

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik Benyahia-Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE

Présenté par :
Mohammed YAKOUBI
Walid MECHEKEF
Yasser MAAMERI

THEME :
**Optimisation de la qualité de l'air intérieur dans
les équipements sanitaires**

Date de soutenance : 20/06/2018

Composition du Jury :

HALLAL.I	M.A.A, Université Mohamed Seddik Ben Yahia. Jijel. Président du jury.
BOUHIDEL.N.H	M.A.A, Université Mohamed Seddik Ben Yahia. Jijel. Directeur de mémoire
DROUNA.K	M.A.A, Université Mohamed Seddik Ben Yahia. Jijel. Membre du Jury.

Dédicaces et Remerciements :

Avec l'aide d'Allah Soubhanaho Wa Taala, j'ai pu accomplir ce modeste travail.

Je remercie en premier lieu Mme. **BOUHIDEL. N .H** pour sa gentillesse, sa contribution générale à l'élaboration de ce travail de recherche.

A tous mes collègues, qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, qu'il trouve toute ma gratitude.

Je souhaiterai également remercier mes professeurs du département d'architecture de Jijel, les membres de jury qui ont accepté d'examiner le travail de recherche du présent mémoire. J'espère que leurs remarques, critiques, orientations et conseils me seront très utiles pour une continuité dans le processus de recherche

Dédicace Mohammed :

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs Années d'étude à :

Mes chers et respectueux parents en récompense de leurs sacrifices et leur clairvoyance

Qui m'a servi et me servirait tout au long de ma vie

Mes chères sœurs et mes chers frères

Mes chère binôme « Yasser et Walid » et à toute ses familles

Tous mes amis avec lesquels j'ai passé cinq années inoubliables, et en

Particulier : Anter Saleh et Zaza, tout en leur souhaitant la réussite dans tout ce

Qu'ils entreprennent

Tous les enseignants qui ont participé à ma formation durant mes cinq ans, sans les

Nommer, car la liste est longue et le risque est grand d'en oublier un

A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment

A moi-même.

Dédicace Walid :

Je dédie ce modeste travail :

Aux Personnes chères à mon cœur Mes parents et ma famille et surtout mes sœurs

CHAMCHOUMA ET RAYHOUNA

Et a KARA Abd El Rahmane, ABBAS Rabie, HAMZAOUI Sief Edine, Et tous mes amis.

Dédicace Yasser :

Je dédie ce modeste travail :

Aux Personnes chères à mon cœur Mes parents

A ma mère, tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour la réussite, Tout ce que je
peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

A mon père, l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et le Person le plus digne de mon
estime et de mon respect,

Aucun dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et vous procure
santé et longue vie.

A ma grande famille, A mes amis et A tous ceux que j'estime et que j'aime.

TABLE DES MATIÈRES

Dédicaces et Remerciements :.....	I
TABLE DES MATIÈRES.....	III
Liste des figures:.....	VIII
Liste des tableaux :.....	IX
Liste des abréviations :.....	X

Introduction générale

Introduction :.....	1
Problématique :.....	2
Hypothèse :.....	2
Objectif général de la recherche :.....	3
Démarche méthodologique :.....	3

Chapitre 01: La qualité de l'air intérieur

Introduction :.....	4
1.1 Approche sur la qualité de l'air :.....	4
1.2 Le cadre général de la qualité de l'air :.....	5
1.3 Les effets sur la santé d'une mauvaise qualité de l'air intérieur :.....	5
1.4 Source des contaminants dans l'air intérieur :.....	5
1.4.1 Polluant d'origine intérieure :.....	6
1.4.1.A Les polluants physico-chimiques :.....	6
1.4.1.B Les polluants endogènes :.....	6
1.4.2 Polluant d'origine extérieure :.....	7
1.5 Critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur :.....	8
1.5.1 Âge de l'air :.....	8
1.5.2 Indices de qualité de l'air dans un local :.....	9

1.5.3	Nombre de changement d'air :	9
1.5.4	Efficacité de ventilation :	10
1.6	La filtration de l'air :	10
1.6.1	Filtration primaire :	10
1.6.2	Filtration secondaire :	10
1.6.3	Les différents filtres :	11
1.6.4	Classification des filtres :	11
1.7	Efficacité de traitement de l'air :	12
1.7.1	Les objectifs du traitement de l'air :	12
1.8	La qualité de l'air et la ventilation :	13
1.8.1	Différents paramètres de l'air :	13
1.8.2	Point Réglementaire et normatif :	13
1.8.3	La ventilation:	14
1.8.3.A	Définitions :	14
1.8.3.B	L'Objectif de la ventilation et de la climatisation d'air :	15
1.8.3.C	Les techniques de ventilation :	15
1.8.3.D	Stratégies de ventilation :	20
1.8.4	Climatisation :	21
1.8.4.A	Conditionnement d'air :	22
	Conclusion :	22

Chapitre 02: Approche conceptuelle sur les équipements sanitaires

	Introduction :	23
2.1	Notion sur la santé :	23
2.1.1	Définition de la santé :	23
2.1.2	La santé en Algérie :	24
2.1.3	Organisation du système sanitaire en Algérie :	24
2.1.4	Structure sanitaire en Algérie :	25
2.2	Evolution historique des équipements sanitaires :	25

2.2.1	Les trois principales étapes de l'évolution des hôpitaux :.....	25
2.2.1.A	L'hôpital religieux et charitable, du 6ème au 16ème siècle :	25
2.2.1.B	L'hôpital de bienfaisance et d'assistance, aux 17ème et 18ème :.....	26
2.2.1.C	L'hôpital laïc moderne :	27
2.3	Les enjeux des équipements sanitaires :	28
2.3.1	Le confort thermique, visuel et sonore :.....	28
2.3.2	La performance énergétique :.....	28
2.4	L'impact des facteurs ambiants sur la santé des patients hospitalisés :.....	28
2.5	Planification et conception des équipements de santé :.....	29
2.5.1	Terrain :	29
2.5.2	Orientation :.....	29
2.5.3	Conception :.....	30
2.5.3.A	Conception extérieur :.....	30
2.5.3.B	Conception intérieur :	31
	Conclusion :	35

Chapitre 03:La qualité de l'air selon la HQE

	Introduction :.....	36
3.1	La haute qualité environnementale de l'établissement de santé :.....	36
3.1.1	La Construction HQE :.....	36
3.1.2	Principes :.....	38
3.2	Qualité de l'aire et ventilation selon la HQE :.....	40
3.2.1	Garantie d'une ventilation efficace :	41
3.2.2	Les stratégies architecturales pour améliorer la qualité de l'air:.....	43
3.2.2.A	Paroi a lame d'air:.....	43
3.2.2.B	Cheminée romaine :	44
3.2.2.C	Paroi pariétodynamique :	45
3.2.2.D	La ventilation traversant:	46
	Conclusion:	47

Chapitre04:Outils et moyens d'optimisation de QAI au milieu hospitalier

Introduction :	48
4.1 La maîtrise de la Qualité de l'Air intérieur dans un équipement sanitaire :	49
4.1.1 Classification des Zones :	49
4.1.2 Objectif de la maîtrise de la QAI dans un équipement sanitaire :	49
4.1.3 Les procède de traitement de l'air :	50
4.1.4 Différents paramètres de l'air :	50
4.1.5 La filtration au milieu hospitalier:	51
4.1.5.A Les différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier :	51
4.1.5.B Classement des différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier :	51
4.2 Les espaces et les activités sanitaires nécessitant un traitement d'air :	52
4.2.1 L'espace administratif :	52
4.2.2 L'espace annexe (locaux techniques) :	53
4.2.3 Les espaces hospitaliers :	53
4.3 Point Réglementaire et normatif :	54
4.4 Des solutions adaptées aux exigences de chaque zone :	55
4.4.1 Les solutions techniques :	56
4.4.1.A VMC : ventilation mécaniquement contrôlée :	56
4.4.1.B VMC simple flux :	56
4.4.1.C VMC double flux :	56
4.4.1.D Centrale de traitement d'air :	56
4.5 Optimisation de La qualité de L'air au bloc opératoire :	57
4.5.1 Objectif des installations de traitement de l'air en salle d'opération :	58
4.5.1.A Recommandations :	58
4.5.2 Les moyens techniques à mettre en œuvre pour optimiser la QAI dans le bloc opératoire :	59
4.5.2.A Les solutions Techniques :	59

4.6	Contrôle d'environnement :.....	64
4.6.1	Contrôles Préliminaires :.....	64
4.6.2	Contrôles particuliers :.....	64
4.6.3	Contrôles microbiologiques :.....	65
4.6.4	Objectifs et méthodologie des contrôles d'aérocontamination :.....	65
4.6.4.A	Objectifs des prélèvements :.....	65
4.7	Synthèse des différentes recommandations :.....	66
	Conclusion :.....	67
	Conclusion générale:	68
	Références bibliographique :.....	70
	Annexe I	
	Résumé :	
	Abstract:	
	ملخص:	

Liste des figures:

Figure 1:Pyramide sanitaire en Algérie.	24
Figure 2: Salle de malades de l'hôtel dieu au XVI siècle.....	26
Figure 3 : Plan sur cours multiples.	27
Figure 4: Hôpital poly-blocs.....	28
Figure 5:Modèle de centre médical.	29
Figure 6:Modèle de centre médical.	30
Figure 7: Modèle de centre médical.	31
Figure 8:Modèle de centre médical.	31
Figure 9:Dimensions des dégagements.	32
Figure 10:Dimensions de la cage d'escalier.	32
Figure 11:Dimensions de l'ascenseur.....	33
Figure 12:sources de pollutions de l'air intérieur.	6
Figure 13: sources de pollutions de l'air intérieur.	6
Figure 14 :sources de pollutions-aire-extérieur.	8
Figure 15:ventilation naturel.	16
Figure 16:La VMC simple flux par extraction.	18
Figure 17: La VMC simple flux par insufflation.....	19
Figure 18:ventilation-double-flux.....	20
Figure 19:les besoins qui se répond par HQE.	37
Figure 20:Schéma du processus de management d'opération HQE tertiaire sur la base du référentiel du SMO.	39
Figure 21: Processus d'amélioration continue et d'évaluation de la QEB.	40
Figure 22: Les différents principes de ventilation naturelle.	41
Figure 23:Structures pourvues d'une paroi à lame d'air	44
Figure 24: Conductance thermique d'une lame d'air verticale.	44
Figure 25: Cheminée romaine.	45
Figure 26:Schéma de principe d'une paroi pariétodynamique.....	46
Figure 27:Solutions architecturales favorisant la ventilation traversant.	47
Figure 28:Classement des différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier.	52
Figure 29:La législation relative aux traitements d'air.	55
Figure 30:Centrale de traitement d'air.	56
Figure 31:Le Flux turbulent.....	60
Figure 32:Plafond à basse vitesse.....	61
Figure 33:le flux d'air unidirectionnel.....	62
Figure 34: Solution par flux laminaire vertical.	63
Figure 35:Solution par flux laminaire horizontal.	64

Liste des tableaux :

Tableau 1:Structure sanitaire en Algérie.	25
Tableau 2: Sources de pollutions endogènes.	7
Tableau 3:Classification des filtres.....	11
Tableau 4:les paramètres de l'aire.	13
Tableau 5:Les 14 cibles HQE.	37
Tableau 6:Solutions pour Garantie d'une ventilation efficace	42
Tableau 7:Classification des Zones	49
Tableau 8:Différents paramètres de l'air.....	50
Tableau 9:exigences de ventilation des hôpitaux.	53
Tableau 10:Les solutions Techniques.....	60
Tableau 11:Les déférents contrôles a effectué.	66

Liste des abréviations :

A&M	Agricultural & Mechanical
APD	(Avant-Projet Définitif)
APS	(Avant-Projet Sommaire)
BBC	(Bâtiments Bases Consommation)
C	Celsius
CAH	(Changement d'air par heure)
CHU	(Centre hospitalier universitaire)
CO2	Carbone d'oxyde
COV	Composite olfactif volatils
CLIN	Comité de Lutte Contre les Infections Nosocomiales
CTA	(Central de traitement d'air)
DCE-PRO	(Dossier de Consultation des Entreprises (Professionnels))
EH	(Établissement hospitalier)
EHS	(Établissements Hospitaliers spécialisés)
EHU	(Établissement hospitaliers universitaire)
EPH	(Établissements publics hospitaliers)
HEPA	High efficiency particulate air filter
HQE	(Haute qualité environnementale)
ISO	International system organisation
K	Kelvin
MPPS	(most penetrating particle size)
NF-S	Normes français des salles
OMS	(L'Organisation mondiale de la santé)
OPR	(Opération Préalable de Réception)
QAI	(Qualité de l'air intérieur)
QEB	(Qualité Environnementale du Bâtiment)
SMO	(Système de Management de l'Opération)
SOFIA	La Société Française des Infirmier(e)s Anesthésistes
UFC	(Unité formant colonie)
VMC	(Ventilation mécanique contrôlée)
VNA	(Ventilation naturelle assistée)



**Introduction
générale**

« La santé c'est la vie. Sans la santé, la vie n'est plus une vie »

(François RABELAIS).

Introduction :

La santé d'un point de vue de l'individu c'est une valeur, un droit .elle n'est plus seulement définir comme l'absence de maladie, elle tend aussi à se rapprocher de la notion de bien-être et de bonheur. L'intérêt au bien être de l'homme ; est le sujet que les spécialistes de différent discipline cherche à concrétiser. Un intérêt qu'elle se fonde sur les rapports d'échange entre l'homme et son environnement, qu'il se soit naturel ou construit. Tous les constructions interagit avec l'environnement ou ils ont s'inscrit. La création d'espace de vie nécessite la prise en compte du climat et les relations entre l'occupant et l'édifice, pour le but de créer un confort agréable.

Les endroits que nous habitons peuvent agir sur nos pensées, nos sentiments et nos comportements. Depuis plusieurs années, les spécialistes du comportement apportent des arguments empiriques en ce sens. Leurs recherches suggèrent qu'il est possible de concevoir les espaces de vie qui favorisent la créativité, l'attention et la vigilance, ou la relaxation et la convivialité¹.

La lecture de ce début d'un article intitulé *''comment l'architecture influence notre pensée''* nous influencé de travail, dans ce mémoire, sur un équipement ou la relation entre le milieu ambiant et l'occupant doit être bien étudié et bien contrôlé.

L'architecture de la santé est considérée comme un domaine à part, la construction Hospitalière est depuis quelques années l'objet d'une réflexion architecturale et urbaine. Rompant avec la politique des modèles, la conception de ce type d'équipement a évolué et s'est diversifiée² ; tant d'un point formel et fonctionnel que confortable. En outre, la vocation des bâtiments hospitaliers a évolué. Ils ne sont plus seulement des « machines à soigner » mais aussi des lieux de vie à part entière, ouverts sur l'extérieur.

Les équipements sanitaire constituant des systèmes clos dans les quel un nombre important de contaminants sont générés, comme tous autre bâtiment. L'homme passe environ 80 à 90% de son temps de jour dans un espace clos³, donc la qualité de l'air qu'il respire,

¹ Emily ANTHES, « comment l'architecture influence notre pensée », Cerveau & Psycho, 2009, n° 33, p30

² Catherine FERMAND, « les hôpitaux et les cliniques, architecture de la santé », Edition du Moniteur, paris, 1999, p190

³ Martine DRENEAU et All, « Dossier thématique sur la santé et l'environnement dans les départements de l'Ardèche et de la Drôme », (2018), p59, [En ligne], http://www.chs-drome.sante.org/sites/default/files/documentation/dossier_sante_environnement_complet.pdf , Consulté le : 26/04/2018

surtout dans un équipement sanitaire, représente un enjeu majeur pour sa santé et pour la santé publique.

Problématique :

Le développement durable implique que, durant la conception des projets, le rapport de l'environnement, la santé et l'économie doit d'être traités simultanément et que cette conception doit être réalisée pour des raisons d'humanité pas seulement pour des raisons d'économie. La maîtrise de l'enchaînement de ses rapports traduit une véritable prise de conscience de nombreux enjeux qu'engage dans chaque infrastructure.

Les équipements sanitaires sont des infrastructures qu'ils nécessitent une bonne maîtrise, par ce que sont des équipements qu'ils participent à la vie local ; l'accueil du public, l'aménagement de l'espace et car ils sont des entreprises consommatrices et émettrices de flux (eaux, déchets, produits chimiques, énergie etc.)¹

La conception de ses édifices reste un grand challenge pour les architectes car la maîtrise d'un projet sensible comme un équipement sanitaire nécessite un traitement prudent de la superposition des différents calques. L'œil ne cherche qu'à juger la beauté dès le premier contact visuel; c'est ce qui oblige les architectes de bien maîtriser le calque d'esthétique, le contact entre le calque des besoins médicaux et le calque de fonctionnalité reste aussi un problème qu'il doit être résolu, pour les équipements sanitaires il est indispensable de coordonner le traitement des calques précédents avec le traitement de chaque le plus important ; le calque du confort. A ce stade on a cherché de focaliser notre recherche sur la qualité de l'air intérieur dans les équipements sanitaires, ce choix est lié à la mauvaise qualité de l'air intérieur dans nos équipements, un problème qui est devenu une habitude en Algérie. Mais la question principale de notre recherche est : Comment transformer les équipements sanitaires, des lieux dédiés en premier lieu pour des ordres fonctionnels à des lieux plus vivants et sains ?

Hypothèse :

Comme réponse à notre problématique on suppose que l'optimisation de la qualité de l'air intérieur pourrait être un atout pour contribuer au bien-être des patients dans les équipements sanitaires.

1 **Thierry LEBAS**, « *Hôpitaux Promoteurs de Santé : Le Développement Durable, un levier de Promotion de la Santé* », (2013), p5-8 [en ligne], http://inpes.santepubliquefrance.fr/jp/cr/pdf/2013/2b-Launay_LEBAS.pdf Consulté le: 27/03/2018

Objectif général de la recherche :

L'objectif de cette recherche qui s'intéresse à l'étude des aspects qualitatifs de l'air intérieure en architecture des équipements sanitaires, s'inscrit dans le cadre de la détermination de la notion de l'optimisation, dont la finalité du travail est d'arriver à :

- Comprendre la complexité de la conception des équipements sanitaires
- Définir des éléments relatifs à la qualité de l'air intérieure appropriés aux architectes.
- Améliorer la qualité de l'air intérieure dans les équipements sanitaires, par l'analyse des différents paramètres intervenants qualitativement.

R ressortir avec des recommandations et solutions qui orientent la conception des équipements sanitaires future.

Démarche méthodologique :

Dans ce travail on a essayé de faire une recherche bibliographique par la consultation des livres, des documents, des rapports, des mémoires et des sites internet, pour le but d'attraper les objectifs et répondre à la problématique posée et pour mieux comprendre les notions, les concepts et les différentes techniques correspondant à l'optimisation de la qualité de l'air intérieure dans les équipements sanitaires.

Chapitre 01



La qualité de l'air intérieur

Introduction :

La qualité de l'air intérieur d'un établissement de santé est une question de confort qui dépend des personnes qui y vivent. Le confort dans un environnement intérieur peut avoir un impact direct sur la concentration, les performances de travail ainsi que sur les relations entre les résidents. Ces facteurs ont un impact direct sur le rendement. Le problème de la qualité de l'air intérieur (QAI) peut aussi avoir un impact sur la santé individuelle et communautaire des gens vivant sous le même toit¹.

La qualité de l'air intérieur englobe tous les effets de l'air intérieur qui exercent une influence sur le bien-être et la santé de l'homme. L'air agit sur l'homme tout d'abord par la respiration, permettant au corps d'inspirer l'oxygène nécessaire à son métabolisme et d'expirer le gaz carbonique qui résulte.²

Les occupants d'une pièce exigent deux qualités de l'air ambiant : tout d'abord qu'il soit frais et agréable, et non vicié et pollué, et par ailleurs que son inspiration ne présente aucun danger pour la santé.³

Une mauvaise gestion de la qualité de l'air peut être très coûteuse pour les responsables de bâtiments. Non seulement parce qu'elle peut favoriser l'émergence de troubles sanitaires chez les occupants, mais aussi parce qu'elle peut générer des dépenses dans les investigations et les analyses.⁴

1.1 Approche sur la qualité de l'air :

Une bonne qualité d'air est essentielle au confort des personnes, tant pour les usagers que pour le personnel des établissements de santé et de services sociaux, et contribue à prévenir les problèmes de santé, notamment certaines infections transmises par voie aérienne.

Dans les établissements de soins de longue durée, une bonne qualité d'air revêt une importance particulière par ce que la plupart des résidents n'ont plus la capacité de bénéficier de façon normale de l'air extérieur.⁵

¹ **Salim HAINE** « élaboration d'une stratégie de ventilation pour l'élimination efficace des bio aérosols dans une unité de bronchoscopie ». Montréal, le 06 juin 2014 »112p, [En ligne], http://espace.etsmtl.ca/1327/1/HAINE_Salim.pdf Consulté le: 13/05/ 2018.

² **Recknagel SPRENGER** « génie climatique » 2007, paris, p1003

³ Ibidem

⁴ **Salim HAINE**, ibidem.

⁵ **La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux** « Guide de qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux » (2e édition, 2011) Québec, 226p, [En ligne], <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2011/11-610-05W.pdf> Consulté le: 13/05/ 2018.

1.2 Le cadre général de la qualité de l'air :

La qualité de l'air se mesure par le contenu plus ou moins important en éléments nocifs ou gênants : gaz, particules inertes ou vivantes, etc. Quand on parle de «qualité de l'air» il s'agit implicitement de l'air intérieur, la détérioration de l'air extérieur étant désignée sous le terme plus général de «pollution», les éléments nocifs ou gênants étant désignés comme les «polluants».¹

1.3 Les effets sur la santé d'une mauvaise qualité de l'air intérieur :

De nombreux problèmes de qualité de l'air peuvent survenir dans les établissements du réseau et occasionner différentes atteintes à la santé. Les principaux problèmes de santé possibles ce sont :

- Les problèmes de santé non spécifiques reliés aux bâtiments.
- Les problèmes de santé en lien avec une contamination fongique.
- Les maladies causées par une exposition à l'amiante, notamment au cours de travaux d'entretien et de réparation sans protection adéquate.
- Les aggravations de certaines maladies chroniques causées par des niveaux de chaleur élevés dans les chambres non climatisées en période de canicule.
- Les problèmes de santé causés par une exposition à certains contaminants précis susceptibles de se trouver dans des établissements de santé tels que des produits chimiques de laboratoire, l'oxyde d'éthylène employé dans des procédés de stérilisation et les gaz anesthésiants utilisés en salle d'opération ainsi que les contaminants occasionnés par les pratiques personnelles tels la fumée de tabac et le parfum.
- Des infections nosocomiales environnementales²

1.4 Source des contaminants dans l'air intérieur :

Pour assurer la qualité sanitaire de l'air, il est possible d'intervenir à deux échelles : tout d'abord une action sur la ventilation pour réduire la concentration des polluants dans le bâtiment, d'autre part une action sur les sources pour limiter la présence de polluants au sein du bâtiment. (figure12)

¹ Roger CADIERGUES. «Mémo CAD nV00 a ventilation et qualité de l'air ». (2012), France, 04p, [En ligne], https://media.xpair.com/auxidev/nE20a_QA.pdf Consulté le : 15/05/ 2018.

² La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, op.cit.

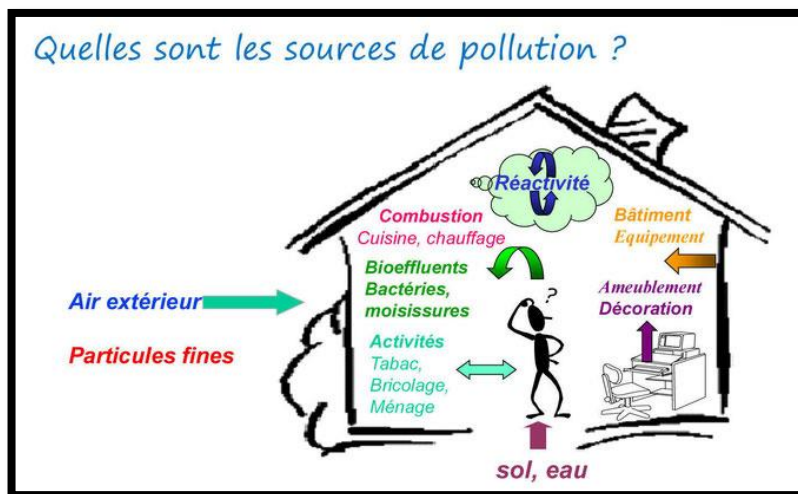


Figure 1: sources de pollutions de l'air intérieur.
 Source : CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie)(2012)

1.4.1 Polluant d'origine intérieure :

1.4.1.A Les polluants physico-chimiques :

Les sources internes des polluants physico-chimiques résultant majoritairement des activités hospitalières et des éléments architecturaux.

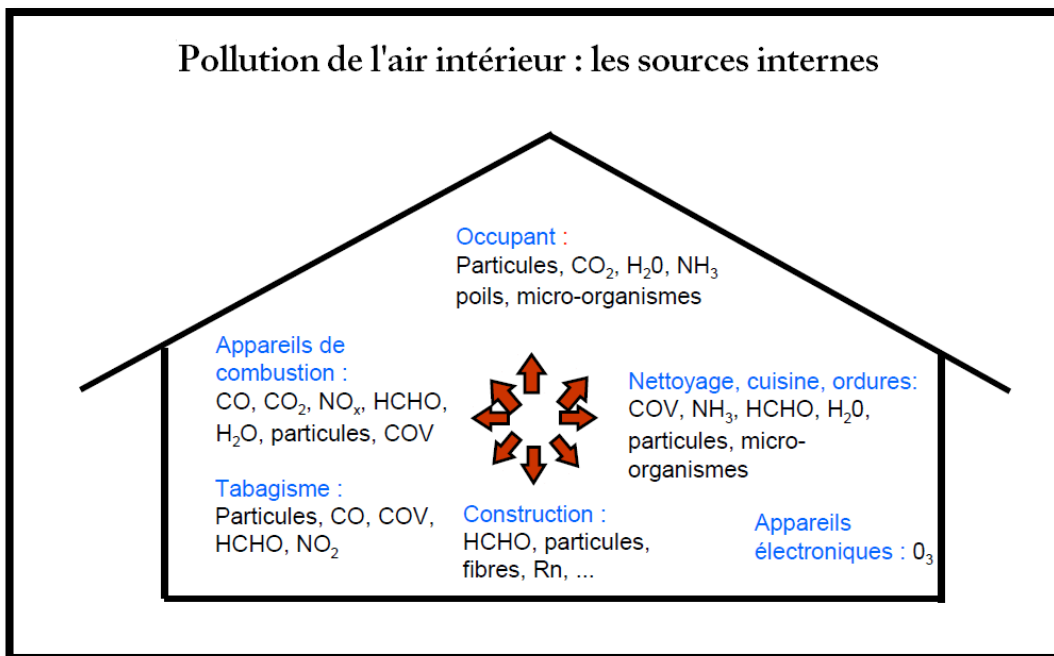


Figure 2: sources de pollutions de l'air intérieur.
 Source: CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie).

1.4.1.B Les polluants endogènes :

Les Sources de pollution endogènes sont généralement d'origine; humaine, environnementale et des activités spécifiques. (Tableau02)

Tableau 1: Sources de pollutions endogènes.
Source : SOFIA(2006).

Sources de pollutions endogènes		
Origine	Nature	Type
Humaine (un individu libère dans l'atmosphère environ 1 000 germes)	Desquamations cutanées, (poussières sédimentation) 30cm/min	Micro biologique
	Gouttelettes de salive, Droplet NUCLEI (périmètre de 1,5m.)	Micro biologique
Environnementale	Germes opportunistes endogènes (aspergillus...)	Micro biologique
	Germes sédimentés sur les surfaces planes remis en suspension (balayage, résection des lits...)	Micro biologique
	Gouttelettes d'eau (douches, humidificateur, respirateurs, nébuliseurs...)	Micro biologique
Activités spécifiques	Gaz d'anesthésie	Chimique
	Composés organiques volatils contenus dans les produits décontaminants ou désinfectants	Chimique

1.4.2 Polluant d'origine extérieure :

Les polluants de l'air des locaux peuvent être produits à l'intérieur ou provenir de l'extérieur puisque dans la plupart des édifices, il y a des échanges d'air continus avec l'extérieur.

La pollution extérieure au bâtiment est essentiellement d'origine atmosphérique et dépend fortement de l'activité économique, en particulier de la circulation automobile, de l'industrie et du chauffage, mais aussi des conditions météorologiques. Elle peut également provenir du terrain sous-jacent (radon). Les concentrations extérieures en polluants dépendent en grande partie de la météorologie : du vent qui transporte les masses d'air polluée, de l'ensoleillement, responsable de la pollution photochimique, des précipitations qui jouent sur le dépôt humide des polluants gazeux et particulaire, ou encore la stabilité de l'atmosphère (cas de l'inversion thermique) qui peut causer la stagnation de la couche polluée¹.

¹ Adrien DHALLUIN, Mémoire de l'École Doctorale (SI-MMEA). LA ROCHELLE « Étude de stratégies de ventilation pour améliorer la qualité environnementale intérieure et le confort des occupants au milieu

Ces polluants extérieurs intéressent nos travaux puisqu'ils pénètrent dans les bâtiments par toutes les ouvertures où il y a échange d'air entre intérieur et extérieur et entre pièces du bâtiment, c'est-à-dire à travers les ouvrants, le système de ventilation, les infiltrations dans les murs.¹

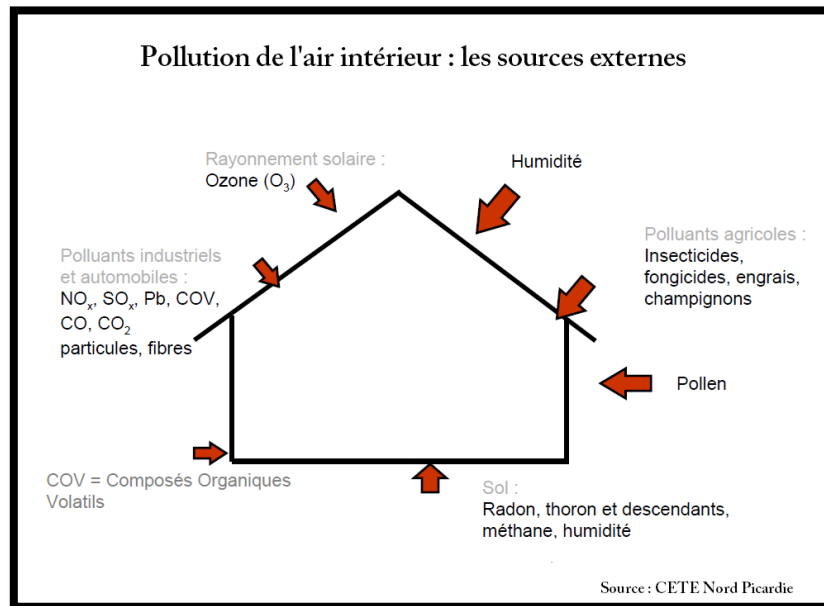


Figure 3 :sources de pollutions-air-extérieur.
Source :CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Nord-Picardie).

1.5 Critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur :

1.5.1 Âge de l'air :

C'est le temps écoulé depuis l'entrée dans un local d'une particule de l'air (le temps que met une molécule d'air venant du soufflage (ou de l'extérieur) et passant un point P donné)².

Il caractérise la « fraîcheur de l'air » et s'exprime différemment suivant la méthode de gaz traceur utilisée et selon si on s'intéresse localement à des zones d'intérêt particulières ou de manière globale dans l'enceinte.³

C'est un critère utile pour identifier les régions où les zones qui sont moins bien ventilées. Les endroits où l'âge de l'air est faible correspondent aux zones où l'air de soufflage remplace rapidement l'air vicié. Dans les zones où l'âge de l'air est élevé, l'air est stagnant et

scolaire.2012.France.302p. [En ligne], <https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/823905/filename/2012Dhalluin30143.pdf> Consulté le : 15/05/ 2018.

¹ Adrien DHALLUIN, op.cit.p166.

² ibidem.

³ Ibidem.

son temps de séjour dans la pièce est élevé. La concentration de contaminants gazeux et particulaires risque d'être plus élevée dans ces régions.¹

1.5.2 Indices de qualité de l'air dans un local :

C'est un indice pour traduire l'exposition à un mélange de polluants, la concentration de chaque polluant du mélange de polluants et sa limite d'exposition sanitaire autorisée, tel que l'exposition au mélange est considérée comme non-dangereuse.

Lorsqu'aucune concentration en polluant n'a dépassé sa valeur limite. Cet indice est notamment applicable pour les composés d'une même famille, ayant les mêmes effets sur l'être humain, comme les COV. Son utilisation est contestable pour caractériser le danger que présente une ambiance composée de plusieurs polluants puisqu'il ne tient pas compte de leurs interactions, dont les effets peuvent être supérieurs à l'addition des effets individuels.²

L'indice de qualité de l'air dans un local est utilisé pour décrire l'efficacité d'un système de ventilation à éliminer les contaminants. Il permet aussi d'exprimer la capacité d'un système de ventilation à extraire les contaminants d'un local isolé.

1.5.3 Nombre de changement d'air :

Nombre de changement d'air par heure (les débits de ventilation à fournir.) Le CAH recommandé varie en fonction du type de pièce à ventiler et dans certains cas en fonction de la densité d'occupation de la pièce exprimé en nombre d'occupant par mètre carré de plancher.³

En connaissant le volume d'une pièce, on peut fixer le débit de soufflage de l'air qui doit être acheminé aux grilles d'entrée d'air. Les systèmes de ventilation doivent être conçus avec soin et pourvus des dispositifs requis pour assurer un réglage précis du débit d'air dans chaque pièce.

Pour tous les systèmes, l'installateur doit fournir une attestation de conformité et le débit réel ne doit pas présenter une différence supérieure à 10 % par rapport au débit prescrit par le concepteur.⁴

¹ Ibidem.

² Adrien DHALLUIN, op.cit.p189.

³ Marion KEIRSBULK, Mémoire de l'école nationale de la santé publique « *qualité et traitement de l'air intérieur en milieu hospitalier : quels risques physico-chimiques* », 2006, Rennes, 91p, [En ligne], <https://documentation.ehesp.fr/memoires/2006/igs/keirbulck.pdf> Consulté le : 18/05/ 2018.

⁴ La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, op.cit.p206.

1.5.4 Efficacité de ventilation :

L'efficacité de ventilation est définie comme étant le pourcentage d'air frais introduit dans une enceinte par rapport à la quantité d'air extraite par les bouches d'extractions.

Un système de ventilation efficace permet de renouveler l'air intérieur plus rapidement. Pour un système idéal, l'efficacité de ventilation est proche de l'unité (100%), ce cas est rarement atteint dans la réalité. L'efficacité de ventilation dépend des paramètres suivants:

- Position des bouches de soufflage et d'extraction.
- Stratégie et scénario de ventilation.
- Propriétés physico-chimiques des gaz et des particules contenues dans l'air intérieur.
- Type de la source de polluant (chimique, biologique)¹.

1.6 La filtration de l'air :

La filtration a pour but de protéger les personnes, la sensation de confort recherchée avec le traitement de l'air n'accepte pas un air chargé de poussières.

Une filtration aléatoire peut conduire à des coûts importants à cause d'arrêts de travail : rhume, grippe, conjonctivites, allergies, etc...²

Il y a toute une série de filtres dans le marché. Ils sont utilisés dans un système de ventilation pour capter et éliminer les contaminants externes et internes. Le choix des filtres est fait selon la taille des contaminants à capter.

1.6.1 Filtration primaire :

Les filtres primaires ont pour objet de protéger les équipements contre les poussières grossières, les fragments de feuilles et les insectes susceptibles de s'y trouver. Des filtres de faible efficacité situés après le plénum de mélange sont utilisés³.

1.6.2 Filtration secondaire :

Les filtres secondaires doivent être changés périodiquement. On procède habituellement à ces changements selon leur degré d'encrassement, indiqué par un différentiel de pression trop élevé.⁴

¹ Salim HAINE, op.cit. p211

² Jean DESMONS « aide-mémoire génie climatique » 3^eédition, Dunod, paris, 2008, 488p

³ La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux, op.cit. p96

⁴ Ibidem.

1.6.3 Les différents filtres :

La dénomination de leur classe dépend de la méthode de mesure utilisée pour les essais. On classe les filtres à couche poreuse en fonction de leur efficacité :

- Filtres à moyenne efficacité (classes G1 à G4) : Filtre plan.
- Filtres à haute efficacité (classes F5 à F9) : Filtre à poches, Filtre plissé.
- Filtres à très haute efficacité ou absolus (classes H10 à H14) : Filtre absolu.¹

1.6.4 Classification des filtres :

Les filtres sont classés selon la nature des éléments à filtrer et la technique d'application (Tableau3).

Tableau 2:Classification des filtres.
source : SOFIA(2006).

Eléments à filtrer	Classe : EN 779	Applications
Insectes, fibres textiles cheveux, sable, cendres, pollen, ciment	G1 G2	Utilisations simples (protection contre les insectes)
	G3 G4	Pré filtre et filtre pour les installations de protection civile Evacuation de l'air des cabines de peinture, des cuisines Protection anti- pollution pour les climatiseurs (par exemple de fenêtre) Pré filtre pour les classes de filtration F6 à F8
Pollen, ciment, particules salissantes (poussière), germes, poussières chargées de bactéries	F5	Filtre sur l'air neuf des locaux à faible exigence (ateliers, garages, entrepôts)
	F5 F6 F7	Pré filtre et filtre pour les centrales de traitement de l'air Filtre final dans les installations de climatisation pour magasins, bureaux et locaux de fabrication Préfiltre pour classes F9 à H12
Fumées d'huile et de suie agglomérées, fumée de tabac, fumée d'oxyde métallique	F7 F5 F9	Filtre final dans les installations de climatisation pour bureaux, locaux de fabrication, hôpitaux, centrales électriques,

¹ Marion KEIRSBULK, op.cit.p116.

		locaux ordinateurs Préfiltre pour filtres absolus et filtres à charbon actif
Germes, bactéries, virus, fumée de tabac, fumée d'oxyde métallique	H10 H11 et H12 H13 et H14 U15 et U16	Filtre final pour locaux à haute exigence, laboratoires, alimentation, pharmacies, mécanique de précision, industrie optique et électronique
	H11 et H12	Filtre final pour salles blanches
Vapeur d'huile et suie en formation, particules radioactives	H13 et H14 U15 et U16	Filtre final pour salles blanches Filtre final pour salle d'opération Filtre final pour évacuation d'air des installations nucléaires

1.7 Efficacité de traitement de l'air :

Le traitement de l'air mise en place dans les établissements de santé a des objectif de confort, de sécurité sanitaire en protégeant de l'aéro-bio contamination dans les enveniment maitrises et dans certains cas de sécurité en protégeant l'enterrement hospitalière¹

1.7.1 Les objectifs du traitement de l'air :

Une environnement confortable peut être obtenu et contrôle par des paramètres tels que l'humidité relative et la température.

Pour protéger un patient fragile de l'aéro-bio contamination, il est possible d'agir soit en prévenant la contamination extérieure à l'aide d'une filtration efficace et d'une surpression protégeant le local de la contamination des autre locaux, soit en éliminant la contamination produit sure place à l'aide d'un renouvellement et la maitrise des flux d'air ce qui « épure » l'air local².

Lorsque le traitement de l'aire a pour ambition de protéger l'environnement hospitalier de la contamination d'un local occupé par un patient infecté, une mise en dépression du local est nécessaire pour créer un isolement septique³.

¹ Marion KEIRSBULK, op.cit.p97.

² Ibidem.

³ Ibidem.

Pour prendre à ces différents objectifs, le système de traitement d'air doit être optimisé dès sa conception mais aussi dans la gestion des paramètres de fonction (débit de soufflage, de reprise, température, hygrométrie ...)¹.

1.8 La qualité de l'air et la ventilation :

Quand on parle de «qualité de l'air» il s'agit implicitement de l'air intérieur. Cette qualité se mesure par le contenu plus ou moins important en éléments nocifs ou gênants. Pour éviter le terme «polluants», généralement réservé à la pollution extérieure, nous appelons ici «contaminants» ces éléments nocifs ou gênants «intérieurs». Il s'agit de gaz neutre ou radioactifs ou de particules inertes ou vivantes.

1.8.1 Différents paramètres de l'air :

Le (tableau04) illustre les différents paramètres de l'air.

Tableau 3: les paramètres de l'air.

Source : SOFIA(2006).

Traitement	Effet	Paramètre physique	Unité de mesures	Instruments de mesures	Moyens techniques d'obtention
Filtration	*Elimination de particules.	*Classe d'empoussièrement.	Concentration particulaire.	Compteur de particule (0.5µm et 5µm).	*filtre
	Elimination des microorganismes	classe bactériologique.	* UFC unité formant colonie	*appareil à filtration ou impaction sur milieu gélosé	*système de renouvellement d'air
insufflation et /ou Aspiration	Changement de pression de la pièce par rapport à la pression atmosphérique	Pression	Bar, pa	Manomètre capteur de pression	VMC
	Maitrise des flux d'air	Classe d'empoussièrement et bactériologique	Concentration particulaire et UFC		Hotte, système de soufflage
Humidification	Condensation de l'eau	Hygrométrie Taux d'hygrométrie	Hygrométrie		Humidificateur
Chauffage et ou rafraichissement	Chaleur	Température	°. K	Thermomètre	Chauffage, climatisation

1.8.2 Point Réglementaire et normatif :

La législation relative aux traitements d'air et à sa qualité est un thème abordé dans:

¹ Ibidem.

- Les Codes du travail concernent l'aération des locaux de travail, les réglementations sanitaires
 - Les Normes ISO concernent la définition et le classement des salles selon la qualité de l'air.
 - Les Codes des constructions définissent les caractéristiques thermiques des bâtiments et équipements, la sécurité contre l'incendie.
- Pour les établissements de santé, il existe quelques recommandations spécifiques¹.

En Algérie la réglementation législative concernant la ventilation est présentée par le décret N°91-175 et étayé par des règles de calcul du DTR-C-3.1².

Pour les hôpitaux en a l'arrêté interministériel du 22 octobre 1988 qui fixe les normes techniques sanitaires et les conditions de fonctionnement. (Voir annexe I)

1.8.3 La ventilation:

Seul le renouvellement permanent et régulier de l'air permet de maintenir la maison à un état hygrométrique voisine à celui de l'air extérieur et d'éviter ainsi le dépôt d'humidité dans la maison³.

Si une installation de ventilation a pour rôle principal d'assurer les apports d'air neuf nécessaire, elle permet également de contrôler différent paramètres d'état de l'air dans un local (températures, humidité, pureté, mouvement).

La ventilation participe aussi à l'élimination des polluants intérieurs, mais il vaut mieux pour cela recourir à l'aération⁴

1.8.3.A Définitions :

- **Aération** : renouvellement naturel de l'air en vue de maintenir la salubrité de l'atmosphère d'un local.
- **Ventilation** : technique d'assainissement de l'air basée sur la dissolution des polluants par un apport d'air neuf en opérant par balayage.
- **Climatisation** : ensemble des opérations créant et maintenant dans un local des conditions déterminées de température, d'humidité, de vitesse et de qualité d'air.

¹ Marion KEIRSBULK, op.cit.p101.

²B. BENRACHI et H. HOUARI *Sciences & Technologie* – N°18, Décembre (2002), pp. 123-132. « Exigences techniques dans la construction et réglementations ». (2002), p128,[En ligne], <http://revue.umc.edu.dz/index.php/a/article/download/1823/1943>. PDF , Consulté le : 26/06/2018.

³ Paul DE HAUT « *Chauffage, isolation et ventilation écologique* » 2e édition, Eyrolles, 2011, BLD saint-germain p 91.

⁴ Ibidem.

- **Conditionnement d'air** : traitement permettant de régler simultanément les caractéristiques de l'atmosphère d'un local : température, hygrométrie, pression et propreté particulaire.¹
- **Rafrachissement** : une installation de rafraîchissement améliore, durant les saisons chaudes, le confort des locaux traités.²

1.8.3.B L'Objectif de la ventilation et de la climatisation d'air :

La ventilation et la climatisation permettant d'obtenir le climat intérieur souhaité.

Selon les exigences une ou plusieurs des tâches suivant être accomplies :

- Alimentation en air extérieur : dans la pièce de séjours, l'air expiré enrichi en CO₂ par les Person doit être renouvelé avec de l'air neuf.
- Evacuation des charge thermique : afin de maîtriser la température ambiante, les charges du local doit être remplacé (chauffage et refroidissement) doivent être éliminées. à cet effet, il convient d'alimenter le local en air chaud ou froid selon le cas.
- Evacuation des charge humides ; afin de maîtriser l'humidité de l'air ambiant, le local doit être alimenté en air humidifié ou déshumidifié, selon qu'il y trouve des sources d'humidité ou de déshumidification.
- Maîtrise de la qualité de l'air : afin de maîtriser la concentration autorisées en agents contaminant dans les locaux, l'air contaminer doit être remplacé par de l'air pur. On entend par agent contaminant de conséquences nuisibles à la santé.³

1.8.3.C Les techniques de ventilation :

L'objectif de la ventilation et de climatisation de l'air est bien plus ambitieux de maîtriser l'air ambiant, notamment en ce qui concerne sa température, son humidité et sa qualité. Les exigences concernant la qualité de l'air ambiant différant selon le type de pièce. Pour les pièces d'habitation, la ventilation naturelle en ouvrant la fenêtre suffit. En revanche, pour certaines Equipement, comme les hôpitaux, les cliniques, etc. ...l'établissement d'un système de ventilation doit être en mesure de contrôler avec précision la qualité de l'air ambiant souhaitée.⁴

Deux stratégies de ventilation sont souvent utilisées dans les hôpitaux. La ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres et des portes, ainsi que la ventilation mécanique qui porte sur l'ensemble des installations de l'immeuble pour assurer un bon fonctionnement du

¹ Marion KEIRSBULK, op.cit. p101.

² Association des ingénieurs en climatique, ventilation et froid (France) « Conception et calcul des installations de ventilation des bâtiments et des ouvrages » Volume 01, 1992, Pyc edition, Ivry-sur-Seine, p 91.

³ Recknagel SPRENGER, op.cit. p1007

⁴ Ibidem.

chauffage et de l'air conditionné. La combinaison entre les deux modes est une ventilation hybride (combinaison entre la ventilation naturelle et mécanique)¹.

➤ **Ventilation naturelle :**

Le renouvellement de l'air génère par la force ascensionnelle naturelle de l'air lors de différences de température ou bien par l'effet du vent².

Elle consiste à simplement gréer des courant d'air dans le logement par le biais d'orifice d'entrée de partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièce humide³

Dans ce dispositif le débit est très mal contrôlé car il dépend du vent des conditions climatiques de la saison Et peut conduire à une sous-ventilation ou un contraire à une sur-ventilation occasionnant des besoins inutiles en chauffage⁴ (figure15).

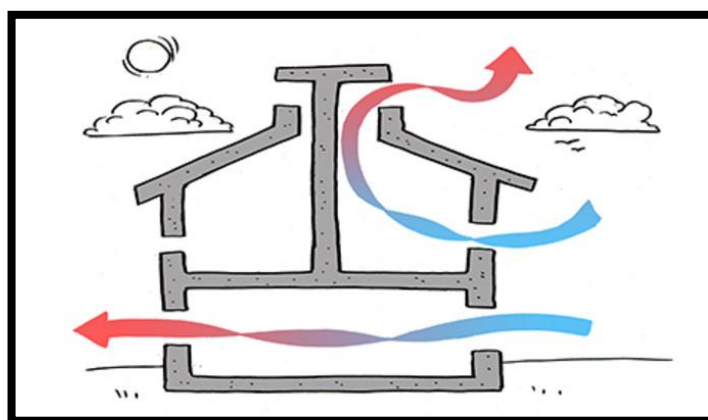


Figure 4:ventilation naturel.

Source: CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Nord-Picardie) (2012)

• **L'effet du vent :**

L'effet du vent les différences de pression qui apparaissent sur la façade face au vent (surpression) et sur les façades sous le vent (dépression), induisent un balayage de l'air à travers les différentes ouvertures (défaut d'étanchéité, entrée d'air, débouché de conduit), depuis les zones en surpression vers celle en dépression.⁵

• **Le tirage thermique :**

Le tirage thermique Les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment engendrent des différences de densité de l'air et donc de gradient de pression dans

¹ Salim HAINE, op.cit. p69.

² Recknagel SPRENGER, Ibidem.

³ Paul DE HAUT, op.cit. p92.

⁴ Ibidem.

⁵ Adrien DHALLUIN, op.cit. p86

ces deux zones, à l'origine de la circulation d'air. Ainsi, lorsque l'air intérieur est plus chaud que l'air extérieur, ce dernier va entrer par les ouvertures de la partie basse du bâtiment et ressortir par les ouvertures de la partie haute¹.

➤ **Ventilation mécanique :**

La ventilation mécanique désigne tout un dispositif comportant au moins un équipement motorisé d'évacuation et/ou d'alimentation forcée d'air. Elle a pour rôle de faciliter l'aération des pièces en évacuant l'air vicié et en le renouvelant par de l'air frais provenant de l'extérieur.²

• **Ventilation mécaniquement contrôlée :**

La ventilation mécanique contrôler (VMC) est devenue le complément indispensable d'une bonne isolation et d'un chauffage performant.

Elle assure à la fois la maîtrise de l'humidité et du renouvellement d'air de votre logement, tout en limitant fortement la déperdition de thermies pour les modèles à double flux³.

Nous distinguons deux types de ventilation mécaniques :

• **La VMC simple flux :**

Permet de renouveler l'air en mettant les pièces en légères dépressions. Cette VMC est constituée d'un groupe d'extraction de l'air relié par un réseau de gaines à des bouches d'extraction calibrées pour un débit d'air donné Le renouvellement d'air se fait par l'aspiration de l'air des autres pièces et de l'extérieur par les portes et les fenêtres non totalement étanches.⁴

➤ **La VMC simple flux par extraction :**

Avec ce système, l'air circule des entrées d'air (fixes ou auto-réglables) prévues en façade vers les bouches d'extractions, où l'air vicié est extrait vers l'extérieur à l'aide d'un ventilateur.

Ce système n'est pas adapté aux bâtiments situés dans des environnements bruyants et pollués ou encore des bâtiments de grande hauteur, en raison respectivement de l'absence de filtration de l'air neuf, d'un isolement acoustique limité des entrées d'air et d'une distribution des flux aléatoire.⁵ (Figure16).

¹ Ibidem

² **Salim HAINE**, op.cit. p70

³ **Paul DE HAUT**, op.cit., p91

⁴ **Marion KEIRSBULK**, op.cit. p 102

⁵ **Adrien DHALLUIN**, op.cit. p87

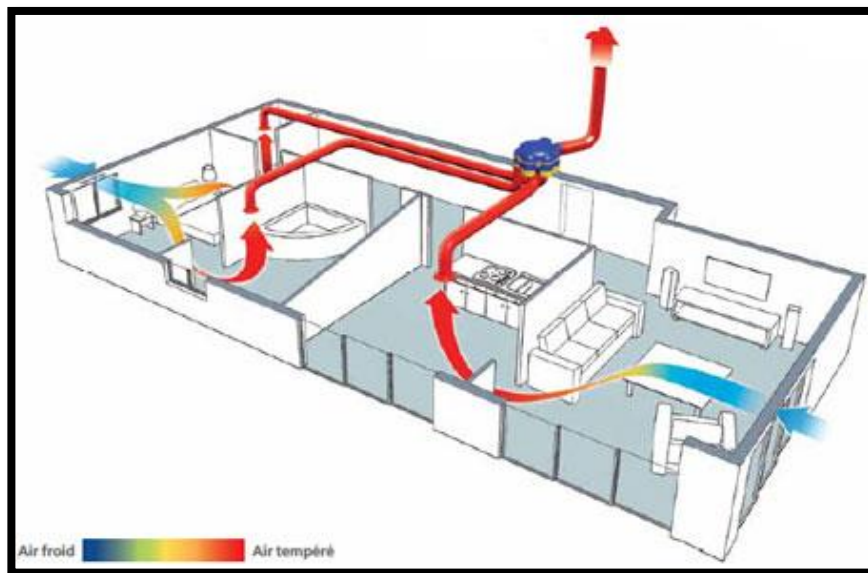


Figure 5: La VMC simple flux par extraction.

Source : CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie) (2012)

➤ La VMC simple flux par insufflation :

L'air neuf est mécaniquement insufflé dans les pièces principales des logements ou directement dans la salle de classe dans notre cas d'étude, et l'air vicié est évacué par des bouches d'extraction naturelles dans les pièces de service ou en façade du bâtiment (Figure 17).

Contrairement à la VMC par extraction, le système par soufflage met ainsi le bâtiment en surpression par rapport à l'environnement extérieur et permet de limiter le transfert des polluants de l'air extérieur et les infiltrations de l'air. Il présente également la possibilité de préchauffer et filtrer l'air neuf avant sa distribution¹.

Cependant, ce système ne permet pas d'extraire les polluants à la source d'émission et la mise en surpression peut entraîner le transfert de l'humidité et donc la condensation dans les parois².

¹ Adrien DHALLUIN, op.cit. p88

² Ibidem

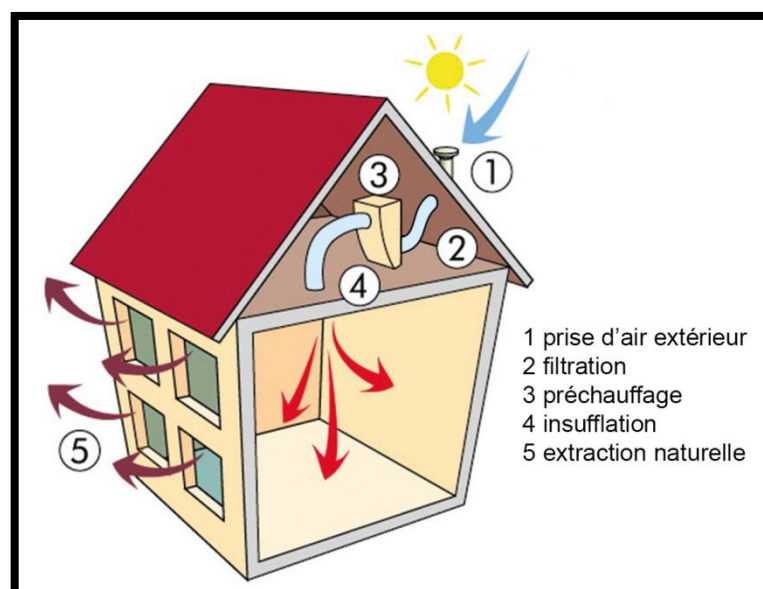


Figure 6: La VMC simple flux par insufflation.

Source: CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie) (2012)

➤ La VMC double flux :

Permet de maintenir la pièce en légère surpression. Il comprend un groupe extracteur de l'air vicié, un groupe d'insufflation de l'air neuf et un échangeur récupérateur qui permet de préchauffer l'air insufflé par l'air vicié extrait.¹

Ce système est la combinaison des systèmes d'insufflation et d'extraction mécanique. Il est composé de deux ventilateurs indépendants avec deux réseaux de conduits séparés, l'un pour le soufflage d'air neuf et l'autre pour l'extraction de l'air vicié.²

La VMC double flux permet ainsi une meilleure maîtrise des débits insufflés et extraits, qui peuvent être modulés. L'équilibre des débits rend ce système efficace et peu dépendant des défauts d'étanchéité. Toutefois en cas de déséquilibre, il est préférable d'être en légère dépression plutôt qu'en légère surpression, ce qui présenterait les inconvénients d'un système à insufflation seule.³

Ce système permet la récupération de chaleur sur l'air extrait ce qui limite les risques de courants d'air froid sur le soufflage d'air neuf, et minimise les pertes de chaleur par ventilation.⁴

¹ Marion KEIRSBULK, op.cit. p103

² Adrien DHALLUIN, op.cit. p89

³ Ibidem.

⁴ Ibidem.

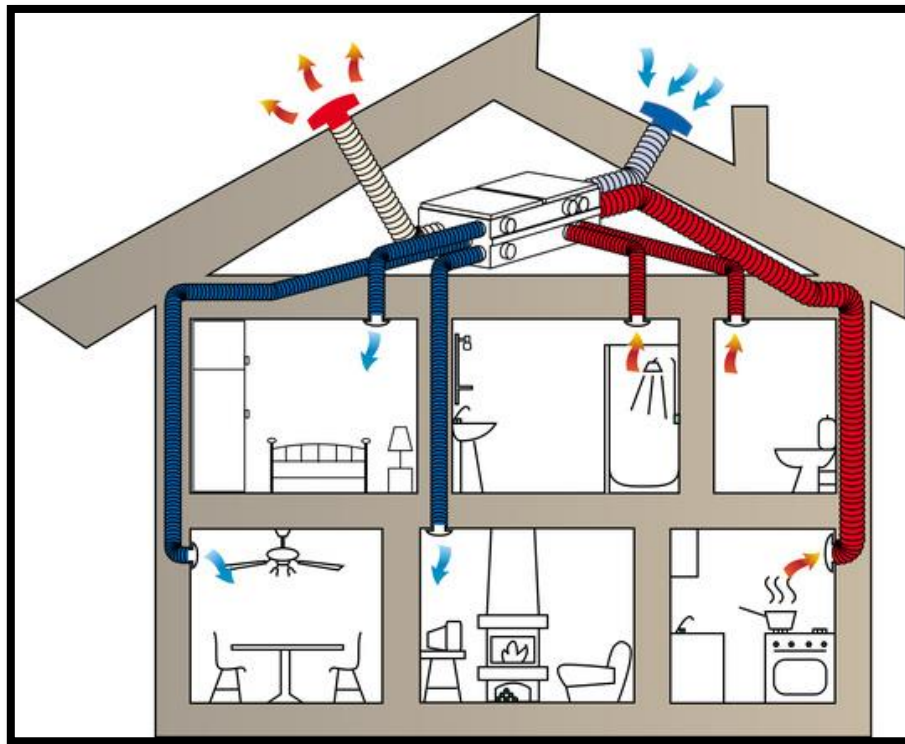


Figure 7: ventilation-double-flux.

Source: CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipe Nord-Picardie) (2012)

1.8.3.D Stratégies de ventilation :

Après être traité dans les central de traitement d'air (CTA), l'air circule dans un réseau des gaines, puis est insufflé à travers des grilles dans les pièces à traiter on parle alors de diffusion d'air¹.

Pour distribuer de l'air dans un local, il existe des méthodes principales :

- **Ventilation par mélange :**

L'air traité et introduit par la bouche de soufflage à une vitesse suffisante pour entraîner l'air du local et obtenir ainsi un mélange, cette méthode est la plus utilisée².

Le principe de cette stratégie de ventilation consiste à faire introduire l'air neuf dans un local et le diluer avec l'air du local.

L'air neuf est introduit dans le local au-dessus de la zone d'occupation, c'est à dire à proximité du plafond. L'air est soufflé à une vitesse relativement élevée et mélangé avec l'air ambiant, pour atteindre une température et une concentration de contaminant uniforme dans la zone occupée.

¹ Patrick JACQUARD et Serge SANDRE « La pratique de la climatisation et du chauffage thermodynamique » 3ème édition, PYC EDITION, 2012, France, p222

² Ibidem

- **Ventilation par déplacements :**

L'air est diffusé par un mouvement pratiquement unidirectionnel à hauteur du sol dans la zone de confort. Au contact des sources chaudes (personnes, machines), l'air se réchauffe et se déplace en partie haute du local ou il est évacué.¹

Ce système permet généralement de tenir la concentration des contaminants dans la zone d'occupation à une valeur inférieure à la concentration près du plafond où se trouve la bouche de reprise. La stratégie de ventilation par déplacement exige moins d'énergie que la ventilation mixte. Cependant, le débit et la température de l'air de soufflage doivent être contrôlés adéquatement pour assurer l'efficacité du système. De plus, cette stratégie n'est pas envisageable dans certains cas comme les salles d'opération et les unités de bronchoscopie.

- **Tirage par simple ouverture :**

Cette ventilation implique une surface d'ouverture environ 1/20 de la surface du plancher à ventiler, elle ne sera pas très efficace si l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est limité.²

- **Ventilation traversant :**

Une meilleure stratégie de ventilation naturelle où les débits d'air deviennent principalement dépendants de la vitesse du vent, il faut limiter la vitesse du flux d'air traversant.

Pour ne pas générer de gêne ni de gaspillages thermiques en hiver, pour assurer ce type de ventilation il faut prendre en compte :

- La forme intérieure, et obstacle
- Réguler le flux traversant construction de profondeur limitée dans l'axe du vent³.

1.8.4 Climatisation :

Une installation de climatisation assure en toute saison des ambiances confortables, dont les paramètres ont été fixés à l'avance son rôle est :

-D'équilibrer les charges sensibles, soit par un apport d'énergie thermique en cas de déperditions soit par une évacuation d'énergie thermique en cas d'apports de chaleur⁴

-D'équilibrer, en partie, les charges latentes, généralement durant les saisons chaudes, par une déshumidification.

¹ Ibidem

² Armand DUTREIX. Op.cit. p217.

³ Armand DUTREIX, op.cit. p218

⁴ Association des ingénieurs en climatique, ventilation et froid (France), op.cit. p26

1.8.4.A Conditionnement d'air :

Une installation de conditionnement d'air assure un nombre important de « fonction » son rôle est d'équilibres en toutes circonstance :

- les charges thermiques (chauffage et refroidissement)
- les charges latentes (humidification déshumidification)

Conclusion :

Le confort est une notion subjective. Une ambiance donnée peut satisfaire un individu et pas un autre. En effet, le confort dépend de nombreux facteur en dehors de l'ambiance elle-même. Ces facteur sont : la santé, l'Age, la façon dont on est vêtu, les habitudes, l'état psychologique du moment, etc.

Il est donc presque utopique d'espérer satisfaire la totalité des individus se trouvant dans une même enceinte climatisée ¹

L'hôpital constitue un univers dans lequel de nombreuses sources d'émission de substances chimiques de nature très diverses sont présentes. Elles peuvent conduire à une exposition chronique du personnel qui y travaille. Le problème d'une relation entre cette exposition et ses conséquences sur la santé du personnel hospitalier est posé.

Certains polluants de l'air intérieur viennent de l'extérieur, mais la plupart sont émis à l'intérieur même des bâtiments. Le mobilier et les matériaux de construction peuvent également émettre des polluants. Par ailleurs, l'humidité et le manque de ventilation peuvent aggraver la pollution de l'air intérieur.

Il est très difficile d'évaluer les risques pour la santé de la pollution de l'air intérieur étant donné qu'il peut contenir plus de 900 substances chimiques, ainsi que des particules et matériaux biologiques pouvant entraîner des effets sur la santé. La ventilation, l'état de propreté, les caractéristiques du bâtiment, les produits utilisés par les ménages, les habitudes culturelles, le climat et l'environnement extérieur sont autant de facteurs qui influent sur la qualité de l'air intérieur.

¹ Jean DESMONS, op.cit. p312

**Chapitre
02**

**Approche
conceptuelle sur les
équipements
sanitaires**

Introduction :

L'architecture de santé est focalisée sur la protection physique et morale des patients contre les risques externes et internes. Cette protection doit garantir un confort convenable, des conditions sanitaires appropriées et un milieu rassurant.

L'architecture hospitalière est une projection en quatre dimensions de la stratégie d'un établissement et de la vie qui l'anime avec les spécificités propres à chaque établissement : humanisation, lutte contre les infections nosocomiales, flexibilité et la maîtrise de la gestion financière.¹ Un équipement sanitaire réunit un enchaînement de fonctions: recherche, logement, enseignement, et administration. Ça qui exprime la difficulté du projet d'un établissement de santé, il nécessite une planification systématique. Pour apporter une réponse architecturale, technique, et économique au programme. C'est pour cela il est recommandé de faire une liaison entre les intervenants du projet ; les architectes, les médecins et les ingénieurs spécialisés.

Les hôpitaux et les établissements de soins ont une longue durée de vie. Donc il faut :

- Maintenir l'aspect visuel d'un bâtiment durant plusieurs années et garantir une homogénéité de design ; est un vrai challenge pour les équipes de maintenance.
- Les matériaux de construction doivent résister à un nettoyage et une désinfection sans que cela diminue leurs performances. Les surfaces résistent aux méthodes classiques de nettoyage et de désinfection utilisées dans le secteur de la santé.

2.1 Notion sur la santé :

2.1.1 Définition de la santé :

Santé vient de l'adjectif Sanitas, sanitas signifie « santé du corps », mais aussi « santé de l'esprit, raison, bon sens ». Sanitas renvoie à sanus qui signifie « sain », mais aussi « raisonnable, sensé, sage ²».

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) donne une définition générale de la santé ; La santé est un état de complet bien-être Physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. La possession du meilleur état de santé qu'il est capable d'atteindre constitue l'un des droits fondamentaux de tout être humain,

¹ARFAOUI Chedia et all, « Hygiène hospitalière et lutte contre les infections associées aux soins », (2008), p33, [en ligne], <http://sotugeres.org/wp-content/uploads/2016/05/HYGIENE-HOSPITALIERE-ET-LUTTE-CONTRE-LES-INFECTIIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS.pdf> consulté le 28 Avril 2018

² La santé et la vie, <https://journals.openedition.org/philosophiascientiae/101> Consulté le 21/04/2018

Quelles que soient sa race, sa religion, ses opinions politiques, sa condition économique ou sociale¹.

2.1.2 La santé en Algérie :

La stratégie de développement, du secteur de la santé est axée sur l'accès équitable pour tous les citoyens et sur l'amélioration de la qualité du soin dispensé.

- Constitution relative au droit de travail :

Art 54 :« Tous les citoyens ont droit à la protection de leur santé. L'état assure la prévention et la lutte contre les maladies épidémiques et endémiques²»

- Loi sanitaire 85.05:

Art 4 :« Le Société nationale de sidérurgie se définit comme des activités et des ressources humaines matérielles et financières, destinées à assurer la protection, la promotion, l'amélioration, l'évaluation, la surveillance ainsi que le maintien ou le rétablissement de la santé de la population³»

2.1.3 Organisation du système sanitaire en Algérie :

L'organisation du système sanitaire en Algérie est fondue pour l'objectif d'améliorer la prise en charge du patient, réduire son déplacement et reprendre au Maximum des besoins des citoyens.

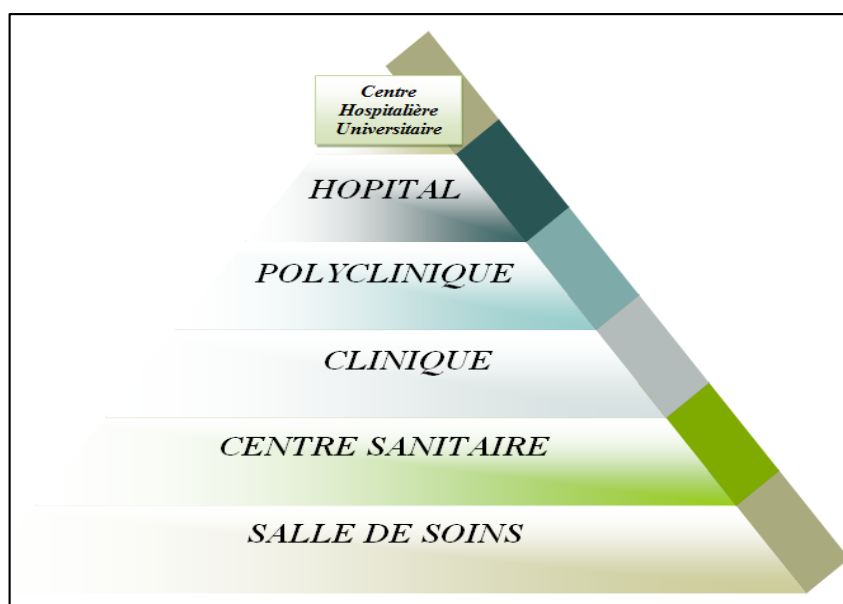


Figure 8:Pyramide sanitaire en Algérie.

Source: Auteur.

¹ Ce texte figure dans la « Constitution de l'organisation mondiale de la santé » qui a été publiée en 1946.

² Pr.L.CHACHOUA, « Le système national de santé 1962 à nos jours », (2014), p02, [en ligne] http://www.sante.dz/colloque/docs/01_systeme_sante_chachoua.pdf consulté le 21/04/2018

³ Ibid. p 05

2.1.4 Structure sanitaire en Algérie :

Le système sanitaire en Algérie est réparti en deux catégories ; les infrastructures hospitalières et les structures de proximité.

Tableau 4: Structure sanitaire en Algérie.
Source: Pr.L.CHACHOUA (2014).

Infrastructures hospitalières	Structures de proximité
14 CHU (centre hospitalier universitaire)	271 EPSP (Etablissements publics de santé de proximité)
1 EHU (établissement hospitaliers universitaire)	1375 polycliniques
5 EH (établissement hospitalier)	5376 salles de soins
68 EHS (Etablissements Hospitaliers spécialisés)	
195 EPH (Etablissements publics hospitaliers)	

2.2 Evolution historique des équipements sanitaires :

Les équipements sanitaires sont toujours nés dans des contextes précis : politique, social, économique, médical architectural, et progrès technique-scientifique.

Après plus de 1500 ans d'évolution, l'hôpital est « une vieille dame » au passé complexe et tumultueux. Son histoire ne constitue pas un ensemble cohérent évoluant d'une structure simple, cléricale et peu efficace vers une structure complexe, laïque, totalement efficace. Même si, en effet, son nom et ses murs existaient bien avant sa véritable fonction médicale.¹

2.2.1 Les trois principales étapes de l'évolution des hôpitaux :

2.2.1.A L'hôpital religieux et charitable, du 6ème au 16ème siècle :

Pendant environ un millénaire, ne sachant soigner les corps, on se préoccupe du sort des « âmes ». Les ecclésiastiques soulagent la misère humaine dans « les enfermeries » des monastères. L'isolement (maladreries, lazarets, ...), les « simples », l'eau vinaigrée et la

¹ Alain BUGNICOUR. « Introduction à la typologie et l'histoire des hôpitaux », (2007), p1, [en ligne] <http://alain.bugnicourt.free.fr/cyberbiologie/bioramapub/typologie0.pdf> Consulté le 26/04/2018

construction des cathédrales » sont les principales armes pour lutter contre les grandes épidémies qui déciment l'Europe¹.

- **Typologie:**

hôpital-chapelle, maison-hospitalière et surtout hôtel-Dieu souvent en forme de cloître.



Figure 9: Salle de malades de l'hôtel dieu au XVI siècle.

Source: Catherine FERMAND (1999).

2.2.1.B L'hôpital de bienfaisance et d'assistance, aux 17^{ème} et 18^{ème} :

L'hôpital quitte progressivement la tutelle ecclésiastique pour sombrer dans « l'hôpital du grand enfermement » qui cohabite avec de nombreuses organisations altruistes².

- **Typologie:**

palais-hospitalier classique, souvent plan linéaire ou en U avec cour(s). (Figure 03).

¹ Ibid., p2

² Alain BUGNICOUR. , op.cit..., p02

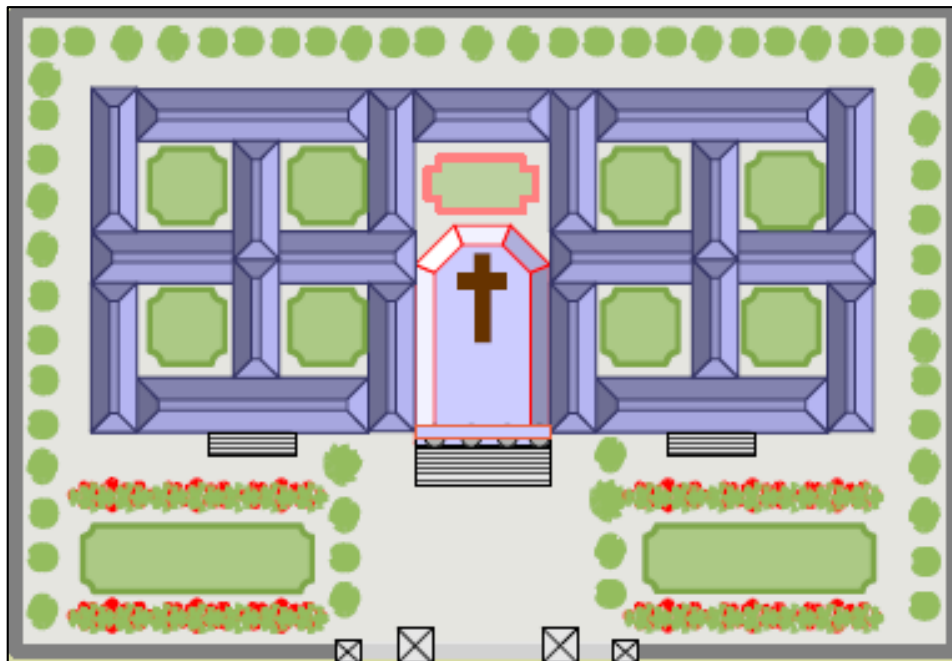


Figure 10 : Plan sur cours multiples.

Source: Alain BUGNICOUR(2007).

2.2.1.C L'hôpital laïc moderne :

- 1ère partie -> l'hôpital hygiéniste du 19ème siècle.
- 2ème partie -> l'hôpital scientifique du 20ème siècle.

Amorcée au 17ème siècle, la laïcisation de l'hôpital survient brutalement au 18ème siècle (1789). L'accumulation rapide de connaissances fondamentales (anatomie, hygiène, anesthésie, ...) permet la naissance de l'hôpital public dans lesquels médecins et chirurgiens guérissent enfin leurs patients ... Le béton armé, la sécurité apportée par les antibiotiques, l'importance des plateaux techniques ... et le « génie des architectes » engendrent l'hôpital moderne¹.

- **Typologie:**

Hôpital pavillonnaire dispersé ou « en peigne », hôpital monobloc, tour(s) sur socle puis hôpital-rue poly blocs. (Figure 04)

¹ Ibid,p03



Figure 11: Hôpital poly-blocs.

Source: Catherine FERMAND (1999).

2.3 Les enjeux des équipements sanitaires :

2.3.1 Le confort thermique, visuel et sonore :

Le confort est pénible pour le bien-être, pour la santé des malades et pour admettant au personnel médical de profiter de meilleures conditions. Le confort peut être établir par ¹:

- filtrer l'air intérieur et la lumière naturelle ou laisser le jour entrer.
- protéger leur intimité.
- préservé toujours leur confort en recouvrant le contrôle sur les automatismes.
- l'hôpital type Fontenoy 1974.

2.3.2 La performance énergétique :

L'amélioration de la performance énergétique des bâtiments admet de limiter l'envoi à l'emploi d'énergie de la climatisation et de chauffage, et préserver les ressources naturelles.

2.4 L'impact des facteurs ambiants sur la santé des patients hospitalisés :

Les facteurs ambiants sont variés, mais les plus effectués sont : le bruit, la lumière, la qualité de l'air et la présence de la nature.

Multiples études présentent l'effet proprement thérapeutique d'un contact avec la nature des patients. L'étude qui fait référence est celle de RS Ulrich, directeur du centre pour les systèmes de santé et le design à l'université A&M au Texas : elle montre que parmi des malades ayant enduré une même opération, les patients placés du côté arboré ont des réactions

¹ SOMFY. « Donner plus de bien-être à la santé »(2013), p4. [En ligne]
[https://service.somfy.com/downloads/buildings/9017746_sectoriel-sante_0713bd .pdf](https://service.somfy.com/downloads/buildings/9017746_sectoriel-sante_0713bd.pdf) , Consulté le: 27/04/ 2018

opérateurs plus primitifs et prennent moins de médicaments, que ceux dont les chambres donnent sur un stationnement¹.

2.5 Planification et conception des équipements de santé :

2.5.1 Terrain :

Il doit offrir une capacité suffisante pour contenir à l'intérieur de son périmètre logements et services d'hôpital. Principale exigence : situation calme. La réglementation (locale) doit exclure toute évolution gênante ultérieure. Aucun préjudice ne doit provenir du brouillard, du vent, de la poussière, des odeurs et des insectes. Le terrain à bâtir doit être sain. Prévoir suffisamment d'espaces libres pour de futures extensions.²

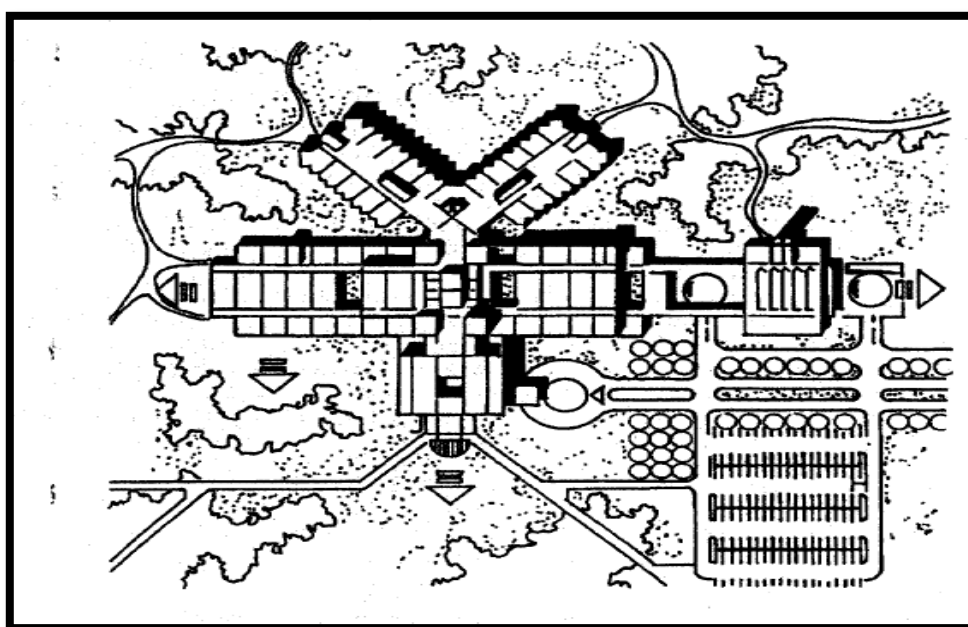


Figure 12:Modèle de centre médical.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

La (figure05) illustre une proposition d'un centre médical avec la possibilité de l'extension du bâtiment dans trois directions, séparation de la circulation des piétons et des urgences.

2.5.2 Orientation :

«L'exposition la plus favorable pour les salles de soins et les locaux de service est au nord, de nord-ouest à nord-est. L'exposition au sud-sud-est est favorable pour les façades des chambres des malades : soleil agréable le matin, faible accumulation de chaleur, peu de

¹ **RS Ulrich, et all.** « view through a window may influence recovery from surgery», Science 224, 420 (1984),[En ligne], https://is.muni.cz/el/1423/podzim2011/HEN597/um/Readings_Env_Psy/Ulrich_1984.pdf Consulté le: 27/04/2018

² **Ernest NEUFERT.** « *Les éléments des projets de construction* » 8e édition.Dunod, Paris, (2002), ISBN 2-1 0-005759-6, p481

protections contre le soleil et chaleur tempérée le soir. En revanche, les pièces exposées est-ouest ont un ensoleillement plus fort en été mais peu de soleil en hiver. Dans les hôpitaux à courte durée de séjour, la situation des chambres n'est guère importante. Certaines spécialités médicales exigent même des pièces côté nord pour que les malades ne soient pas directement exposés à la lumière solaire.»¹

2.5.3 Conception :

2.5.3.A Conception extérieur :

Il est recommandé dans la conception extérieur de :

- Aménager l'espace extérieur par des végétations ou comprend un parc, pour garantir une isolation acoustique et permettre d'ouvrir les fenêtres sans problèmes²

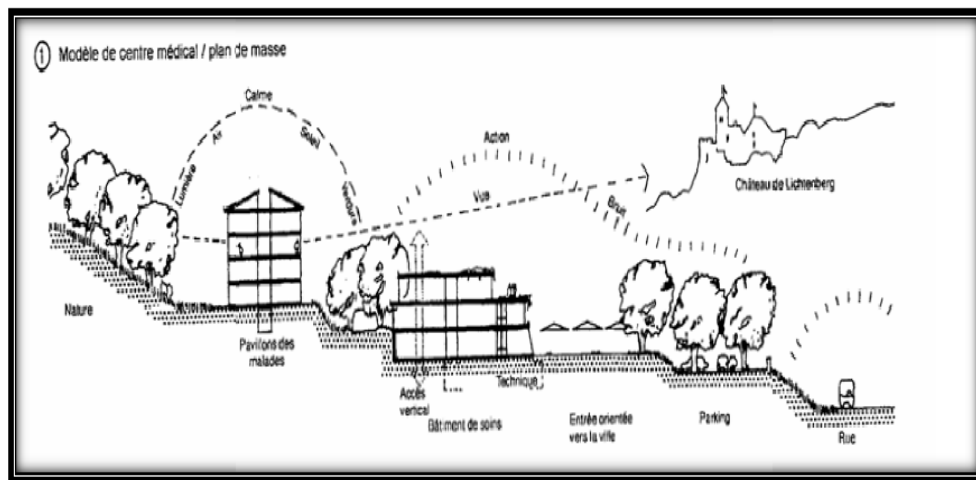


Figure 13:Modèle de centre médical.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

- Orienté les pavillons des malades le long du mur d'enceinte ; protection contre le bruit de la circulation ; toutes les chambres des malades donnent sur le parc. (Figure07)

¹ Ernest NEUFERT, op.cit. , p481

² Ibidem.

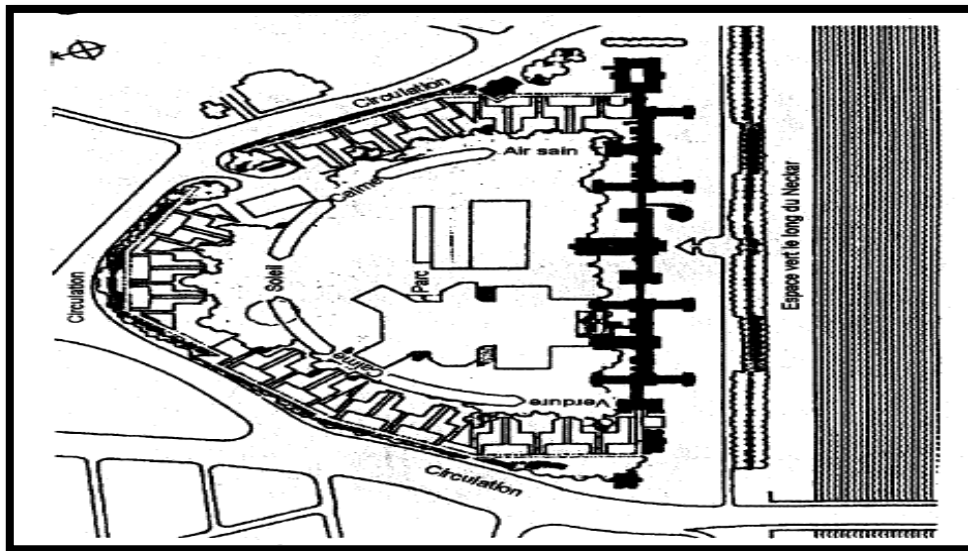


Figure 14: Modèle de centre médical.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

- Séparé les accès ; Accès interdit aux voitures particulières ; parking pour le personnel a l'arrière des pavillons des malades. (figure08)

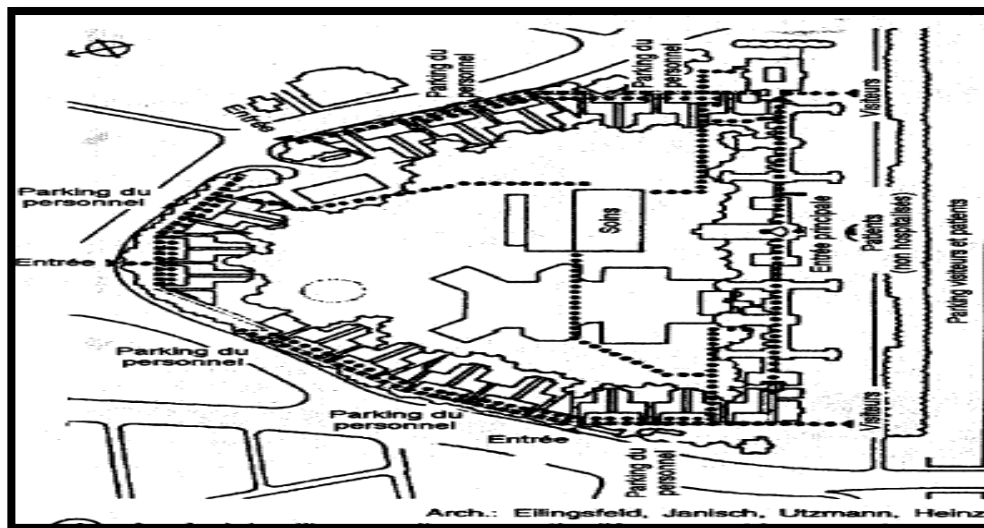


Figure 15:Modèle de centre médical.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

2.5.3.B Conception intérieur :

➤ La circulation horizontale :

- Les dégagements doivent être dimensionnés de façon à recevoir la plus grande circulation prévisible.

- Les dégagements ouverts à toute circulation doivent avoir au moins 1,50 m de largeur. Les dégagements dans lesquels sont transportés les malades couchés devraient avoir une largeur utile de 2,25 m minimum.

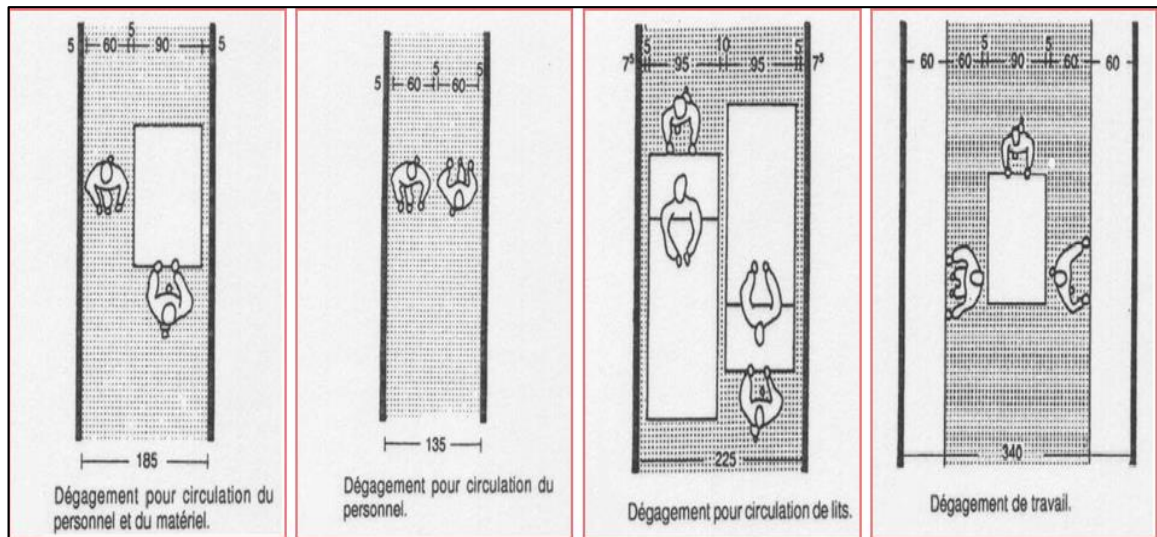


Figure 16:Dimensions des dégagements.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

➤ **La circulation verticale :**

- **Les escaliers :**

La largeur utile des escaliers et perrons d'escaliers doit être d'au moins 1,5m et ne peut dépasser 2,5m.

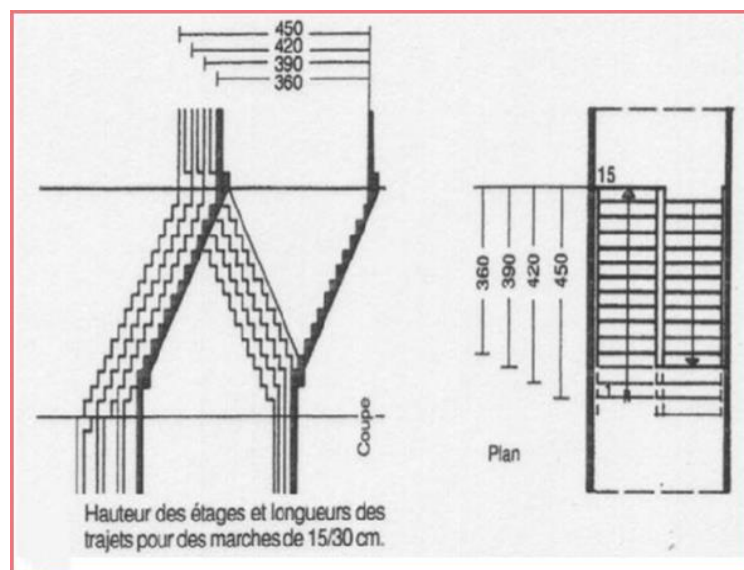


Figure 17:Dimensions de la cage d'escalier.

Source: Ernest NEUFERT(2002).

- **Les ascenseurs :**

Les cabines d'ascenseurs pour lits doivent être dimensionnées de sorte qu'il y ait suffisamment de place pour un lit et deux accompagnateurs.

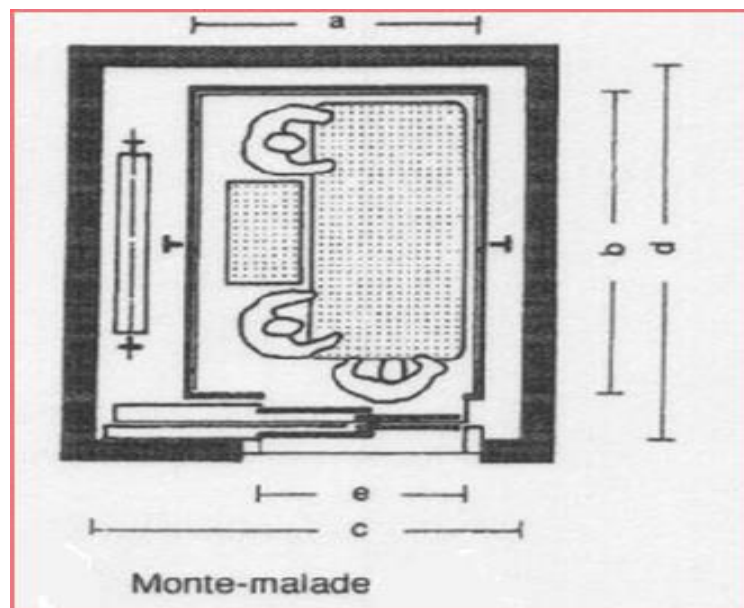


Figure 18:Dimensions de l'ascenseur.
Source: Ernest NEUFERT(2002).

- **Les revêtements de sol :**

Le sol à l'hôpital est contaminé par les semelles des chaussures des usagers, les roues des chariots, éventuellement par le dépôt de matériel souillé, de sécrétions biologiques, etc...

On préconisera donc des revêtements non poreux, lisses et homogènes et surtout faciles à entretenir. Ils seront lavables et résistants aux produits désinfectants¹

- **Les murs :**

Les revêtements muraux doivent être de bonne qualité, lessivables, et doivent pouvoir supporter l'essuyage humide et l'application de détergents désinfectants.²

- **Les plafonds :**

Le revêtement des plafonds doit être plein, de surface plane (non poreux), résistant à l'action des produits détergents désinfectants. Les panneaux amovibles nécessaires pour l'accès aux gaines techniques seront, de préférence, placés dans les circulations. L'usage de

¹ ARFAOUI Chedia et all, « Hygiène hospitalière et lutte contre les infections associées aux soins », (2008), p34, [En ligne], <http://sotugeres.org/wp-content/uploads/2016/05/HYGIENE-HOSPITALIERE-ET-LUTTE-CONTRE-LES-INFECTIIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS.pdf> Consulté le : 28/04/2018

² Ibid., p34

faux-plafond sera aussi limité que possible dans les bâtiments neufs ou profondément rénovés.¹

➤ **Les Portes :**

Les exigences concernant l'hygiène doivent être respectées pour la construction des portes. Le revêtement de surface doit résister à long terme aux produits de nettoyage et de désinfection. Les portes doivent répondre aux mêmes exigences d'isolation phonique que les murs environnants.²

- La construction d'un vantail de porte à double paroi doit satisfaire à une absorption minimale de bruits.³
- Les portes d'accès aux salles d'examen par les rayons X et la radioactivité doivent être protégées avec une équivalence Pb=2mm sous la forme d'une feuille de plomb prise en sandwich dans les composants des portes.⁴

➤ **Les Fenêtres :**

La fenêtre est considérée intéressante lorsque elle a une vue sur une cour ou un jardin et lorsque elle garantit la liaison avec l'extérieur.

Les fenêtres et porte-fenêtre nécessitent comporter des doubles vitrages pour garantir une bonne isolation thermique et acoustique⁵.

Dans les fenêtres il faut agrémente les critères suivants :

- Accordé la qualité de la menuiserie à la qualité générale du bâtiment.
- La maîtrise des contributions solaires en hiver a un impact beaucoup plus fort que la qualité du vitrage.
- La bonne conception des bâtiments nécessite de pressentir au moins 50% de vitrage au sud, 20% à l'est, autant à l'ouest, et au plus 10% au nord.⁶

¹ ARFAOUI Chedia et all, op.cit. p34.

² Ernest NEUFERT.op.cit., p566.

³ Michael BALLE et all, « Organiser les services de soins : Le management par la qualité ». Masson, Paris, 2000, 2004. ISBN : 2-294-01549 -5. P 214.

⁴ Michèle PAPPALARDO, « Protection de l'environnement et maîtrise de l'énergie dans le secteur hospitalier. » La revue des technologies de la santé. 2006. No 697. p 37-39.

⁵ Le Moniteur. Guide Veritas Des Technologies De La Construction. 2004.

⁶ Armand DUTREIX. « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », brochage 42540 STJUSTLA- PENDUE AVRIL 2010 N° 201003.0321. En France, P126.

➤ **Aération –ventilation :**

L'aération doit renouveler l'air à un débit suffisant pour éliminer les pollutions chimiques et organiques émises par les personnes et les activités exercées dans les locaux. Le débit de renouvellement de l'air devra donc être adapté à la destination des locaux. L'évacuation de l'air peut être naturelle ou mécanisée, donc maîtrisée. Une VMC (ventilation mécanique contrôlée) est recommandée car elle permet une régulation des débits selon les locaux¹

Conclusion :

Les équipements sanitaires, endroit essentiel pour la collectivité, doit être favorable à vivre, beau, pas ostentatoire mais notifiant, relaxant et porteur d'une image d'aptitude et répandre a son rôle principale d'offrir des soins aux malades.

Un édifice de santé est de qualité lorsqu'il est créé avec le souci de prendre en considération l'environnement au service de la santé et du bien-être de l'individu, la protection contre des pollutions attachées au bâtiment ; ce que permet de diminuer les impacts sur la santé des patients. Encore l'intégration des technologies permettre d'économiser l'énergie.

Durant l'étude et l'élaboration de la construction des équipements sanitaires il est nécessaire de prends en compte d'adapté le projet dans son environnement; pour diminuer la consommation énergétique, de bien maitrisé la gestion des déchets et de créer un environnement sain pour tous les occupants de ce édifice. Cette étude présentée à quel point les équipements sanitaires exige une attention spécifique pour contribuée et séparé le fonctionnement médicale et les exigences demandé par ses occupants en même temps.

¹ ARFAOUI Chedia et all, op.cit, p35

Chapitre 03

La qualité de l'air selon la HQE

Introduction :

La pollution atmosphérique est depuis déjà longtemps une préoccupation sanitaire et environnementale. Les principales sources en sont les véhicules, les usines et les appareils de chauffage qui brûlent des ressources fossiles, en émettant dans l'air des gaz et des particules potentiellement néfastes pour la santé et l'environnement.

Longtemps restée mal connue, la pollution des espaces clos est au contraire une préoccupation plus récente. Aujourd'hui la surveillance de la qualité de l'air intérieur doit être une obligation dans certains établissements recevant du public spécifiquement les établissements de santé.

En effet, la qualité de l'air intérieur représente un enjeu majeur de santé publique, et toute la population est concernée.

La connaissance de la qualité de l'air au sein d'un espace clos tel un bâtiment devient donc une clef essentielle, depuis sa mise en œuvre et tout au long de sa durée de vie. Dans ce cadre, l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové est particulièrement intéressante pour s'inscrire davantage dans le cadre d'une démarche HQE dont une des cibles concerne la qualité sanitaire de l'air, mais aussi pour capitaliser les données recueillies à partir de retours d'expérience de telles mesures afin d'améliorer les connaissances voir d'identifier des pistes d'amélioration pour la conception de futurs bâtiments¹.

Dans ce chapitre nous allons pouvoir aborder quelque solution, nous nous intéressons en particulier à assurer une bonne qualité d'air intérieur dans les établissements de santé.

3.1 La haute qualité environnementale de l'établissement de santé :**3.1.1 La Construction HQE :**

La Haute Qualité Environnementale HQE n'est pas une réglementation ni un label, mais une démarche volontaire qui vise à limiter les impacts environnementaux d'une opération de construction ou de réhabilitation, dans les phases de conception, de réalisation et de fonctionnement, tout en assurant aux occupants des conditions de vie saines et confortables.

¹ **Groupe de travail « indicateurs confort-santé ».** « Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové à réception ». Version 2013. Ademe, France. 26p, [En ligne], www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2017/07/GUIDE-PRATIQUE-HQE-web2.pdf Consulté le: 05/05/2018

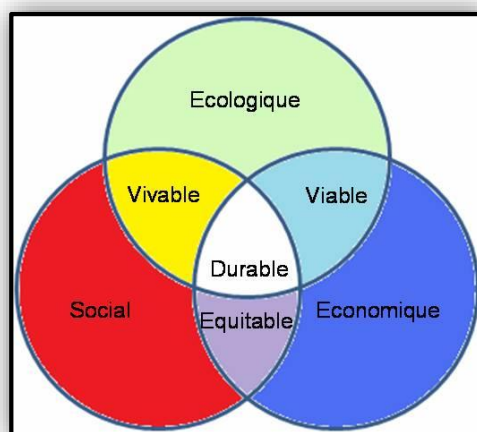


Figure 19: les besoins qui se répond par HQE.
Source: FUTURA.(2014)

Une construction ou réhabilitation HQE repose sur la mise en place d'un système de management environnemental établi et conduit par le maître d'ouvrage, et sur la définition d'exigences environnementales qui se déclinent en 14 «cibles», qu'on peut regrouper en 04 thèmes :

- 7 pour la maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur (écoconstruction et éco-gestion).
- 7 pour la création d'un environnement intérieur satisfaisant (confort et santé)¹.

Tableau 5: Les 14 cibles HQE.
Source : Auteur.

pour la maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur (éco-construction et éco-gestion).	Cibles d'éco-construction
	Cible n°1 : Relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat
	Cible n°2 : Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction
	Cible n°3 : Chantier à faible impact environnemental
	Cibles d'éco-gestion
	Cible n°4 : Gestion de l'énergie
	Cible n°5 : Gestion de l'eau
Cible n°6 : Gestion des déchets d'activités	
Cible n°7 : Maintenance – Pérennité des performances	

¹ ADEME. « Construction HQE du collège de Villeneuve-Lès-Maguelone (34) ». 2006. France, [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulter le : 18/05/2018

	environnementales.
pour la création d'un environnement intérieur satisfaisant (confort et santé)	Cibles de confort
	Cible n°8 : Confort hygrothermique
	Cible n°9 : Confort acoustique
	Cible n°10 : Confort visuel
	Cible n°11 : Confort olfactif
	Cibles de santé
	Cible n°12 : Qualité sanitaire des espaces
Cible n°13 : Qualité sanitaire de l'air	
Cible n°14 : Qualité sanitaire de l'eau	

3.1.2 Principes :

Un Maître d’Ouvrage commande la construction ou l’adaptation de bâtiments, ou gère leur utilisation. Ceux-ci, du fait des ressources consommées, des émissions, des effluents et des déchets produits, ont un impact sur l’environnement, quelle que soit la phase de vie du bâtiment (réalisation, exploitation, adaptation, déconstruction).

La Haute Qualité Environnementale se définit comme étant une démarche de management de projet visant à obtenir la qualité environnementale d’une opération de construction ou de réhabilitation.

L’obtention des performances environnementales de l'ouvrage est autant une question de management environnemental qu’une question architecturale et technique. Une des méthodes les plus fiables pour y parvenir est de s’appuyer sur une organisation efficace et rigoureuse du projet. C'est pourquoi le référentiel technique de certification est structure en deux volets permettant d'évaluer les performances atteintes sur les deux éléments structurants de la démarche HQE :

- Le référentiel du Système de Management de l'Opération (SMO) pour évaluer le management environnemental mis en œuvre par le maître d'ouvrage. (figure20).

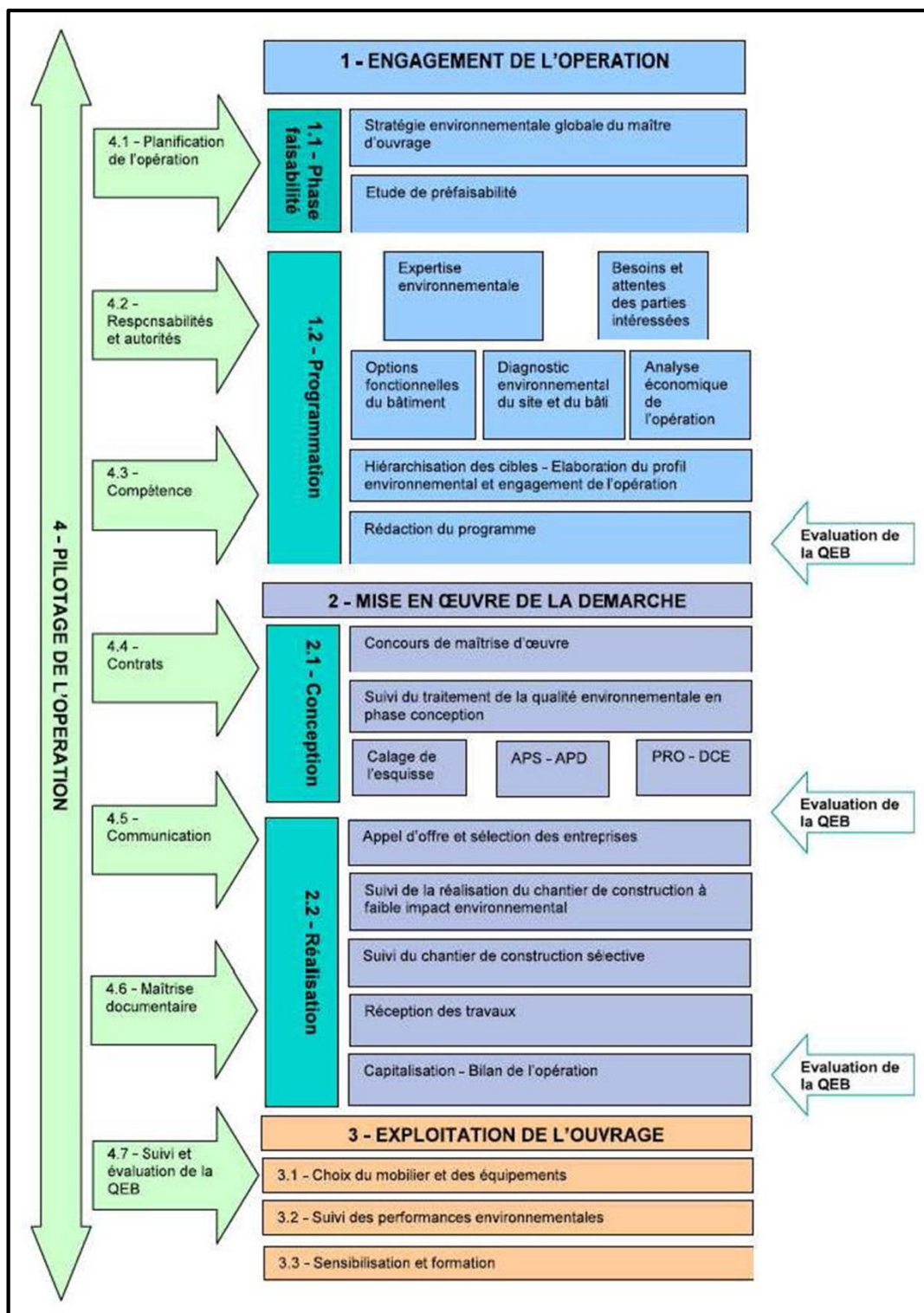


Figure 20:Schéma du processus de management d'opération HQE tertiaire sur la base du référentiel du SMO.

Source: CERTIVEA (2008).

- Le référentiel de la Qualité Environnementale du Bâtiment (QEB) pour évaluer la performance architecturale et technique de l'ouvrage. (figure21)

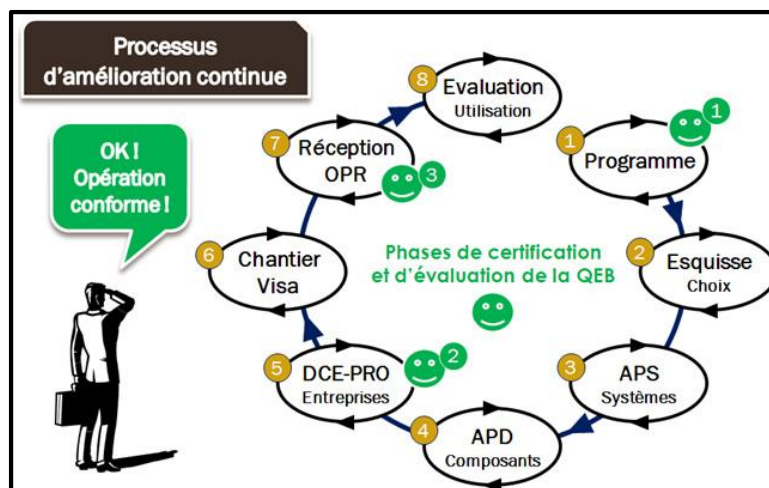


Figure 21: Processus d'amélioration continue et d'évaluation de la QEB.
Source : CERTIVEA (2008)

- APS = Avant-Projet Sommaire
- APD = Avant-Projet Définitif
- DCE-PRO = Dossier de Consultation des Entreprises (Professionnels)
- OPR = Opération Préalable de Réception

3.2 Qualité de l'aire et ventilation selon la HQE :

En matière de risque sanitaire, le champ des connaissances des effets des polluants sur les individus est inégal d'un polluant à l'autre. Les études récentes dans le domaine de la qualité de l'air permettent de maîtriser ce champ de connaissances pour certains polluants de l'air (COV et formaldéhydes), et des solutions existent pour limiter le risque sanitaire.

La qualité de l'air intérieur peut être altérée par des substances issues des sources de pollution telles que :

- Les produits de construction (matériaux, revêtements, isolants, etc.).
- Les équipements (ameublement, systèmes énergétiques, système de production d'eau chaude, etc...).
- activités présentes au sein du bâtiment (entretien, travaux, etc.).
- Le milieu environnant le bâtiment (polluants du sol, radon, air extérieur, etc.).
- Les usagers (leurs activités et leurs comportements).
- Les polluants peuvent être de différentes natures :
 - Substances chimiques gazeuses (composés organiques volatils, formaldéhyde, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, ozone, radon, etc.).
 - Métaux (plomb notamment).
 - Allergènes respiratoires (de moisissures, de bactéries et d'acariens).

- Poussières et particules.
- Fibres (minérales artificielles, amiante).
- Fumée de tabac (mélange complexe de gaz et de particules).

Pour assurer la qualité sanitaire de l'air, il est possible d'intervenir à trois échelles :

- D'une part une action sur la ventilation pour réduire la concentration des polluants dans le bâtiment.
- D'autre part une action sur les sources internes et externes au bâtiment pour limiter la présence de polluants au sein de celui-ci.

Enfin, la mise en œuvre de solutions passives pour limiter les effets des sources externes au bâtiment et empêcher la diffusion des pollutions dans le bâtiment¹.

3.2.1 Garantie d'une ventilation efficace :

Une ventilation naturelle reste la méthode la plus économe, autant en investissement et en énergie grise qu'en consommation d'énergie, pourvu qu'elle soit correctement conçue et maîtrisée, et mise en œuvre dans une construction elle-même de bonne qualité².

Afin d'améliorer le contrôle du débit de ventilation, il est possible d'utiliser un ventilateur mécanique, on se trouve alors avec une VNA (ventilation naturelle assistée)³.

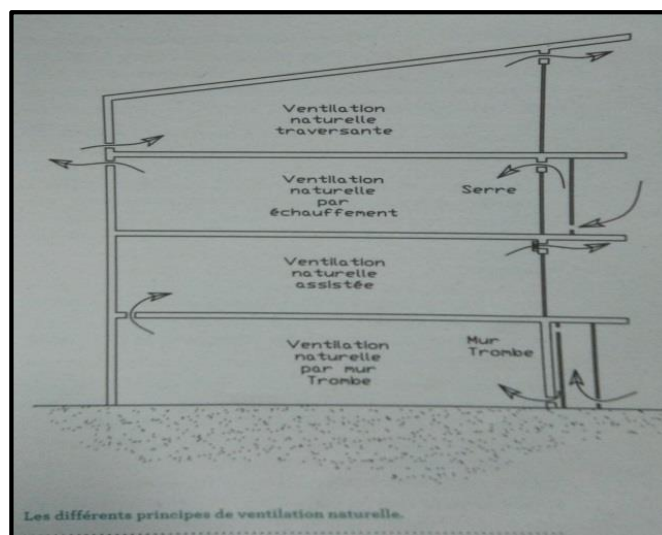


Figure 22: Les différents principes de ventilation naturelle.
Source : Armand DUTREIX. (1999)

¹ CERTIVEA, «Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments – Bâtiments tertiaires», 2011. Révision millésime 2015.France- p562, [En ligne] <http://www.Certivea.fr> , Consulter le : 22/05/2018

² Armand DUTREIX, op.cit. p217.

³ Ibidem.

Pour une opération HQE, La ventilation naturelle est toutefois difficilement compatible avec des BBC (Bâtiments Bases Consommation).un système de ventilation spécifique doit alors être envisagé. On entend par "système spécifique" tout système autre que la simple Ouverture manuelle des en êtres.

La ventilation doit également permettre que l'air neuf entrant soit diffusé correctement dans l'ensemble des locaux. La diffusion correcte de l'air neuf implique tout d'abord d'assurer une atmosphère saine chaque jour pour les occupants Il s'agit également de garantir le maintien de la qualité de l'air dans le réseau d'amenée d'air neuf dans le cas où il y a soufflage d'air. Enfin, l'air vicié doit également être évacué de façon optimale, en particulier pour les locaux à pollution spécifique.¹

Tableau 6: Solutions pour Garantie d'une ventilation efficace

Source: [guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments – bâtiments tertiaires](#)

Préoccupation	Caractéristique	Critère Intitulé
Assurer des débits d'airs adaptés à l'activité des locaux	Débits d'air neufs, transféré, et/ou Extrait par local	Système de ventilation spécifique Assurant les débits hygiéniques réglementaires. Système de ventilation spécifique, à l'exclusion de la simple ouverture des fenêtres, assurant des débits d'air optimisés pour l'activité des locaux.
Assurer la Maîtrise des débits d'air	Maintien des débits d'air prescrits	Dispositions prises pour assurer le maintien des débits d'air.
Limiter les risques Sanitaires lors de la mise en fonctionnement	Dispositions prises pour assurer la Propreté de l'installation à la réception, pendant et après travaux, et en présence de chantiers intérieurs ou	Dispositions justifiées et Satisfaisantes pour la protection et/ou l'arrêt de l'installation pendant les chantiers intérieurs ou extérieurs.

¹ ADEME, «Initiation à la Haute Qualité Environnementale (HQE) dans le bâti Journées de formation Vendredi 21 avril 2006 – Mende Mardi 9 mai 2006 - Visites de bâtiments HQE Compte-rendu », 57P. [En ligne] <http://www.ademe.fr> Consulter le : 25/05/2018.

	extérieurs	Le nettoyage du réseau avant remis en service. Le contrôle de l'hygiène du réseau et - de la qualité de l'air avant et après mise en service.
Assurer une Distribution saine de l'air Neuf	Dispositions prises pour assurer : le redémarrage de la ventilation avant le début de la période d'occupation la qualité de l'air amené par conduit l'extraction optimale de l'air vicié	Dispositions justifiées et Satisfaisantes pour : Le redémarrage de la ventilation avant le début de la période d'occupation la qualité de l'air amené par conduit l'extraction optimale de l'air vicié.

3.2.2 Les stratégies architecturales pour améliorer la qualité de l'air:

On pourra préciser que nombre de solutions évoquées, si elles s'inspirent souvent des solutions ancestrales, et si quelques-unes ont déjà été étudiées par certains architectes:

3.2.2.A Paroi a lame d'air:

La meilleure protection contre la condensation sur ou dans le mur, et donc une bonne ventilation ainsi que des parois saines. Aucun pare-vapeur ne pourra résoudre les problèmes à une mauvaise ventilation et de piètres matériaux liés à une mauvaise ventilation et de piètres matériaux.

La lame d'air permet d'améliorer l'isolation thermique l'hiver, en plus permet de réguler l'humidité des murs, en forçant le point de condensation dans cette lame d'air dont la ventilation naturelle fait le reste. Cette ventilation est assurée par une double prise d'air vers l'extérieur, en point bas via un siphon thermique et en point haut ; croisés à l'horizontale afin d'assurer un flux sur toute la surface de mur.¹(figure23-24)

¹ Armand DUTREIX. Op.cit. p219

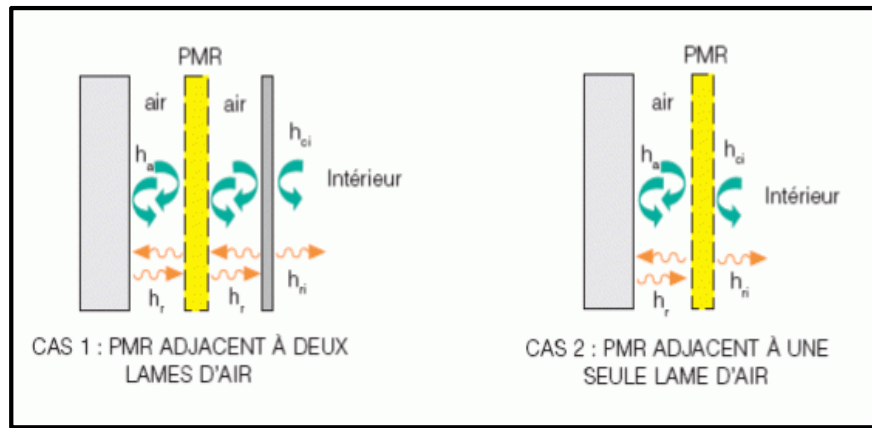


Figure 23: Structures pourvues d'une paroi à lame d'air
 Source : www.econologie.com/forums/chauffage-isolation.(2018)

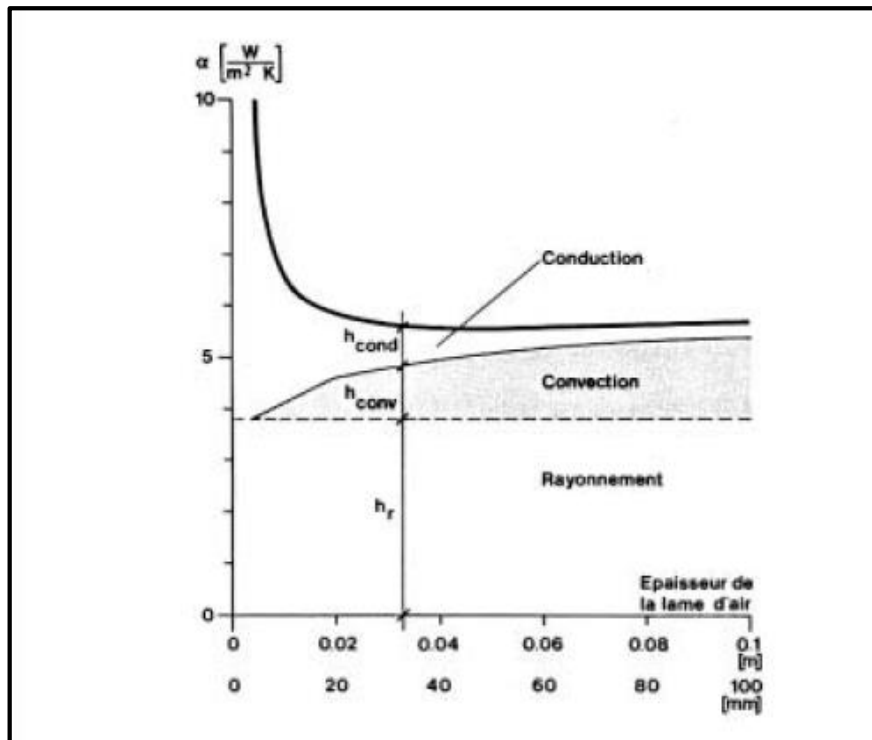


Figure 24: Conductance thermique d'une lame d'air verticale.
 Source : www.econologie.com/forums/chauffage-isolation.(2018)

3.2.2.B Cheminée romaine :

Les Grecs et les Romains, encore eux, avaient mis au point un système très simple, qu'on trouve encore sur de vieilles fermes : la cheminée extérieure en pierre ou en terre, cuite ou crue. Une cheminée, cela permet de faire du feu, mais bien plus que cela. (figure25)

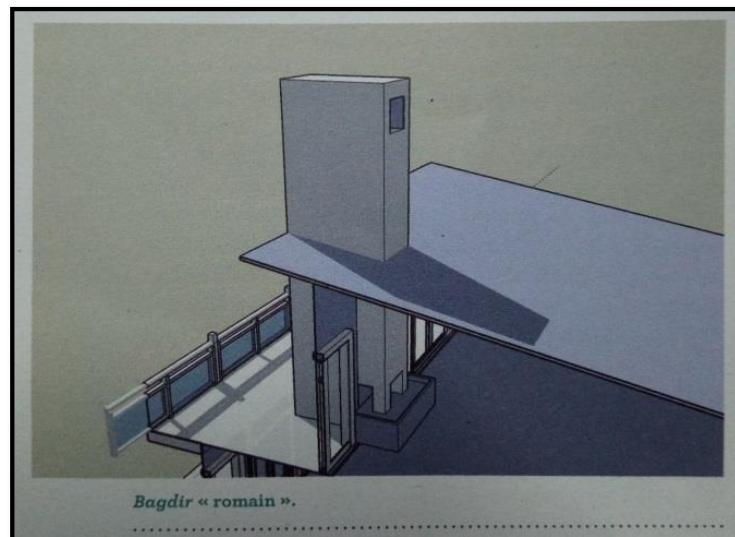


Figure 25: Cheminée romaine.
Source : Armand DUTREIX(1999).

Elle doit se situer sur une façade orientée entre le sud et l'ouest et posséder une sortie haute positionnée dos au vent dominant, elle peut dépasser au-dessus de la toiture du bâtiment. Dès que le soleil chauffe, l'air à l'intérieur du conduit de cheminée, monte par convection naturelle et crée une dépression dans la construction, et cela qu'on soit en été ou en hiver. Comme l'entrée intérieure du conduit est en partie basse de la construction, il aspire l'air au sol, là où il est le plus froid. En hiver c'est parfait ; en été, il faut prévoir une ouverture dans le conduit au point le plus haut du volume intérieur, afin d'évacuer la chaleur intérieure qui s'accumule¹.

3.2.2.C Paroi pariétodynamique :

Ce type de paroi utilise une lame d'air et combine les principes du mur trombe et de la ventilation naturelle de la cheminée romaine, la ventilation de lame d'air entre les deux parois se produit en partie basse sur la paroi extérieur, et en partie haute sur la paroi intérieur. L'air circule dans la lame d'air va récupérer l'énergie qui fuit à travers la paroi intérieur. (figure26)

¹ Armand DUTREIX. Op.cit. p220

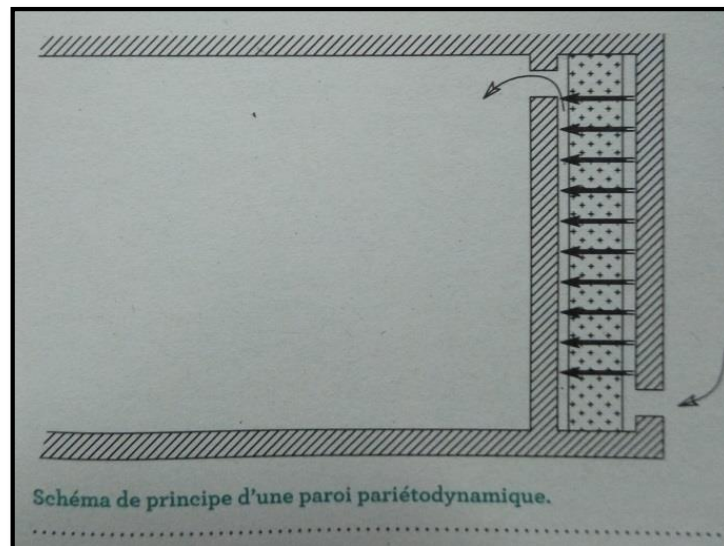


Figure 26: Schéma de principe d'une paroi pariétodynamique.
Source : Armand DUTREIX(1999).

Il offre plusieurs avantages :

- IL résout le problème de bruit d'une installation de ventilation, l'isolant ayant une double fonction thermique et phonique;
- IL permet une filtration très efficace de l'air entrant contre les pollens pour les personnes allergiques;
- IL convertit les déperditions de la paroi en préchauffage de l'air entrant, la paroi ne perdant plus d'énergie.

Couplé à un mur thermique, donc équipé d'une paroi extérieure captant l'énergie solaire, la paroi se transforme en un système très puissant de chauffage de l'air intérieur en hiver dès qu'il y a du soleil, et en ventilation naturelle dynamique l'été par inversion du flux d'air.¹

3.2.2.D La ventilation traversant:

Une meilleure stratégie de ventilation naturelle est d'avoir recours à une ventilation traversant. Les débits d'air deviennent principalement dépendants de la vitesse du vent et donc très variables suivant le climat local, sachant qu'il faut limiter la vitesse du flux d'air traversant pour ne pas générer de gêne ni de gaspillages thermiques en hiver.² Comme l'installation d'un atrium ou d'une façade double peau.

L'atrium a pour intérêts de créer une zone tampon thermiquement entre les bâtiments auxquels il est rattaché et de créer un puits de lumière. Selon la saison, l'air circulera depuis les ouvertures en façade des bâtiments vers l'atrium en profitant de l'effet de cheminée (été)

¹ Armand DUTREIX. Op.cit. p221

² Ibidem.

ou depuis des ouvertures dans l'atrium où l'air sera chauffé par les bâtiments et le rayonnement solaire vers les locaux (l'hiver).

La façade double peau, traditionnellement doublée à l'extérieur par une façade vitrée, a pour intérêt de diminuer les déperditions thermiques (protection au froid, au vent, aux ponts thermiques), créer une isolation phonique et surtout créer une ventilation naturelle dans le bâtiment par effet de tirage thermique le long de la façade vitrée. Par des jeux de volets le système préchauffe l'air de ventilation en hiver et extrait l'air chaud en été.

Ces deux systèmes de ventilation sont beaucoup plus complexes et coûteux à mettre en œuvre mais présentent des avantages certains d'un point de vue thermique et sont Architecturalement parlant intéressant.

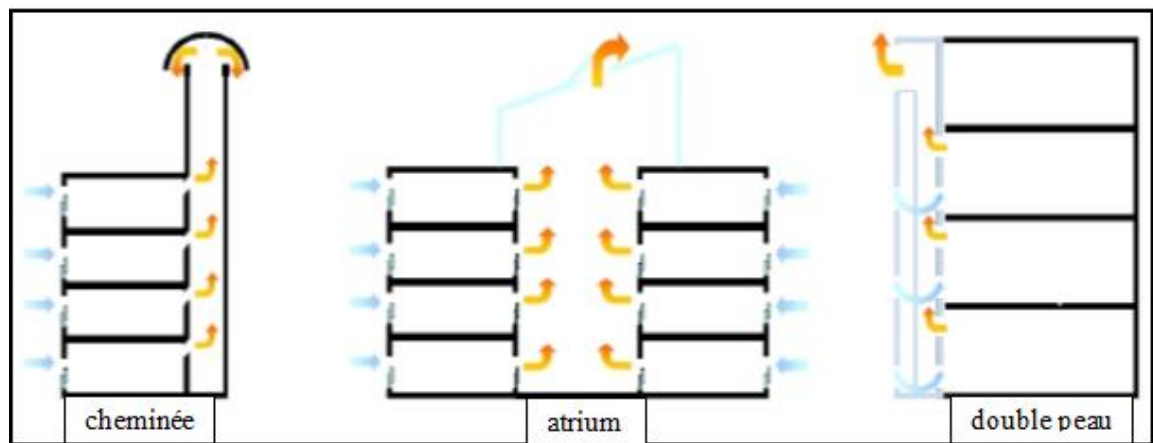


Figure 27: Solutions architecturales favorisant la ventilation traversant.
Source : CACIOLO (2010)

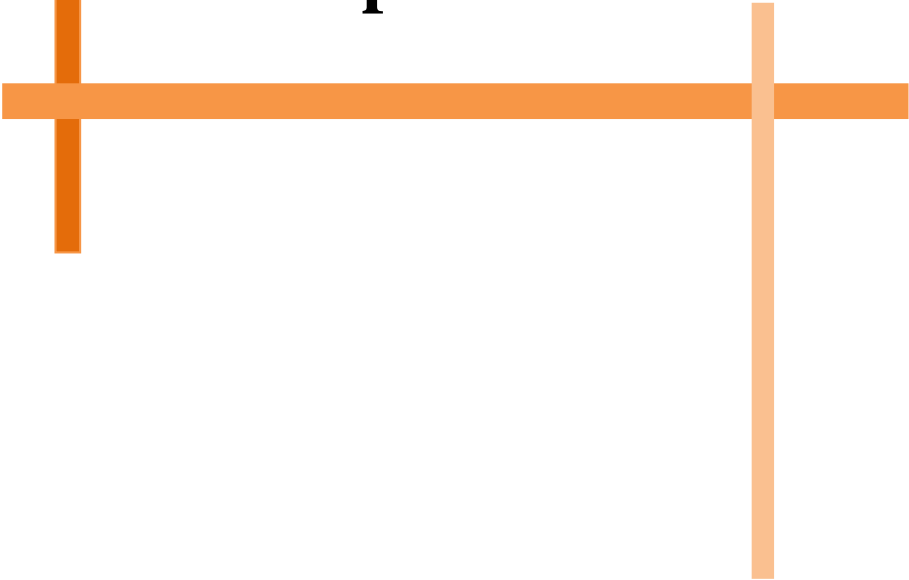
Conclusion:

Le but de la ventilation est d'assurer aux utilisateurs du bâtiment un environnement intérieur sain et confortable. Il est préférable de maintenir un très léger renouvellement régulier. D'autres systèmes de ventilation naturelle existent comme le Bagdir, moucharabieh ou gargoulette, pole de masse, le puits canadien (ou puits provençal), qui est un système géothermique consistant à réchauffer l'air neuf de ventilation en hiver et le rafraichir en été. Ce système limite les besoins de chauffage liés à la ventilation en hiver, mais nécessite une mise en œuvre soignée doublée d'importants travaux de terrassement pour sa bonne mise en place.

Chapitre 04



Outils et moyens d'optimisation de QAI au milieu hospitalier



Introduction :

L'une des tâches les plus difficiles dans les hôpitaux, est de lutter contre l'infection acquises à l'hôpital par l'intermédiaire de micro-organisme (infection nosocomiales). Dans la mesure où une partie des micro-organismes, ceux qui peuvent provoquer des infections contractées par voie aérienne, les systèmes de traitement de l'air jouent un rôle essentiel.

Outre la tâche usuelle consistant à créer des conditions thermiques agréables, les systèmes de traitement de l'air des hôpitaux sont également chargés de réduire le nombre de micro-organisme en suspension dans l'air et d'empêcher leur propagation.¹

Les données exactes relatives aux proportions d'infection aérogènes dans le total des infections acquises à l'hôpital ne sont pas disponibles. Nous partons de principe qu'elles ne constituent qu'une petite partie des infections.

La décision consistant à déterminer quelles dépenses est justifiable de point de vue économique et comment prendre le sort de patients en compte dans ce calcul est très problématique. Dans ce cas le recours aux antibiotiques est fréquent. En raison de risque de reproduction de micro-organisme résistant, ceci n'est pas une bonne solution.

Outre les microorganismes, le poussier, les COV (composé olfactif volatils), les gaz anesthésiques et les agents nocifs doivent également être éliminés des hôpitaux par les systèmes de traitement de l'air ces dispositifs deviennent indispensables dans nombreux services isotopique, ou les services dont les patients souffrent de dépression immunitaire.

Les normes techniques de traitement d'air pour les hôpitaux est strict. Les coûts d'investissement de telles installations représentent 8 à 10% de l'ensemble des frais de construction les installations doivent être effectuées par des sociétés compétentes. Une norme plus strict ne doit pas signifier que les installations doivent être complexes. En raison du nombre important d'heures de services annuelles, les frais d'exploitation doivent être pris en considération lors de la conception des installations (vitesses d'air ralenties dans les canaux, récupération de chaleur, bonne isolation thermique, moins de fuites, régulation dans les espaces ventilés par l'induction, etc.)²

¹ Recknagel SPRENGER. Op.cit. p1450

² Ibid. p1451

4.1 La maîtrise de la Qualité de l’Air intérieur dans un équipement sanitaire :

Un système de traitement d'air pour être efficace doit être régulièrement entretenu sinon il peut engendrer des pollutions spécifiques. Plus un traitement d'air sera complexe plus la maintenance et la surveillance devront être rigoureuses. Un système de traitement d'air mal adapté (sur ou sous dimensionner), est dangereux pour la santé.¹

Il est donc impératif de caractériser et définir différentes zones, en fonction de leurs risques spécifiques afin d’adapter le traitement d'air à la zone concernée.

4.1.1 Classification des Zones :

Le tableau suivant définit la classification des zones selon le risque :

Tableau 7:Classification des Zones
 Source : Arnaud FLORENTIN(2011)

Zone 4	à très haut risque	bloc aseptique, greffe, prématuré, cancérologie
Zone 3	à haut risque	Bloc opératoire conventionnel, salle d'exploration fonctionnelle, réanimation, soins intensifs, néonatal, stérilisation (zone de conditionnement), néonatal, dialyse, chimiothérapie
Zone 2	à risque modéré	Consultations externes, maternité, rééducation fonctionnelle, service moyen et long séjour, stérilisation centrale (zone de lavage)
Zone 1	à risque faible ou négligeable	bureaux, maisons de retraite

4.1.2 Objectif de la maîtrise de la QAI dans un équipement sanitaire :

La contamination microbienne de l’Air ou Aéro-contamination est un vecteur de transmission d’infections dont le risque ne doit pas être sous-estimé. Les micro-organismes nécessitent un support physique de diffusion qui est constitué par les poussières présentes dans l’air.

Dans les établissements de soins de longue durée, une bonne qualité d’air revêt une importance particulière parce que la plupart des résidents n’ont plus la capacité de bénéficier de façon normale de l’air extérieur.²

Donc les systèmes de traitement de l’air pour les hôpitaux et les établissements de santé ont des exigences particulières en raison de la sensibilité des patients aux risques

¹ SOFIA, «*Traitement d'air*», 2015.France- 19p, [En ligne] [http://www.Sofia.fr/ Traitement_d'air.pdf](http://www.Sofia.fr/Traitement_d'air.pdf), Consulter le : 28/05/2018

² La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux. Op.cit. p 196

d'infections. Les systèmes de chauffage et de ventilation jouent un rôle important dans l'assurance d'un environnement propre, sûr et confortable pour le rétablissement des patients.

4.1.3 Les procédés de traitement de l'air :

Les systèmes de traitement de l'air ont en principe trois possibilités d'action contre ces germes :

- les micro-organismes sont éliminés de l'air presque entièrement à l'aide de filtration absolue.
- la concentration de germes dans l'espace est réduite par l'alimentation en air (principe de dilution).
- les micro-organismes sont déplacés par des courants directionnels de lieu où ils pourraient être nocifs à d'autres où ils le sont moins. Ceci suppose toutefois une maîtrise appropriée de l'air dans l'espace. Cette maîtrise est également qualifiée dans la littérature de « maintien dynamique de la zone protégée ».¹

4.1.4 Différents paramètres de l'air :

Le tableau 08 illustre les différents paramètres de l'air

Tableau 8: Différents paramètres de l'air.
Source : SOFIA(2006)

traitement	effet	Paramètre physique	Unité de mesures	Instruments de mesures	Moyens techniques d'obtention
Filtration	Elimination de particules	Classe d'empoussièrément	* concentration particulaire	* Compteur de particules (0.5µm et 5 µm)	* Filtre * Système de renouvellement d'air
	Elimination des micro-organismes	Classe bactériologique	UFC unité formant colonie	* appareil à filtration ou impaction sur milieu gélosé	
Insufflation et/ou Aspiration	Changement de pression de la pièce par rapport à la pression atmosphérique	Pression	Bar, Pa,	Manomètre Capteur de pression	VMC
	Maîtrise des flux d'air	classe d'empoussièrément et bactériologique	Concentration particulaire et UFC	-	Hotte, système de soufflage
Humidification	Condensation de l'eau	hygrométrie	Taux d'hygrométrie	hygromètre	Humidificateur

¹ Recknagel SPRENGER. Ibid. p1451

Chauffage et ou rafraîchissement	Chaleur	Température	°C, K	thermomètre	Chauffage, climatisation
--	---------	--------------------	-------	-------------	-----------------------------

4.1.5 La filtration au milieu hospitalier:

L'efficacité d'un filtre est synthétisée de façon précise par une série de grandeurs dépendant des caractéristiques de l'air entrant : température et humidité, teneur en poussières, granulométrie des poussières, nature et structure physique des poussières. Concrètement, cela se traduit par une classification des performances en fonction des particules à arrêter.¹

La dénomination de leur classe dépend de la méthode de mesure utilisée pour les essais.

On classe les filtres à couche poreuse en fonction de leur efficacité :

- Filtres à moyenne efficacité (classes G1 à G4) : Filtre plan.
- Filtres à haute efficacité (classes F5 à F9) : Filtre à poches, Filtre plissé.
- Filtres à très haute efficacité ou absolus (classes H10 à H14) : Filtre absolu.

Le plus grand risque avec les filtres est l'encrassement c'est pour ça il est fortement indiqué de disposer de pré filtres. En effet plus le pouvoir de filtration est élevé plus le filtre s'encrasse rapidement. Une maintenance régulière avec changement des filtres est nécessaire.²

4.1.5.A Les différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier :

Dans le secteur hospitalier, les filtres HEPA sont largement utilisés. Le terme HEPA (High efficiency particulate air filter) s'applique à tout filtre capable de capter 99,97% des particules possédant un diamètre supérieur ou égal à 0,3µm.

4.1.5.B Classement des différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier :

La figure 28 montre le classement des filtres HEPA, le terme MPPS signifiée (most penetrating particle size) ; dimension de la particule la moins bien arrêtée.

¹ SOFIA, «Traitement d'air», Ibid. p11

² Ibidem.

Classe	Valeur intégrale	Valeur locale
	Efficacité % pour MPPS	Efficacité % pour MPPS
H10	85	
H11	95	
H12	99,5	97,5
H13	99,95	99,75
H14	99,995	99,975

Figure 28: Classement des différents filtres utilisés dans le secteur hospitalier.
Source: SOFIA(2006).

4.2 Les espaces et les activités sanitaires nécessitant un traitement d'air :

Dans les établissements de santé la plus part des activités ne nécessitent pas de traitement d'air complémentaire. Seuls les locaux où sont pratiqués des actes à risques spécifiques (stérilisation centrale, bloc opératoire, chambre d'isolement septique...) requièrent un traitement de l'air plus poussé pour obtenir une qualité d'air :

- adaptée aux risques identifiés.
- maîtrisée dans le temps.¹

Selon le type de risque, les personnes concernées seront différentes en effet :

- Le risque chimique est un risque à long terme qui concerne le personnel. L'intoxication si elle dépend de la toxicité du produit employés et également liée au temps d'exposition.
- L'agent contaminant biologique ciblera selon la virulence (communautaire, opportuniste...) et sa voie d'entrée (plaie, voie respiratoire...) touchera plus particulièrement le patient.

Dans les blocs opératoires (et les stérilisations centrales) les sources de pollutions peuvent être :

- Exogène : apportés par l'air neuf provenant de l'extérieur ou des locaux voisins par le mouvement naturel de l'air (germes, poussière, pollen...)
- Endogène provenant de différentes origines (humaine, activités spécifiques, environnementale)

4.2.1 L'espace administratif :

Les locaux administratifs tels que les bureaux, caisse archives, service d'admission sont très similaires aux autres bâtiments administratifs de même type.

Ils ne sont pas équipés de système de traitement d'air sauf dans le cadre de l'environnement bruyant, entraînant des aménagements tels que les fenêtres soient condamnées ou lorsque les charges thermique sont importantes. Dans ce cas, ces dernier

¹ Recknagel SPRENGER. Ibid. p1451.

doivent être inférieures à 30W/m². en particulier, ceci ne s'implique pas aux salles d'attentes, aux salles d'audience et aux espace similaires¹

4.2.2 L'espace annexe (locaux techniques) :

Les toilettes et les salles de bains doivent être ventilées en permanence. Les bouches d'aération se situées au plafond des salles de bain.

- En cas de reprise de l'air des pièces voisines, une bouche spéciale éventuellement munie d'un silencieux, peut être installée au mur, au plafond ou dans la porte.
- En cas de ventilation par déplacement d'air dans les pièces voisines, une bouche peut être installée en hauteur ou dans la position de votre choix.
- Dans le cas où un apport d'air contrôlé n'est pas assuré pour toutes les modes de fonctionnement, des systèmes combinés de soufflage et d'extraction de l'air sont alors utilisés.²

4.2.3 Les espaces hospitaliers :

Le tableau suivant indique dans quels espaces hospitaliers le système de traitement de l'air sont indispensables. Il s'agit principalement des espaces de classe I et des espaces caractérisés par un signe « + » de classe II. Par ailleurs, ils sont nécessaires en cas de condition ambiante défavorable (bruit ou haute teneur en poussière et en agent polluant dans l'air) et charge thermique élevées il s'agit souvent des locaux sanitaires qui sont ventilés et se trouvent souvent à côté des espaces hospitaliers.

Il convient donc de veiller à ce que l'aération ne passe pas à travers la façade ou par le couloir. Les installations de soufflage d'air hygiénique sont préférables. Pour ce faire, il faut envisager des installations simples de ventilation par déplacement d'air dont l'écoulement et la température de l'air soufflé (20 C°) sont constants.³

Tableau 9: exigences de ventilation des hôpitaux.
Source : Bertrand MONTMOREAU(1980)

Service hospitalier	classe	Système de traitement de l'air indispensable		Débit volumétrique minimal d'air frais M ³ /m ² .h	Conditions de l'air ambiant	
		Climatique physiologique	Anti infectieuse		température	
					Min C°	Max C°

¹ Recknagel SPRENGER. Op.cit. p1452

² Recknagel SPRENGER. Op.cit. p1456

³ Recknagel SPRENGER. Ibid. p1452

Service d'analyse et de traitement	-	-	-	-	-	-
Service opératoires Salle de réveil	I	+	+	15 30	22°	26°
Zone d'approvisionnements de produits stériles	I	+	+	15	22°	26°
Soins spéciaux Espace d'urgence	I	+	+	30	24°	26°
Accouchement	II	-	-	15	24°	-
Salle de réveil hors de service opératoire	II	+	-	30	-	26°
Soin aux malades souffrant d'infection	II	-	-	10	-	-

4.3 Point Réglementaire et normatif :

A l'heure actuelle, il n'existe aucun référentiel précis relatif au milieu de soins, et décrivant à la fois la qualité d'air attendue dans les différentes parties de l'établissement et les moyens nécessaires pour y parvenir. Les modalités de surveillance, si elles sont établies par des textes normatifs ou réglementaires dans certaines zones à atmosphère contrôlée, restent floues quand on s'intéresse à la totalité de l'établissement de santé. De la même manière, la conduite à tenir en cas de dépassement des seuils microbiologiques ou chimiques habituellement observés n'est pas standardisée.

Il existe de nombreux textes à valeur opposable ou non concernant la ventilation dans les locaux à destination du public ou des travailleurs. Les établissements de soins sont toutefois concernés par ces textes non spécifiques à leur activité, et bénéficient de plus de textes qui leur sont propres. (Voir annexe I)

La législation relative aux traitements d'air et à sa qualité est un thème abordé dans:

- Le Code du travail concerne l'aération des locaux de travail, la réglementation sanitaire.
- Les Normes ISO et NF-S concernent la définition et le classement des salles selon la qualité de l'air.
- Le Code de la construction définit les caractéristiques thermiques des bâtiments et équipements, la sécurité contre l'incendie (non traité dans ce document).

Pour les établissements de santé, il existe quelques recommandations spécifiques¹.

¹ **Arnaud FLORENTIN**, Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1, « *construction d'outils nécessaires au suivi et à la maîtrise de la qualité de l'air dans un établissement de sante* ».2011.France.193p. [En ligne], http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_T_2011_FLORENTIN_ARNAUD.pdf, Consulté le : 25/05/ 2018.

Type	Intitulé
Législation	Code du Travail RSDT RSI
Normes	Norme NF EN 779 Norme NF EN 1822-1 à -5 Norme NF S 90-351 Norme NF 13749 Normes 14644-1 à -9 Normes 14698-1 et -2
Guides, référentiels	Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public Les Guides pratiques d'Uniclimate : Traitement de l'air en milieu hospitalier Les guides de l'ASPEC Guide du Ministère de la santé « Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé, air, eaux et surfaces » La qualité de l'air au bloc opératoire, recommandations d'experts, SF2H

Figure 29: La législation relative aux traitements d'air.

Source : Arnaud FLORENTIN(2011).

4.4 Des solutions adaptées aux exigences de chaque zone :

La Société Française des Infirmier(e)s Anesthésistes (SOFIA) propose des solutions aux exigences de chaque zone :

➤ Zone à risques modérés :

- Système à flux turbulent tout air neuf.
- L'air neuf est filtré par une double filtration (F7 et H10).
- Diffusé dans la salle par des injecteurs directs (plafonniers ou muraux) la vitesse en sortie >1,5m/s.
- Taux de renouvellement 15 à 20 volumes/h.
- Classe particulière 100 000 (nb de particule de taille >0.5µm / pied3.).
- Classe bactériologique 200 CFU/m3.

• Zone à haut risque :

- Plafond diffusant à déplacement d'air à basse vitesse :
- L'air neuf et recyclé est traité par une double filtration (F7 et F8) au niveau de la centrale de traitement d'air.
- Diffusé dans la salle par l'intermédiaire de filtre H14 et un flux stable et uniforme.
- Taux de renouvellement 25 à 80 volumes/h.
- Classe particulière 10 000 (100 au repos).
- Classe bactériologique : 10 à 50 CFU/m3.

• Zone à très haut risque :

- Plafond ou mur soufflants à flux laminaire :

- L'air neuf et recyclé est traité par une double filtration (F7 et F8) au niveau de la centrale de traitement d'air.
- Diffusé dans la salle par l'intermédiaire de filtre H14 et un flux laminaire.
- Taux de renouvellement 200 à 600 volumes/h.
- Classe particulaire 100.
- Classe bactériologique : 1 CFU/m³.

4.4.1 Les solutions techniques :

4.4.1.A VMC : ventilation mécaniquement contrôlée :

L'apport d'air neuf et l'extraction de l'air vicié permet une élimination et une dilution des bio contaminants libérés dans l'air par le personnel et les équipements.

4.4.1.B VMC simple flux :

Permet de renouveler l'air en mettant les pièces en légères dépressions. Cette VMC est constituée d'un groupe d'extraction de l'air relié par un réseau de gaines à des bouches d'extraction calibrées pour un débit d'air donné. Le renouvellement d'air se fait par l'aspiration de l'air des autres pièces et de l'extérieur par les portes et les fenêtres non totalement étanches.

4.4.1.C VMC double flux :

Permet de maintenir la pièce en légère surpression. Il comprend un groupe extracteur de l'air vicié, un groupe d'insufflation de l'air neuf et un échangeur récupérateur qui permet de préchauffer l'air insufflé par l'air vicié extrait.

4.4.1.D Centrale de traitement d'air :

La figure30 illustre les différents composants de centrale de traitement d'air

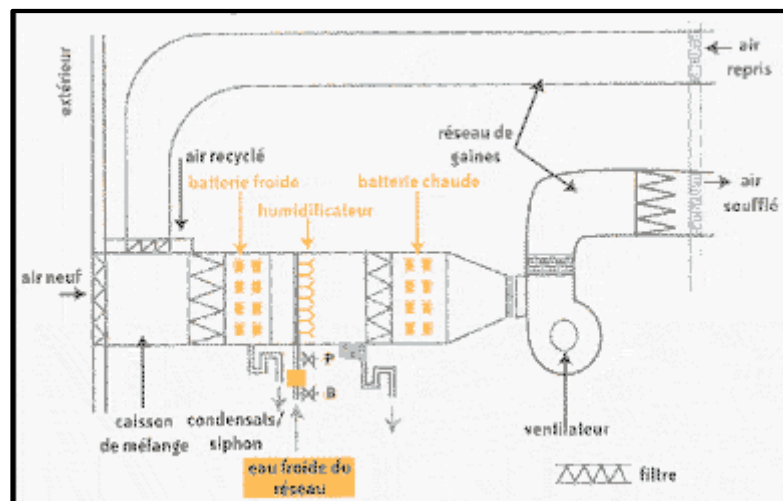


Figure 30: Centrale de traitement d'air.

Source : SOFIA(2006).

La centrale de traitement d'air permet de réaliser :

- L'extraction l'air vicié.
- Le filtrage, la mise à température, l'humidification et l'apport de l'air neuf.
- La circulation d'air (Extraction de l'air vicié et apport d'air neuf) est assurée par un ventilateur et un système de gaine.
- L'air vicié peut assurer la mise en température de l'air neuf : Dans le caisson de mélange ou lors du transport.
- Les échangeurs thermiques ou batterie : Ils permettent obtenir grâce à un thermostat la température prescrite de l'air ambiant :

-Batterie froide : est alimentée en eau refroidie ou en fluide frigorigène ; elles ont une double action de mise en température de l'air à traiter et de déshumidification par formation d'eau condensée. Pour éviter les risques de contamination les circuits d'élimination des condensas doivent être maîtrisés.

-Batterie chaude : est alimentée en eau chaude, vapeur ou énergie électrique elle assure le préchauffage de l'air en cas de besoin.

- L'humidificateur : L'eau arrivant à l'humidificateur ne doit pas générer de germes. Il existe deux types de technologies:

-Humidificateur type bouilleur :

Qui injecte de la vapeur. L'eau est ainsi stérilisée (conseillé).

-Humidificateur à pulvérisation :

Qui pulvérise directement l'eau. (Déconseillé fort risque de contamination notamment par les légionnelles.) Si cette technologie est déjà en place, il est conseillé d'effectuer des contrôles réguliers de la qualité de l'eau¹.

4.5 Optimisation de La qualité de L'air au bloc opératoire :

La salle d'opération doit être une salle ultra propre afin de protéger le patient contre les infections. La table d'opération est la zone la plus critique de la pièce. La contamination doit être maintenue en dessous des niveaux spécifiés.²

Le système traitement d'air doit décontaminer rapidement la salle entre les opérations, afin d'éviter la contamination croisée. Chaque salle d'opération doit faire l'objet d'une analyse des risques pour évaluer le niveau de protection de cette salle, y compris :

¹ SOFIA, «*Traitement d'air*», op.cit. p21

² CERTIVEA, «*Traitement d'air pour application hospitalier* », 2012.France- 28p, [En ligne] http://www.Certivea.fr/Traitement_d'air_pour_application_hospitalier.pdf , Consulter le : 03/06/2018

La pathogénicité de tous les agents présents dans la salle d'opération, les conséquences possibles d'une exposition, les modes de transmission, la durée des opérations, le nombre de personnes, etc.

Ces paramètres permettent de définir les exigences de la salle d'opération :

- Les dimensions.
- La qualité de la diffusion.
- Le volume d'air soufflé¹.

4.5.1 Objectif des installations de traitement de l'air en salle d'opération :

Les salles d'opération appartenant à la classe I et les systèmes de traitement de l'air sont considérés comme indispensables pour la plupart des interventions. Les fonctions principales sont les suivantes :

- créer des conditions thermiques agréables.
- limiter le niveau de germe aérogène dans les espaces protégés, la zone opératoire et la table à instruments.
- limiter la concentration des gaz anesthésiques ou d'autres agents nocifs
- maîtriser la direction des flux d'air vers les pièces annexes.²

4.5.1.A Recommandations :

Le bloc opératoire doit être parfaitement propre afin de protéger le patient. Il est recommandé de :

- Contrôler le niveau de la contamination et identifier les zones à risque autour de la table d'opération
- Éliminer les gaz anesthésiques.
- Décontamination particulière rapide.
- Nettoyage et réajustements rapides entre les opérations.
- Conditions de travail confortables pour le personnel chirurgical.
- Temps de travail ininterrompu de l'équipe chirurgicale³.

Pour préserver la santé et la sécurité des patients et des personnels présents en bloc opératoire, il est recommandé aussi de renouveler l'air du bloc opératoire par apport d'air neuf de 6 volumes/heures au minimum à 15 volumes/heure¹.

¹ CERTIVEA, « *Traitement d'air pour application hospitalier* », Ibid. p15

² Recknagel SPRENGER. Ibid. p1452

³ CERTIVEA, « *Traitement d'air pour application hospitalier* », Ibidem

4.5.2 Les moyens techniques à mettre en œuvre pour optimiser la QAI dans le bloc opératoire :

Les moyens techniques à mettre en œuvre dans le traitement de l'air du bloc opératoire pour obtenir un niveau de performance, compatible avec la maîtrise du risque infectieux, sont :

- La création et le maintien d'une surpression, destinée à éviter la contamination provenant de l'extérieur du bloc opératoire.
- La filtration de l'air du bloc opératoire pour diminuer et maîtriser la concentration en particules de l'air et la bio contamination, qu'elles proviennent de l'extérieur ou de l'intérieur du bloc opératoire
- Le renouvellement de l'air pour satisfaire aux obligations réglementaires en vigueur en matière d'assainissement de l'atmosphère de travail. Ce renouvellement permet aussi, en fonction de son importance, d'éliminer les contaminants particulaires et la bio contamination générés dans le bloc opératoire
- Le flux turbulent ou non unidirectionnel provoque un effet d'induction par mélange de l'air propre introduit avec l'air ambiant, ce qui entraîne une dilution des bios contaminants puis leur élimination à l'extérieur du bloc opératoire.
- Le flux unidirectionnel à vitesse d'écoulement contrôlée et comprise entre 0,3 et 0,6 mètres à la seconde provoque un effet de balayage des bios contaminants (effet piston) et procure un air de qualité au niveau de la zone à protéger, de même que le plafond soufflant à basse vitesse.

Il est recommandé de prévoir en bloc opératoire un traitement de l'air permettant, entre autres, de maîtriser la pollution chimique générée par les activités chirurgicales, conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.²

4.5.2.A Les solutions Techniques :

La qualité de l'Air est assurée généralement par des bouches de soufflage en air turbulent, plafond à basse vitesse et dans des cas spécifiques par un flux laminaire, chaque salle possède sa propre CTA (centrale de traitement d'air). Tableau 10

¹ SOFIA, « *Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels* », 2016. France- 40p, [En ligne] [http:// www.Sofia.fr/Qualité_de_l'air_au_bloc_opératoire_et_autres_secteurs_interventionnels.pdf](http://www.Sofia.fr/Qualité_de_l'air_au_bloc_opératoire_et_autres_secteurs_interventionnels.pdf), Consulter le : 03/06/2018.

² Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH), « *La qualité de l'air au bloc opératoire* » « *recommandations des experts* », 2004, France, 61p, [En ligne] http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/sfhh/2004_air_SFHH.pdf le : 05/06/2018.

Tableau 10: Les solutions Techniques.
Source : Patriarche et CO. (2010).

Système	Débit d'air m ³ /h	Vitesse m/s	Degré de risque
Flux turbulent	1200 à 6000	<1,5	1 à 2
Plafond à Basse Vitesse	1200 à 7200	<0,1 à 0,38	3
Flux laminaire	13000 à 30000	0,38 à 0,50	4

- **Le Flux turbulent :**

Le flux non unidirectionnel : anciennement appelé flux turbulent, il correspond à un régime de distribution où l'air soufflé dans la zone propre se mélange à l'air déjà présent par un mécanisme d'induction selon la norme NBN EN ISO 14644-4 (2001).

Plutôt pour :

Les zones de risque 1 à 2, interventions à risque infectieux modéré: médecine interne ou spécialisée, rééducation fonctionnelle, maternité, pédiatrie, long et moyen séjour, psychiatrie, consultations externes. Et tous les sas et salles de réveil des blocs à risques 3 et 4.

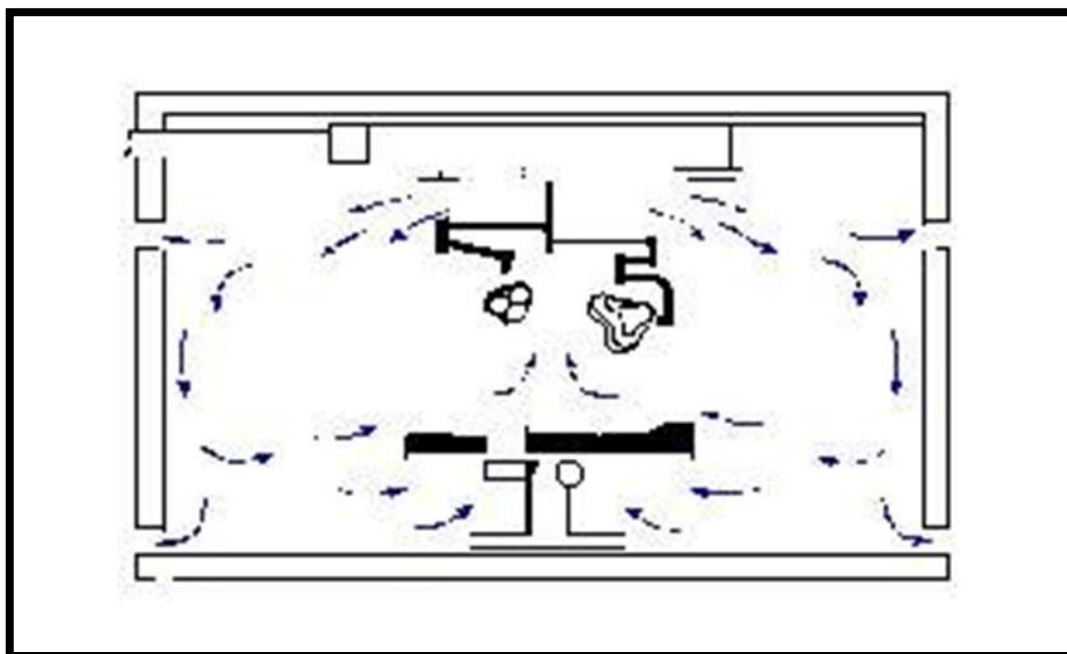


Figure 31: Le Flux turbulent.
Source : L.Fagot (2000)

• **Plafond à basse vitesse :**

Le plafond filtrant pour salles d'opération, réalise une diffusion contrôlée d'air filtré par des filtres absolus au-dessus du bloc opératoire. Les diffuseurs d'air sont intégrés aux filtres absolus, pour obtenir une diffusion unidirectionnelle de l'air au-dessus de la zone occupée par l'équipe chirurgicale. Le système permet un différentiel de vitesse d'air décroissant du centre vers l'extérieur du plafond en assurant ainsi un lavage continu et efficace de la zone à traiter, même en dessous du débit nomina

Plutôt pour Les zones de risque 3 Prises en charge et interventions à haut risque infectieux: réanimation, soins intensifs, explorations fonctionnelles et vasculaires, néonatalogie, hémodialyse, hématologie, chimiothérapie, chirurgie en bloc opératoire conventionnel, chirurgie digestive propre, contaminée, chirurgie gynécologique Obstétricale, urologique.

La plaie opératoire ne sera protégée, que si l'air pénètre dans le puits constitué par l'équipe et son matériel. La situation est donc totalement différente entre une salle vide et une salle en activité. C'est alors le taux de renouvellement d'air qui est primordial.

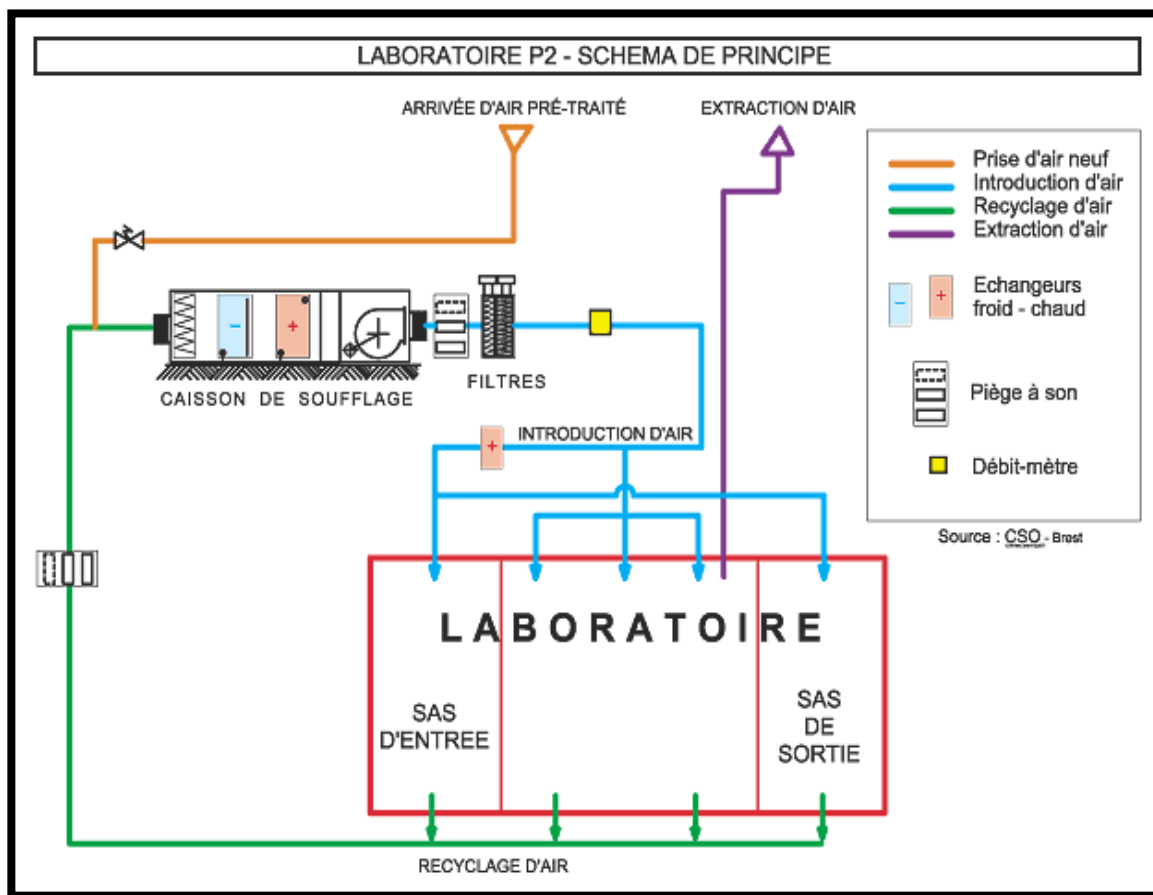


Figure 32:Plafond à basse vitesse.
Source : L.Fagot (2000)

➤ **Solution par le flux d'air unidirectionnel :**

Flux d'air maîtrisé traversant l'ensemble d'un plan de coupe d'une zone propre, possédant une vitesse régulière et des filets à peu près parallèles.¹

Le flux unidirectionnel : anciennement appelé écoulement laminaire, il correspond à un flux d'air maîtrisé qui traverse l'ensemble d'un plan de coupe d'une zone propre, possédant une vitesse régulière et des filets à peu près parallèle selon la norme NBN EN ISO 14644-4 (2001).

Plutôt pour: Zones de risque 04.

Prise en charge chirurgicale des patients à très haut risque infectieux: Cancérologie, oncohématologie, greffés, prématurés, brûlés, chirurgie cardio-vasculaire, orthopédique, neurochirurgie, ophtalmologie.

Certain opération requérant des exigences extrêmement strictes en matière de faible quantité de germes, Le flux laminaire est la solution optimale pour ces opératoires.

A partir des résultats obtenu par des essais fait par des ingénieurs (Seipp et all) qui on constater que la concentration des particules diminue extrêmement rapidement dans le cas d'un soufflage par un plafond à Le flux laminaire.

Flux unidirectionnel :

- Permet en partie d'obtenir au repos.
- Une maîtrise de la qualité de l'air.

Pour qu'un flux d'air soit flux unidirectionnel (ou laminaire), l'air doit être guidé.

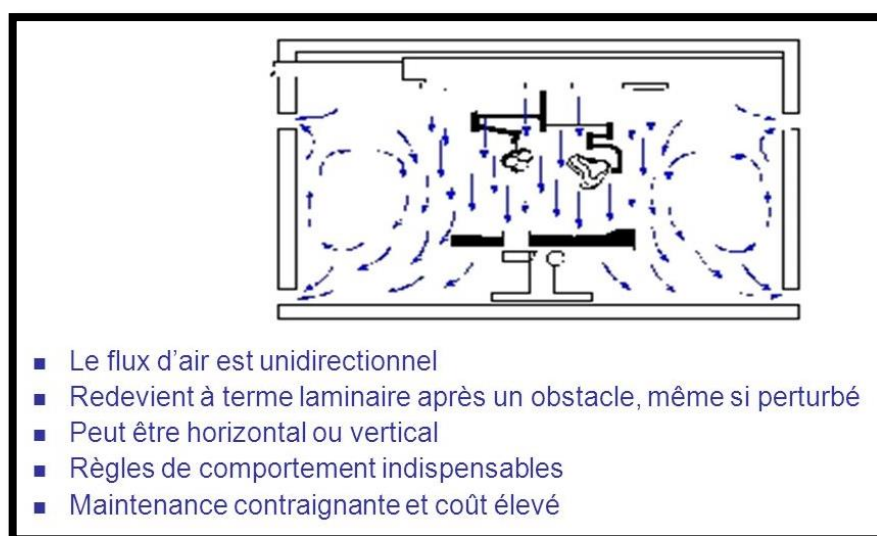


Figure 33:le flux d'air unidirectionnel.

Source : L.Fagot (2000)

¹ **J. SELLIÉS**, « Zone à atmosphère contrôlée: LE BLOC OPERATOIRE »2013, CHR Metz-Thionville, 29p, [En ligne] <http://www.intercomsante57.fr/html/profsante/pdf/Zone-a-atmosphere-controllee-le-bloc.pdf> le : 05/06/2018.

➤ **Solution par flux laminaire vertical :**

Plafond soufflant en inox a une vitesse de 0.2m/s (basse vitesse), équipé d'un filtre H13 ou H14 et d'une dalle aveugle étanche pour le passage du scialytique¹.

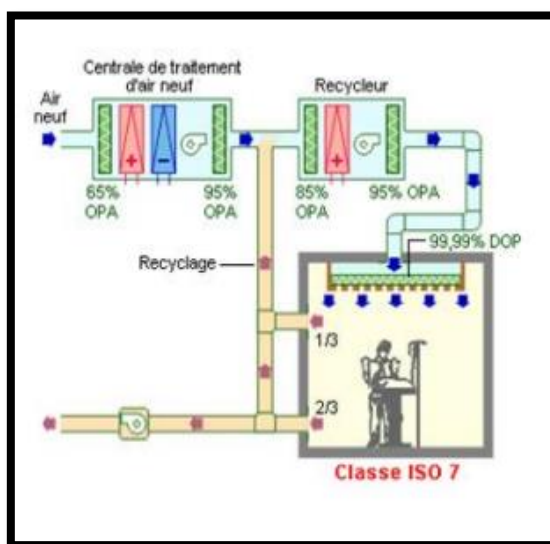


Figure 34: Solution par flux laminaire vertical.
Source : J. SELLES(2013).

➤ **Solution par flux laminaire horizontal :**

Tout le local est balayé par le flux d'air repris sur la paroi opposée.²(figure35)

- **Remarque** : sur le schéma, le chirurgien est mal situé par rapport au flux d'air qu'il risque de contaminer.³

¹ J. SELLES, Ibid. p 15

² Ibidem.

³ Ibidem.

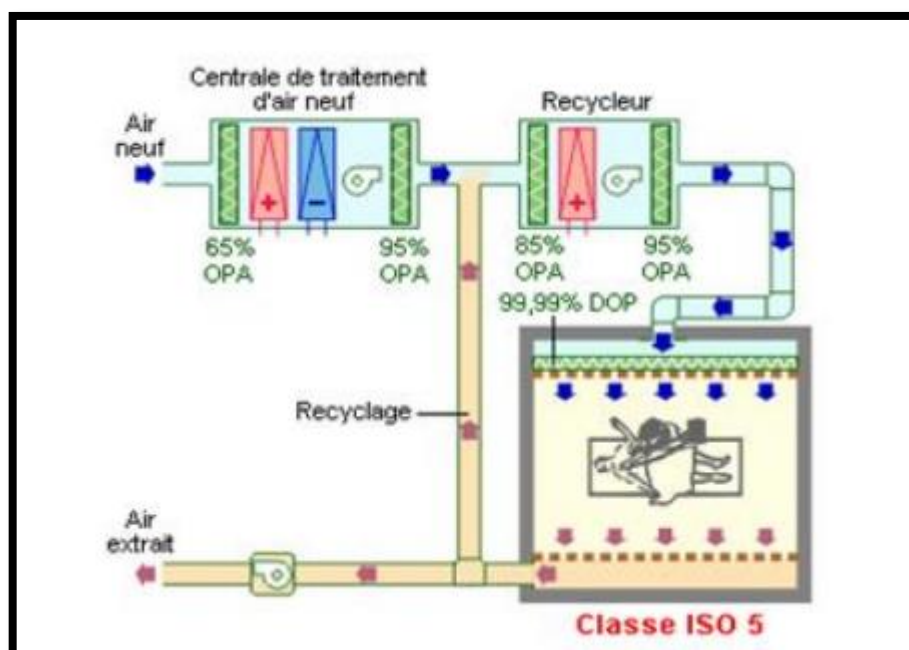


Figure 35: Solution par flux laminaire horizontal.
Source : J. SELLES(2013).

4.6 Contrôle d'environnement :

La Société Française des Infirmier(e)s Anesthésistes(SOFIA) recommande de faire du multiple contrôle d'environnement afin d'assurer une QAI optimale¹.

4.6.1 Contrôles Préliminaires :

L'empoussièrement et la contamination microbiologique d'un local sont deux paramètres indépendants.

L'appel à un laboratoire agréé par le ministère de la santé n'est obligatoire que pour l'analyse des eaux destinées à la consommation humaine, des eaux de piscine et de baignade aménagées dans le cadre de la réglementation.

Il n'existe pas de réglementation spécifique quant aux prélèvements d'air (nature, fréquence).

4.6.2 Contrôles particuliers :

Les contrôles particuliers se font à l'aide d'un compteur de particule. Ces contrôles sont assez reproductibles.

La norme NF EN ISO 14644-1 fixe à 5 le nombre minimum de points de prélèvement pour une salle de 20m². Le volume d'air analysé doit être suffisant pour permettre un dénombrement de particules égal ou supérieur à 20.

¹ SOFIA, «Traitement d'air», op.cit. p22.

- **Quand effectuer les prélèvements :**

- A la réception de l'installation.
- En fonctionnement.
- Hors de la présence humaine pour mesurer la classe d'empoussièremment.
- En présence humaine pour mesurer la classe d'empoussièremment en fonctionnement.
- Après maintenance ou travaux.

4.6.3 Contrôles microbiologiques :

Les contrôles microbiologiques sont très opérateur dépendant, ils doivent être réalisés avec les mêmes modes opératoires et appareil de mesures par du personnel qualifié. Même en prenant toutes les précautions nécessaires les résultats peuvent varier d'un facteur 10. (Problème de reproductibilité).

- **Etude quantitative :**

Réalisée par la numération des colonies les résultats sont exprimés en UFC (unités formant colonie). Du fait de la non-reproductibilité des résultats cette étude doit être prudente.

- **Etude qualitative :**

Détection de certaines bactéries qui peuvent être interprétées comme indicateurs de non-qualité.

- Mauvaise discipline ou tenue non adaptée.
- Contamination par les aérosols : bactérie à gram négatif (Pseudomonas...).
- Anomalie de filtration : champignon filamenteux (aspergillus.).

- **Quand effectuer les prélèvements :**

- Après maintenance ou travaux sur le système de traitement d'air.
- Lors de la survenue d'une épidémie.
- Dans le cadre d'un système maîtrisé et de situations à haut risque (chirurgie prothétique, chambre d'isolement protecteur.)

4.6.4 Objectifs et méthodologie des contrôles d'aérocontamination :

4.6.4.A Objectifs des prélèvements :

La réalisation des prélèvements d'air doit s'intégrer dans une politique plus large de vigilance environnementale (eau, surface) afin de servir d'indicateur aux actions qualité visant la gestion du risque infectieux.

- Prélèvements à visées " préventive " :
 - Plan de maintenance.
 - Surveillance des points critiques.
 - Après travaux.
 - A titre pédagogique.
- Prélèvements à visées " curative " :
 - Enquête épidémiologique.
- **Méthodologie :**
- Définir les zones à risque en relation avec le CLIN.
- Définir un plan de contrôle et d'entretien du réseau aéraulique (filtres, gaines, joints, humidificateur...).
- Définir les procédures et protocoles à appliquer en cas de problème de qualité.

4.7 Synthèse des différentes recommandations :

Il est recommandé d'effectuer dans les zones 4 et 3 les contrôles de classe d'empoussièrement et de classe bactériologique :

- En routine tous les trimestres.
- Après travaux sur la centrale, le circuit d'aération, dans les zones concernées et les zones avoisinantes.

Remarque : l'arrêté du 8 oct. 97 impose un contrôle d'empoussièrement tous les 6 mois. (Code du travail).

Les investigations ne se justifient qu'en zone qui possède un système de traitement d'air permettant d'obtenir la classe ISO8.

Tableau 11:Les différents contrôles effectués.

Source : SOFIA(2006)

Lieu	Contrôle particulaire	Contrôle microbiologique
Salles opératoires et salles de radiologie interventionnelles	A réception et après maintenance du réseau aéraulique : Cinétique particulaire et comptage de particules	Valeur cible Bloc conventionnel : B20 Bloc à flux laminaire : B5
Secteurs d'hospitalisation à environnement maîtrisé (chambre équipée de flux laminaires)	A réception et après maintenance du réseau aéraulique : Cinétique particulaire et comptage de particules si patient en aplasie prolongée classe ISO 5	Compléter les contrôle d'aérocontamination avec la recherche de champignons filamenteux (aspergillus) Niveau cible : absence Niveau alerte : sup 1/m3
Poste de sécurité microbiologique et Hottes à flux laminaire	A réception et après maintenance de la hotte	Difficilement réalisable
Unité de stérilisation	Valeur cible ISO8	.

Conclusion :

Les systèmes de traitement de l'air pour les établissements de santé ont des exigences spécifiques. Des zones différentes avec des besoins spécifiques, des exigences d'hygiène extrêmes dans une salle d'opération, des exigences particulières en raison de la sensibilité des patients aux risques d'infections. Les systèmes de filtration et de ventilation jouent un rôle important dans l'assurance d'un environnement propre, sûr et confortable pour le rétablissement des patients.

Les zones soumises aux restrictions les plus strictes demanderont un niveau de propreté de l'air selon la norme ISO14644-1. Afin d'atteindre le niveau requis, la conception correcte doit être choisie en se concentrant sur l'équilibrage de la pression, le débit d'air, le type de diffusion, la filtration et le débit d'air neuf. Les normes européennes comme DIN 1946/4 en Allemagne, NF S 90351 en France, SICC 99-3 en Suisse, ou HTM 03-01 au Royaume-Uni, définissent les principaux paramètres de conception.

Lorsque les établissements de santé ont besoin de plus que la filtration et la ventilation, il est recommandé de fournir des équipements et des systèmes complets pour le contrôle de la contamination croisée, des flux d'air et des odeurs, tout en maintenant la température, l'humidité, la qualité de l'air et le bruit à un niveau confortable pour les patients et le personnel.

L'ensemble des systèmes de traitement d'air ont été développés autour de ce chapitre sont. Flux turbulent, plafond à basse vitesse et Flux laminaire (flux unidirectionnelle). Ces systèmes sont considérés comme indispensables pour l'optimisation de la qualité de l'air au bloc opératoire.

Conclusion générale:

L'objectif premier de la construction d'un équipement sanitaire est de garantir la protection, le bien-être et la sécurité du patient. Pour satisfaire ces trois exigences l'architecte doit résoudre une série des problèmes. Nous avons essayé dans ce mémoire d'apporter les notions et les techniques qui aideront l'architecte à créer des endroits sains et confortables. Notre travail présentera des notions sur la qualité de l'air intérieur et comment l'optimiser.

Au cours des dernières décennies, il est remarquable que l'exposition des occupants aux polluants de l'air intérieur ait augmenté en raison d'une variété de facteurs, dont les suivants :

- Construction de bâtiments plus étanches.
- Réduction des débits de ventilation pour l'objectif d'économiser l'énergie.
- Complexité accrue des systèmes de construction modernes.
- Augmentation du temps passé à l'intérieur.
- Détérioration des bâtiments due à l'âge, et à un entretien ou une conception inadaptés.

Dans un cadre général, la QAI est le résultat des interventions entre les bâtiments, les systèmes de construction et les personnes dans les établissements de santé.

Pour cela l'objectif initial de la démarche HQE est d'admettre certains bâtiments dont les performances environnementales sont supérieures aux réglementations.

Cette démarche montre deux types de confort. En premier lieu, le confort écologique. En second lieu un confort sensoriel, lié à l'agréabilité de l'environnement intérieur. Le confort sensoriel est composé de : confort thermique, qualité de l'air.

Ce travail est pour l'objectif d'apporter des idées, moyens et outils simples et performants qui leur permettront d'intégrer dès la conception du projet jusqu'à la réalisation de la future construction.

Afin de garantir une bonne qualité d'air intérieur et en plus d'éviter la consommation énergétique de nos bâtiments il est plus que indispensable de prendre en charge la conception architecturale de départ qui doit s'inscrire dans le sens de la durabilité.

Recommandations :

Les stratégies qui on l'on peut utiliser pour optimiser la qualité de l'air intérieur peuvent se résumer à six méthodes de base :

- **La gestion des sources :**

C'est le fait qui consiste à viser, éviter et isoler ou éliminer une source de contamination de l'air.

- **L'évacuation locale :**

Consiste à exclure les sources ponctuelles de polluants avant que ces derniers se propagent dans l'air intérieur en évacuant l'air contaminé directement à l'extérieur. Les aires où l'évacuation locale est utilisée comprennent les toilettes et les aires de préparation des aliments.

- **La ventilation :**

Introduit de l'air extérieur dans un bâtiment afin d'éliminer les contaminants comportés dans l'air intérieur. De façon générale, les règlements du bâtiment précisent la quantité (et parfois la qualité) de l'air extérieur qui doit être fourni de façon continue à une surface occupée. Pour les cas où la ventilation est inefficace (comme les zones sahariennes) un système de climatisation doit être adapté. Pour les cas de déversements de produits chimiques, une augmentation temporaire de la ventilation peut aider à éliminer la concentration des contaminants dans l'air.

- **La gestion de l'exposition :**

Compromet le choix du moment et de l'emplacement de l'occupation d'un bâtiment afin de diminuer au minimum l'exposition aux contaminants.

- **Le nettoyage de l'air :**

Par la capture des particules dans l'air. Divers types et niveaux de filtration de particules sont généralement compromis dans les systèmes de ventilation.

- **L'éducation :**

L'éducation des occupants du bâtiment à la question de QAI est cruciale. Des informations doivent être données aux gens sur les sources de contaminants et les impacts de ces derniers sur leur santé, et sur le bon fonctionnement du système de ventilation. Ces informations permettront aux occupants de mieux interpréter leur environnement intérieur et d'attraper des mesures pour diminuer leur exposition personnelle aux sources des contaminants et améliorer la QAI générale.

Références bibliographique :

- **ADEME.** « *Construction HQE du collège de Villeneuve-Lès-Maguelone (34)* ». 2006. France, [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté le: 18/05/2018.
- **ADEME** « *Initiation à la Haute Qualité Environnementale (HQE) dans le bâti Journées de formation Vendredi 21 avril 2006 – Mende Mardi 9 mai 2006 - Visites de bâtiments HQE Compte-rendu* », 57P. [En ligne] <http://www.ademe.fr> Consulté le: 25/05/2018.
- **Adrien DHALLUIN**, Mémoire de l'École Doctorale (SI-MMEA). LA ROCHELLE « *Étude de stratégies de ventilation pour améliorer la qualité environnementale intérieure et le confort des occupants au milieu scolaire*.2012.France.302p. [En ligne], <https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/823905/filename/2012Dhalluin30143.pdf> Consulté le: 15/05/2018.
- **Alain BUGNICOUR.** « *Introduction à la typologie et l'histoire des hôpitaux* », (2007), p1, [en ligne] <http://alain.bugnicourt.free.fr/cyberbiologie/bioramapub/typologie0.pdf> Consulté le: 26/04/2018.
- **ARFAOUI Chedia et all**, « *Hygiène hospitalière et lutte contre les infections associées aux soins* », (2008), p33, [en ligne], <http://sotugeres.org/wp-content/uploads/2016/05/HYGIENE-HOSPITALIERE-ET-LUTTE-CONTRE-LES-INFECTIIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS.pdf> Consulté le: 28 Avril 2018.
- **Armand DUTREIX.** « *Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments* », brochage 42540 STJUSTLA- PENDUE AVRIL 2010 N° 201003.0321. En France.
- **Arnaud FLORENTIN**, Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1 « *construction d'outils nécessaires au suivi et à la maîtrise de la qualité de l'air dans un établissement de sante* ».2011.France.193p. [En ligne], http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_T_2011_FLORENTIN_ARNAUD.pdf. Consulté le: 25/05/2018.
- **Association des ingénieurs en climatique, ventilation et froid (France)** « *Conception et calcul des installations de ventilation des bâtiments et des ouvrages* » Volume 01, 1992, Pyc edition, Ivry-sur-Seine.
- **Catherine FERMAND**, « *les hôpitaux et les cliniques, architecture de la santé* », Edition du Moniteur, 1999, paris.
- **CERTIVEA** « *Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments – Bâtiments tertiaires*», 2011. Révision millésime 2015.France- p562, [En ligne] <http://www.Certivea.fr> ,Consulté le: 22/05/2018.
- **CERTIVEA**, « *Traitement d'air pour application hospitalier* », 2012.France- 28p, [En ligne] http://www.Certivea.fr/Traitement_d'air_pour_application_hospitalier.pdf , Consulté le: 03/06/2018.

- **Emily ANTHES**, « *comment l'architecture influence notre pensée* », Cerveau & Psycho, 2009, n° 33.
- **Ernest NEUFERT**. « *Les éléments des projets de construction* » 8e édition. Dunod, Paris, (2002), ISBN 2-1 0-005759-6.
- **Groupe de travail « indicateurs confort-santé »**. « *Règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénove à réception* ». Version 2013. Ademe, France. 26p, [En ligne], www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2017/07/GUIDE-PRATIQUE-HQE-web2.pdf Consulté le: 05/05/2018
- **Jean DESMONS** « *aide-mémoire génie climatique* » 3^e édition, Dunod, Paris, 2008.
- **J. SELLIES**, « *Zone à atmosphère contrôlée: LE BLOC OPERATOIRE* » 2013, CHR Metz-Thionville, 29p, [En ligne] <http://www.intercomsante57.fr/html/profsante/pdf/Zone-a-atmosphere-controlee-le-bloc.pdf> Consulté le: 05/06/2018.
- **Patrick JACQUARD et Serge SANDRE** « *La pratique de la climatisation et du chauffage thermodynamique* » 3^e édition, PYC EDITION, 2012, France.
- **Paul DE HAUT** « *Chauffage, isolation et ventilation écologique* » 2e édition, Eyrolles, 2011, BLD saint-germain.
- **Pr.L.CHACHOUA**, « *Le système national de santé 1962 à nos jours* », (2014), p2, [en ligne] http://www.sante.dz/colloque/docs/01_systeme_sante_chachoua.pdf consulté le: 21/04/2018.
- **La Direction des Communications du Ministère de la Santé et des Services Sociaux** « *Guide de qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux* » (2e édition, 2011) Québec, 226p, [En ligne], <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2011/11-610-05W.pdf> Consulté le: 13/05/2018.
- **La santé et la vie**, <https://journals.openedition.org/philosophiascientiae/101> Consulté le: 21/04/2018.
- **Le Moniteur**. *Guide Veritas Des Technologies De La Construction*. 2004.
- **Marion KEIRSBULK**, Mémoire de l'école nationale de la santé publique « *qualité et traitement de l'air intérieur en milieu hospitalier : quels risques physico-chimiques* », 2006, Rennes, 91p, [En ligne], <https://documentation.ehesp.fr/memoires/2006/igs/keirsbulck.pdf> Consulté le: 18/05/2018.
- **Martine DRENEAU et All**, « *Dossier thématique sur la santé et l'environnement dans les départements de l'Ardèche et de la Drôme* », (2018), p59, [En ligne], <http://www.chs->

drome.sante.org/sites/default/files/documentation/dossier_sante_environnement_complet.pdf , Consulté le: 26/04/2018.

- **Michael BALLE et al**, « *Organiser les services de soins : Le management par la qualité* ». Masson, Paris, 2000, 2004. ISBN : 2-294-01549 -5.
- **Michèle PAPPALARDO**, « *Protection de l'environnement et maîtrise de l'énergie dans le secteur hospitalier.* » La revue des technologies de la santé. 2006. No 697.
- **Recknagel SPRENGER** « *génie climatique* » 2007, paris.
- **Roger CADIERGUES**. « *Mémo CAD nV00 a ventilation et qualité de l'air* ». (2012), France, 04p, [En ligne], https://media.xpair.com/auxidev/nE20a_QA.pdf Consulté le: 15/05/2018.
- **RS Ulrich, et all**. « *view through a window may influence recovery from surgery*», Science 224, 420 (1984), [En ligne], https://is.muni.cz/el/1423/podzim2011/HEN597/um/Readings_Env_Psy/Ulrich_1984.pdf Consulté le: 27/04/2018.
- **Salim HAINE** « *élaboration d'une stratégie de ventilation pour l'élimination efficace des bio aérosols dans une unité de bronchoscopie*». Montréal, le 06 juin 2014 » 112p, [En ligne], http://espace.etsmtl.ca/1327/1/HAINE_Salim.pdf Consulté le: 13/05/2018.
- **Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH)**, « *La qualité de l'air au bloc opératoire « recommandations des expert* », 2004, France, 61p, [En ligne] http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/sfhh/2004_air_SFHH.pdf Consulté le: 05/06/2018.
- **SOFIA**, « *Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels* », 2016.France- 40p, [En ligne] http://www.Sofia.fr/Qualité_de_l'air_au_bloc_opératoire_et_autres_secteurs_interventionnels.pdf, Consulté le: 03/06/2018.
- **SOFIA**, « *Traitement d'air* », 2015.France- 19p, [En ligne] http://www.Sofia.fr/Traitement_d'air.pdf , Consulté le: 28/05/2018.
- **SOMFY**. « *Donner plus de bien-être à la santé* » (2013), p4. [En ligne] https://service.somfy.com/downloads/buildings/9017746_sectoriel-sante_0713bd.pdf , Consulté le: 27/04/2018.
- **Thierry LEBAS**, « *Hôpitaux Promoteurs de Santé : Le Développement Durable, un levier de Promotion de la Santé* », (2013), p5-8 [en ligne], http://inpes.santepubliquefrance.fr/jp/cr/pdf/2013/2b-Launay_LEBAS.pdf Consulté le: 27/03/2018.

Annexe I :

➤ L'arrêté interministériel du 22 octobre 1988 ¹:

Relatif à la Ventilation et à la Climatisation:

La ventilation de la salle d'opération est fondamentalement asservie aux problèmes soulevés par l'aérobio-contamination. Les aspects impliqués sont :

La filtration de l'air

Le renouvellement de l'air

Le recyclage.

Pendant toute la durée des séances opératoires, l'atmosphère des salles d'opération et des salles d'anesthésie doit recevoir un apport d'air neuf ou partiellement recyclé au régime minimal de douze fois par heure le volume de chaque salle avec un minimum de 50 m³ par heure, par personne susceptible d'être présente dans la salle. Ce régime ne doit jamais dépasser le seuil de quinze (15) fois le volume de la salle. L'apport d'air recyclé doit être prélevé uniquement dans la salle traitée.

Le renouvellement d'air est obtenu avec un appareil à ventilation sous UV et filtre absolu de 0,5 U, un recyclage d'air et un degré hygrométrique par vapeur de 50 à 60% sous une température de 21°C + ou -1°. Rappelons qu'en ce qui concerne les établissements hospitaliers installés dans les régions chaudes du pays (Sud) ou les variations de températures sont très élevées. Il est recommandé de prendre les dispositions nécessaires dès conception du bloc opératoire pour assurer des paliers de températures suffisants entre celle de l'extérieur de l'ordre de 45° et 50°, et celle du bloc de 21° afin d'éviter les chocs thermiques.

Les gaines de soufflage sont de type plafonnier réalisées à 30 cm au-dessous du plafond, alors que celles prévues pour la récupération se situent à 30 cm en dessus du sol.

Pour des raisons d'hygiène, les radiateurs ne sont pas admis dans les salles d'opération. Ils sont toujours installés dans les locaux annexes.

➤ Législation relative à l'aération et à l'assainissement des locaux de travail² :

Code du travail art 232-5-1 et 5 à 7 : concernant la possibilité de pollution spécifique des locaux .Pour les locaux, où sont pratiqués des activités susceptibles de générer des pollutions spécifiques, les débits d'air neuf et extrait doivent être étudiés pour que les valeurs limites d'exposition édictées par le ministère de la santé ne puissent être dépassées. (Ex : locaux dans lesquels on utilise le glutaraldéhyde)

Décret n°084-1093 et 084-1094 du 07/12/194 et une circulaire DRT N°3 09/05/85 :

¹ Ministère de la santé et de la population « *Les normes techniques et sanitaires d'un établissement hospitalier privé* » (2011), p09,[En ligne], http://www.sante.gov.dz/images/Les_normes.pdf, Consulté le : 26/06/2018

² **SOFIA**, «*Traitement d'air*», 2015.France- 19p, [En ligne] http://www.Sofia.fr/Traitement_d'air.pdf ,Consulté le: 28/05/2018

Ces décrets complètent le code du travail en fixant les règles relatives à l'aération et l'assainissement des locaux de travail auxquelles doivent se conformer les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement des bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole.

Arrêté des 8 et 9 octobre 1987 :

En application de l'article R232-5-9 du Code du Travail :

Les opérations de maintenance doivent être effectuées selon les indications remises par l'installateur et notifiées dans le dossier d'installation.

En exploitation, il est nécessaire de contrôler, au minimum tous les 6 mois : la concentration en poussières, les systèmes de surveillance mis en œuvre.

Arrêté du 25 juin 1980 et 23 mai 1989 :

Art U34 ventilation des locaux anesthésiques inflammables autorisés pendant toute la durée des séances opératoires.

L'atmosphère des salles d'opération et des salles d'anesthésie et de réveil associées doit recevoir un apport en air neuf au régime minimal de 15 volumes par heure par salle avec un apport minimal d'air neuf de 50 mètres cubes par heure par personne susceptible d'être présente dans la salle.

S'il est prévu un apport en air recyclé, celui-ci doit être prélevé uniquement dans la salle concernée.

L'installation doit permettre une diffusion rapide et une évacuation vers l'extérieur des vapeurs anesthésiques.

➤ **Classification et caractérisation des salles¹ :**

Norme FS 209 : Salles Blanches et Enceintes. Exigences - Environnement contrôlé. Normes américaines instaurant les classifications en salle blanche.

Norme ISO 14644 -1 : Définition et Classification de la Propreté Particulaire de l'Air.

Norme EN 1822-1 : Filtres à air à très haute efficacité et filtres à air à très faible pénétration (HEPA et ULPA)

Définit ce qu'est un filtre HEPA (High Efficiency Particulate Air) et ULPA (Ultra Low Penetration Air), ainsi que leur classification selon la méthode d'essai.

Norme NF S 90-351 : Procédures de Réception et de Contrôle des Salles d'Opérations (en cours de révision). Définit les différentes configurations de salles d'opérations.

Définit la classification des salles d'opérations du point de vue particulaire (référéncé sur la norme NFX 44-101) ainsi que du point de vue bactériologique.

¹ **Recknagel SPRENGER** « *génie climatique* » 2007, paris. p 1777

Définit les méthodes d'essais : ces méthodes reprennent en grande partie la norme NFX 44-102.

Norme NFX 44-102 : Enceintes à Empoussièrement Contrôlé - Définitions - Classification - Introduction à la procédure réception et de contrôle périodique.

Définit les critères d'acceptation et de contrôle d'une enceinte à flux laminaire que ce soit une hotte ou une salle. (Étanchéité du filtre et du plan de joint, Laminarité).

Norme ISO 14698 : Salles propres et environnements maîtrisés apparentés - Maîtrise de la bio contamination.

Elle définit les méthodes d'analyse, de mesure, d'évaluation et d'interprétation de la bio contamination.

➤ **Recommandations spécifiques aux établissements de santé (Documents généraux)**

Manuel d'accréditation ANAES : référence 9 " surveillance, prévention contrôle du risque infectieux "

Mise en œuvre de procédures concernant la maintenance et le contrôle de la qualité de l'air dans les secteurs bénéficiant d'un système de ventilation contrôlé.

100 recommandations pour la prévention des infections nosocomiales recommandation N°:

- 50 hygiène générale : contrôle du fonctionnement des installations de traitement d'air en particulier dans les services à très haut risque.

- 51 contrôles d'environnement : plan de contrôle de la qualité micro bio. De l'air dans le but de rechercher la source d'un problème infectieux mais aussi en routine dans zones protégées.

- 65 environnements du bloc opératoire : Filtrer et climatiser l'air du bloc, assurer un taux de renouvellement adapté et mettre en place un plan de contrôle. Dans le cas de la chirurgie orthopédique propre recommande les systèmes à flux laminaire.

➤ **Documents relatifs à la stérilisation¹ :**

Circulaire DGS/VS2-DH/EM1/EQ1/97672 du 20 octobre 1997 : relative à la stérilisation des DM dans les ES

Elle précise la nécessité de maîtriser et de surveiller les conditions entourant le procédé de stérilisation et notamment de l'air.(mise en place d'un plan de surveillance et de seuils).

Bonnes pratiques de pharmacie hospitalière (BO n°2001/2 bis).Au repos après un temps d'épuration de 20 min les zones de conditionnement doivent être de classe ISO 8 avec une limite recommandée de contamination microbiologique de 200UFC/m³, cette zone doit être maintenue en surpression. Le système de traitement d'air doit être adapté (filtre, taux de renouvellement).

¹ **SOFIA**, «*Traitement d'air*», Op.cit. 19p

Une procédure de contrôle d'environnement et un plan de maintenance doivent être mis en place (présence d'enregistrements des opérations)

Réglementation :

Arrêté du 24/03/1982 relatif à l'aération des logements et associé au DTU N°68.2 d'octobre1988

AFNOR DTU P 50-411 (1et 2) " exécution des installations de ventilation mécanique

Résumé :

Sous le cadre de développement des techniques de construction, la médecine et la notion d'équipement sanitaire à travers le temps, la qualité de l'air intérieure devenu un élément essentiel et un vaste champ de recherche où, les soucis, les acteurs, les moyens sont multiples.

La présente recherche porte sur la question d'optimisation de la qualité de l'air intérieure dans les équipements sanitaires à travers l'utilisation des moyens et des techniques de traitement d'air, notre attention est de vérifier si la qualité de l'air est toujours présente dans les équipements sanitaires, et si elle contribue à la sensation de bien-être au sein de ces établissements complexes.

Pour atteindre l'objectif, la méthode d'approche est fondus sur trois appuis, la première est de comprendre les équipements sanitaires de son origine et quelle exigence pose t'ils en matière de qualité de l'air. La deuxième est de vérifier s'il Ya des solutions qui s'adaptent, et comment ils contribuent à l'optimisation de qualité de l'air intérieure. Troisième est de prévoir les techniques et les moyens par les quelles cette facteur d'ambiance intérieure s'intègre dans la conception architecturale.

Et à la fin en ressort avec des recommandations synthétique et des normes mondiale concernent la conception et l'intégration du système d'optimisation de la qualité de l'air intérieur.

Abstract:

Under the framework of development of construction techniques, medicine and the notion of sanitary equipment over time, the quality of indoor air has become an essential element and a vast field of research where, concerns, actors, means are multiple.

The present research focuses on the question of optimization of indoor air quality in sanitary facilities through the use of means and air treatment techniques; our attention is to check whether the air quality is still present in the sanitary facilities, and if it contributes to the feeling of well-being within these complex establishments.

To achieve the objective, the method of our approach is based on three supports, the first is to understand the sanitary equipment of its origin and what requirement poses them in terms of air quality. The second is to check if there are solutions that fit, and how they contribute to the optimization of indoor air quality. Third is to provide the techniques and the means by which this indoor mood factor fits into the architectural design.

And in the end comes out with synthetic and global standards recommendations concern the design and integration of the indoor air quality optimization system.

ملخص:

مع مرور الوقت وتحت إطار تطور تقنيات البناء، الطب ومصطلح المرافق الصحية، أصبحت نوعية الهواء الداخلي عنصراً أساسياً ومجالاً واسعاً من الأبحاث حيث، المخاوف، الجهات الفاعلة والوسائل متعددة.

يركز البحث الحالي على مسألة تحسين جودة الهواء الداخلي في المرافق الصحية من خلال استخدام وسائل وتقنيات معالجة الهواء، واهتمامنا هو التحقق من وجود جودة دائمة للهواء في المرافق الصحية، وإذا كان يساهم في الشعور بالرفاهية داخل هذه المنشآت المعقدة.

ولتحقيق هذا الهدف، تقوم طريقتنا في تقريب المفاهيم على أساس ثلاثة دعائم، الأولى فهم المرافق الصحية من منشأها وما هي متطلبات تحقيق جودة الهواء فيها. والثاني هو التحقق مما إذا كانت هناك حلول تتلاءم مع طبيعة هذه المرافق، وكيف تساهم في تحسين نوعية هوائها الداخلي. ثالثاً تقديم التقنيات والوسائل التي يتناسب بها هذا العامل المؤثر على الجو الداخلي مع التصميم المعماري. وفي النهاية، نستخلص التوصيات والضوابط العالمية الخاصة بتصميم ودمج نظام تحسين جودة الهواء الداخلي التي تناسب المرافق الصحية.