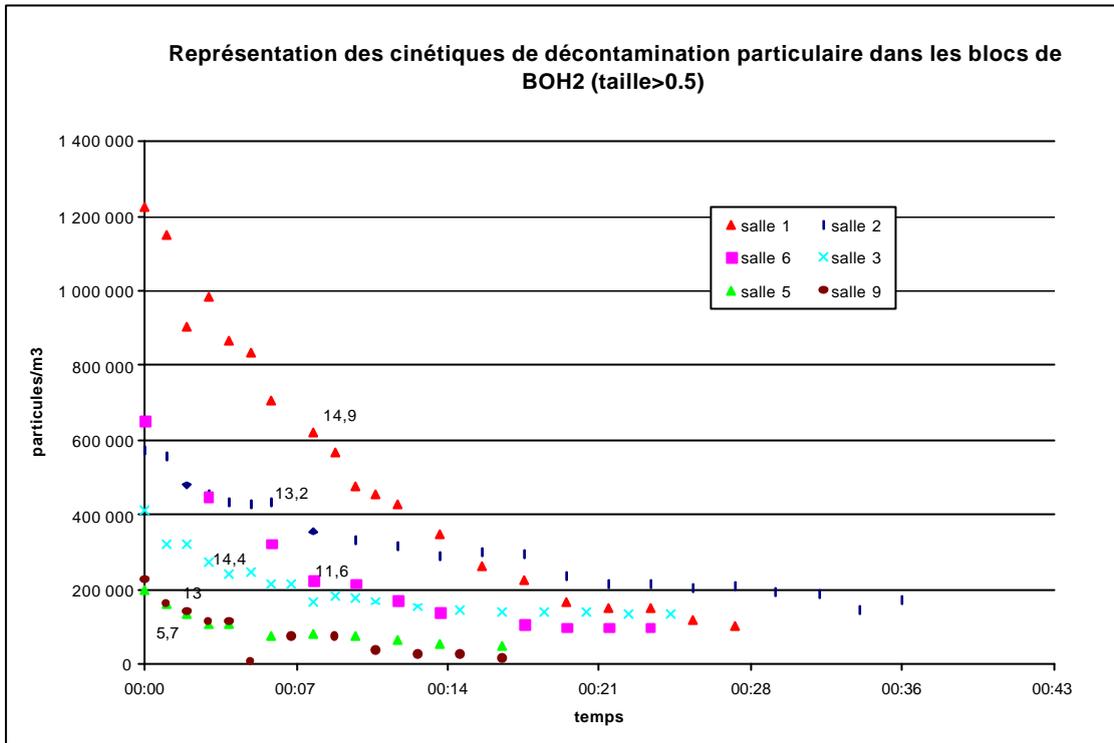
	automne	hiver	total
+	9	2	11
-	39	21	60
total	48	23	71

Annexe 13 : L'alimentation en air des salles des blocs opératoires de Rangueil

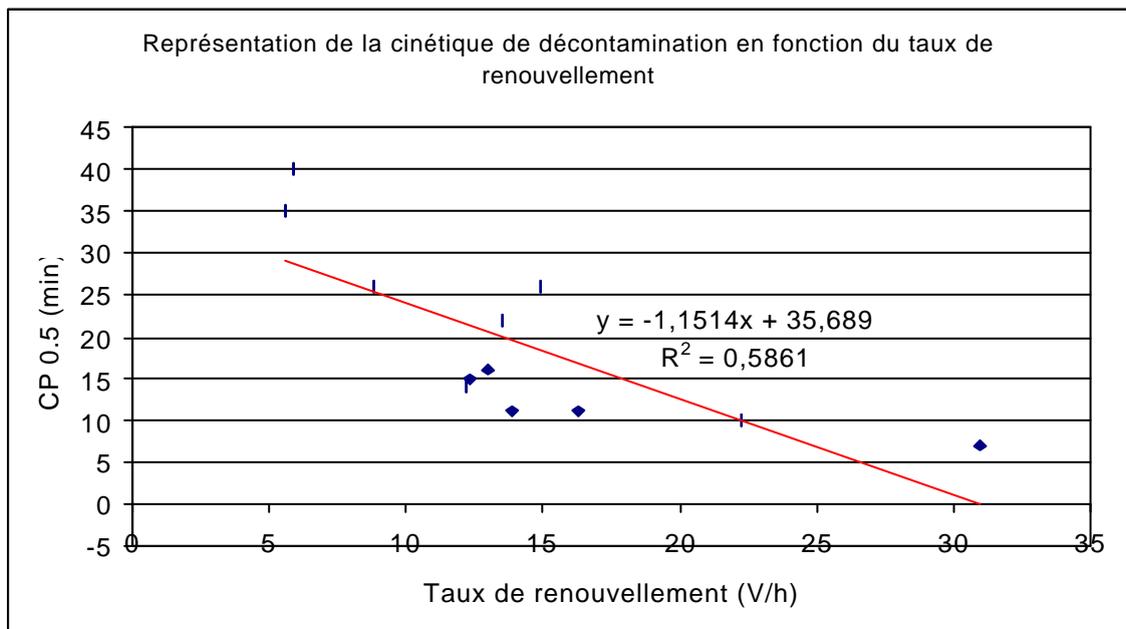
Bloc	Salle	CTA	Qentrant (m3/h)	Qsortant (m3/h)	Taux de renouvellement	
					Avant changement des filtres	Après changement des filtres
Traumatologie	1	CTA14	1600	750	12	12
	2	CTA14	1900	750	13	12.5
	3	CTA13	800	100	6	6
	4	CTA13	800	400	7.5	5.5
	5	CTA13	1000	600	19.5	22
	6	CTA13	2250	300	25	22
CCV	1	CTA2	1250	700	10	11
	2	CTA2	1400	900	12.5	12.5
	3	CTA2	1300	650	9	12
	4	CTA2	800	400	9	8
Grands Brûlés	1	CTA8	2700	1700	33	31
Neurochirurgie	1	CTA2	1900	1400	18	18.5
	2	CTA2	1800	450	16.5	16.5
	3	CTA2	1800	750	10	9.5
ORL	1	CTA2	1500	800	9.5	10
	2	CTA2	1500	300	16.5	13.5
	3	CTA2	1200	650	15	11
OPH	1	CTA2	1800	300	20	18.5
	2	CTA2	1600	2300	16	15.5
BOH2	1	CTA14	1800			15
	2	CTA14	1400			13
	3	CTA14	2200			14.5
	4	CTA14	1400			12
	5	CTA14	1300			6
	6	CTA14	1800			12
	7	CTA13	2000			13
	9	CTA13	1500			13
	10	CTA13	1300			11
	Radiologie interventionnelle	1	CTA5	2200		
2		CTA5	1400			9
3		CTA5	1300			8

Annexe 14 : Mesures de cinétiques de décontamination

Exemples de cinétiques de décontamination dans les salles du BOH2



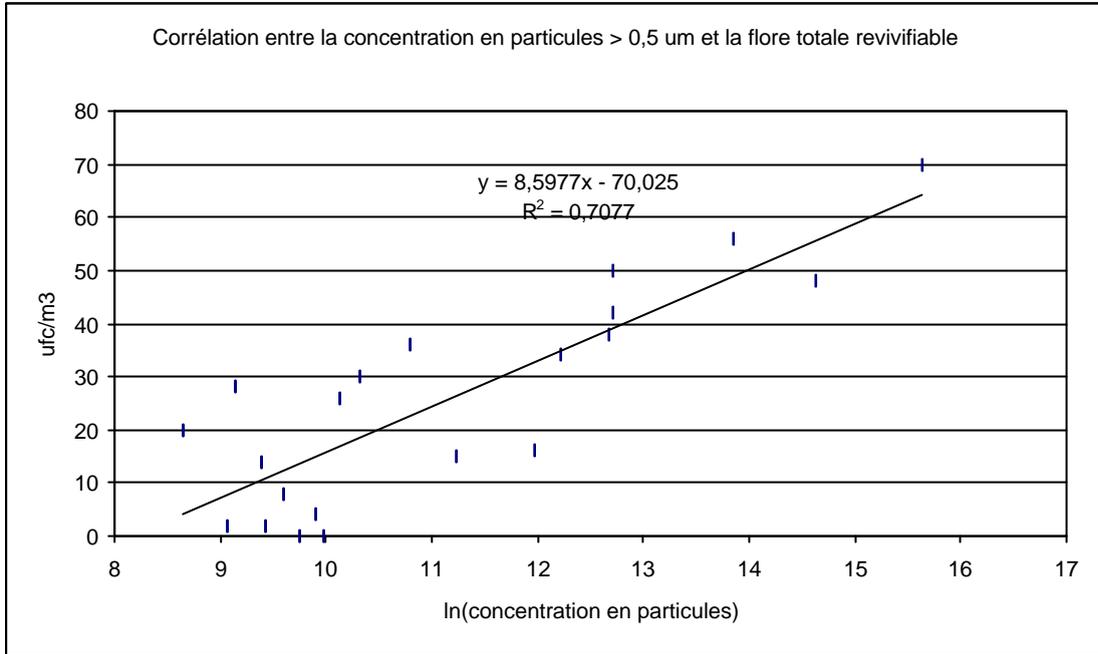
Représentation de la cinétique de décontamination en fonction du taux de renouvellement



CP_{0.5} : Temps nécessaire pour obtenir 90% de décontamination particulaire

Annexe 15 : Corrélation entre la teneur en particules et les concentrations en flore totale

Représentation de la flore totale revivifiable en fonction de la teneur en particules de tailles >0.5 mm



Représentation de la flore totale revivifiable en fonction de la teneur en particules de tailles >5 mm

