

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



جامعة 8 ماي 1945 قالمة
UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture
Laboratoire de Génie Civil et Hydraulique

THÈSE

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Troisième Cycle

Domaine : Architecture, urbanisme, et métiers de la ville
Filière : Architecture
Spécialité : Habitat et savoirs constructifs

Présentée par

Bourekba Oussama

Intitulée

**Optimisation du confort acoustique dans le bâtiment public / cas des
équipements sanitaires à Skikda**

Soutenue le : 01/10/2025

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr. Alkama Djamel

Professeur

Univ. de Guelma

Président

Mr. LAZRI Youcef

Professeur

Univ. de Guelma

Encadreur

Mme. Chouahda Amina

MCB

Univ. de Guelma

Co-encadreur

Mr. Cheraitia Mohammed

MCA

Univ. de Guelma

Examineur

Mr. Mahimoud Aissa

Professeur

Univ. de Constantine 3

Examineur

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴿٢﴾

الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ ﴿٢﴾ مَلِكِ يَوْمِ الدِّينِ ﴿٤﴾

إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ ﴿٥﴾ أَهْدِنَا

الصِّرَاطَ الْمُسْتَقِيمَ ﴿٦﴾ صِرَاطَ الَّذِينَ أَنْعَمْتَ

عَلَيْهِمْ غَيْرِ الْمَغْضُوبِ عَلَيْهِمْ

وَلَا الضَّالِّينَ ﴿٧﴾

Dédicaces ...

Je tiens avant tout d'exprimer ma profonde gratitude au **Allah, le Tout-Puissant**, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. J'adresse également mes salutations **aux prophètes**, et tout particulièrement à notre **Prophète Mouhamed** « Sala Llaho Alayhi Wa Salam ».

Il m'est essentiel de témoigner ma reconnaissance à ma famille, véritable pilier de ce parcours. Je remercie de tout cœur mes parents, **Rachid et Kriba Sihem**, dont le soutien constant a renforcé ma détermination, en particulier dans les moments les plus difficiles. Ma gratitude s'étend également à mes frères, **Adel et Aymen**, ainsi qu'à mes sœurs, **Dr. Esma et Dr. Ikram**, dont la présence et les encouragements ont été une source précieuse de motivation. Je tiens aussi à exprimer mes remerciements à ma tante, **Saliha**, que je considère comme une seconde mère, ainsi qu'à mon grand-père **Abdellah** et mes oncles, **Ibrahim et Farouk**, pour leur soutien et leur bienveillance.

Une pensée particulière à **Yemma Khemissa, Jeddi Lakhdar et ma tante Yasmina** « Rabi Yarhamhom », dont le souvenir reste gravé dans mon cœur avec respect et reconnaissance.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au **Pr. Hamouda Aziz**, du département de génie civil d'Annaba, pour son appui précieux et son accompagnement académique. Mes remerciements vont également aux **Faghmous Marouenne et Attoui Nacer**, dont leurs présences et leurs soutiens dans les moments difficiles ont été d'une grande importance.

J'adresse également mes sincères dédicaces à **mes amis et mes collègues**, qui ont toujours été une source de motivation et un soutien dans ce parcours.

BOUREKBA OUSSAMA

Remerciement

Je tiens à exprimer ma gratitude au **Pr. Lazri Youcef**, mon directeur de recherche, pour son encadrement rigoureux, ses orientations précieuses et son suivi attentif tout au long de cette étude. Je remercie également **Dr. Chouahda Amina**, mon Co-encadreur, pour ses remarques constructives, son soutien et son apport méthodologique, qui ont contribué à l'avancement de ce travail.

Je remercie les membres du jury pour le temps consacré à l'évaluation, ainsi, pour leurs analyses et critiques qui ont enrichi cette recherche.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers les enseignants et le **département d'architecture de l'Université 8 Mai 1945 de Guelma** pour leur accompagnement et leur engagement dans la formation doctorale. Une mention particulière au **Pr. Alkama Djamel**, responsable de la formation doctorale, pour ses conseils et son appui.

Je remercie les laboratoires de recherche **AEEE** de Constantine et **LEVE** de Batna pour la mise à ma disposition des équipements et des ressources nécessaires à la réalisation de cette étude.

Je tiens également à remercier la direction de la santé «**DSP**» de **Skikda** et l'administration de l'établissement hospitalier public **EHP Abderezzak Bouharra**, pour leur coopération et l'aide apportée lors des investigations sur le terrain.

Enfin, j'exprime ma reconnaissance au **Pr. Simone Secchi** et à **Véronica Amodeo**, du département d'architecture de Florence, pour leur collaboration et les échanges scientifiques qui ont enrichi cette recherche.

الملخص

الضوضاء في المستشفيات تشكل تحديًا كبيرًا يؤثر على رفاهية المرضى والطاقم الطبي والزوار. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم وتحسين الراحة الصوتية في المستشفيات بمدينة سكيكدة. لتحقيق ذلك، تم اختيار المؤسسة الاستشفائية العمومية عبد الرزاق بوحارة كموقع للدراسة نظرًا لأهميتها المحلية والإقليمية، كما تم اختيار مصلحة طب المسالك البولية لكونها أقل ازدحامًا وأكثر ملاءمة للمنهجية المعتمدة في القياسات الصوتية المستهدفة.

تعتمد المنهجية على قياسات ميدانية تتجلى في مقاربتين مكملتين لبعضهما: المقاربة الإحصائية التي تتعلق بقياس مستويات الضوضاء في مختلف الأماكن والفترات الزمنية، والمقاربة الخاصة بعزل الصوت الهوائي التي تهدف إلى تقييم الأداء الصوتي للمبنى. ومن خلال تحليل الإطار المعياري الخاص بكل مقاربة، تم إجراء تقييم لتحديد نطاق التدخل وتحديد المصادر الرئيسية للضوضاء. بعد ذلك، تم تنفيذ عملية التحسين من خلال محاكاة صوتية تعتمد على السياقات المعيارية التي تم تحليلها، وذلك باستخدام برنامج (2.7 Ramsete®).

تشير القياسات الميدانية إلى أنه على الرغم من الامتثال لمستوى المعيار المحدد في مدونة البناء (CC)، إلا أن مستويات الضوضاء داخل المساحات الاستشفائية تتجاوز بشكل كبير المعايير الوطنية والدولية المدروسة، مع فروق تصل إلى 36 dBA مقارنة بالحدود التي وضعتها منظمة الصحة العالمية (WHO) ومجلس الضوضاء العالمي (INC). تعتمد هذه التغيرات على معدل الإشغال والأنشطة الاستشفائية، حيث أظهرت المساحات المأهولة مستويات ضوضاء أعلى من غير المأهولة، مما يؤكد التأثير الكبير للمصادر الداخلية على البيئة الصوتية. علاوة على ذلك، فإن مستويات الضوضاء الخارجية تسجل أيضًا تجاوزات كبيرة مقارنة بالحدود التنظيمية الوطنية والدولية، مما يبرز تأثير التلوث الضوضائي.

يُظهر تقييم العزل الصوتي وجود نقص كبير، حيث جاءت مؤشرات (R'_w) و $(D_{nT,w})$ أقل من المتطلبات الدولية، مما يؤدي إلى انتقال صوتي مفرط بين الغرف وكذلك بين الممرات والغرف.

تمت محاكاة عدة تدخلات، بما في ذلك تقليل مساحة الزجاج، التحول من الزجاج الفردي إلى المزدوج، تغليف الأبواب، وتركيب الألواح الصوتية. وأظهرت النتائج أن أكثر التحسينات فعالية كانت بفضل تغليف الأبواب (+11 dBA) وتركيب الألواح الصوتية (+13 dBA) عند تغطية 90% من الحائط، مما سمح باحترام المعايير الدولية.

تؤكد هذه الدراسة على أهمية تبني نهج شامل في التعامل مع العزل الصوتي في المستشفيات الجزائرية، من خلال استخدام مواد ذات أداء عالٍ، وتحسين تنظيم المساحات، واعتماد لوائح تنظيمية محددة. من شأن تحسين الراحة الصوتية أن يسهم في تعزيز تعافي المرضى، وتحسين ظروف عمل الطاقم الطبي، وتقليل التوتر الزوار، بما يتماشى مع المعايير الدولية.

الكلمات المفتاحية: الراحة الصوتية، الضوضاء، التحسين، المعايير، المؤسسة الاستشفائية العمومية (EHP)، مصلحة طب المسالك البولية، سكيكدة.

Résumé

Le bruit dans les hôpitaux constitue un enjeu majeur, affectant le bien-être des patients, du personnel soignant et des visiteurs. L'objectif de cette étude est d'évaluer et d'optimiser le confort acoustique dans les hôpitaux à Skikda. Pour ce faire, l'EHP Abderezzak Bouharra a été choisi en raison de son importance locale et régionale comme site d'investigation, et le service médical d'urologie a été retenu car il est moins fréquenté et adapté à la méthodologie des mesures acoustiques ciblées. La démarche repose sur des mesures In-Situ qui se déclinent en deux approches complémentaires : l'approche statistique, qui consiste à mesurer les niveaux sonores dans différents espaces et périodes, et l'approche d'isolation acoustique aérienne, qui évalue les performances acoustiques du bâtiment. En s'appuyant sur une analyse du contexte normatif propre à chacune de ces approches, une évaluation a été effectuée afin de déterminer le cadre d'intervention et d'identifier les principales sources de bruit. Par la suite, l'optimisation a été effectuée par des simulations acoustiques en référence aux contextes normatifs analysés et à l'aide du logiciel Ramsete® 2.7.

Les mesures In-Situ indiquent que : bien que le seuil de la norme du Code de la Construction (CC) soit respecté, les niveaux sonores à l'intérieur des espaces hospitaliers dépassent largement les normes étudiées, nationales et internationales, avec des écarts pouvant atteindre jusqu'à 36 dBA par rapport aux seuils établis par l'OMS et l'INC. Ces variations dépendent de l'occupation et des activités hospitalières, de plus, les espaces occupés présentant des niveaux plus élevés que les espaces inoccupés, ce qui confirme l'influence dominante des sources internes sur l'ambiance sonore. Par ailleurs, les niveaux extérieurs témoignent également de dépassements significatifs par rapport aux seuils normatifs nationaux et internationaux étudiés, soulignant l'impact de la pollution sonore ambiante.

L'évaluation de l'isolation acoustique met en évidence un déficit important, avec des indices R'_w et $D_{nT,w}$ inférieurs aux exigences internationales, entraînant une transmission sonore excessive entre les chambres ainsi qu'entre les couloirs et les chambres.

Plusieurs interventions ont été simulées, notamment la réduction de la surface vitrée, le passage du simple au double vitrage, le capitonnage des portes et l'installation de panneaux acoustiques. Les améliorations les plus significatives ont été obtenues grâce au capitonnage des portes (+11 dBA) et à la pose de panneaux acoustiques (+13 dBA pour une couverture de 90 %), permettant d'atteindre certains standards internationaux.

Cette étude souligne l'importance d'une approche globale de l'acoustique dans les hôpitaux algériens, intégrant l'utilisation de matériaux performants, une meilleure organisation des espaces et l'adoption de réglementations spécifiques. L'amélioration du confort acoustique contribuerait à favoriser la récupération des patients, à améliorer les conditions de travail du personnel et à réduire le stress des visiteurs, en conformité avec les standards internationaux.

Mots clés : Confort acoustique, le bruit, Optimisation, normes, établissement hospitalier public (EHP), service médical d'urologie, Skikda

Abstract

Noise in hospitals is a major issue affecting the well-being of patients, healthcare staff, and visitors. The objective of this study is to assess and optimize acoustic comfort in hospitals in Skikda. To achieve this, the Abderezzak Bouharra Public Hospital (EHP) was selected due to its local and regional significance as an investigation site, while the urology department was chosen because it is less frequented and suited to the methodology of targeted acoustic measurements.

The approach is based on in-situ measurements, divided into two complementary approaches: the statistical approach, which involves measuring noise levels in different spaces and periods, and the airborne sound insulation approach, which evaluates the building's acoustic performance. Relying on an analysis of the regulatory framework specific to each approach, an evaluation was conducted to determine the intervention framework and identify the main noise sources. Subsequently, optimization was carried out using acoustic simulations based on the analyzed regulatory contexts and with the help of the Ramsete® 2.7 software.

The in-situ measurements indicate that although the threshold of the Building Code (CC) standard is met, noise levels inside hospital spaces significantly exceed the national and international standards studied, with deviations reaching up to 36 dBA compared to the limits set by the WHO and the INC. These variations depend on occupancy and hospital activities, with occupied spaces exhibiting higher noise levels than unoccupied ones, confirming the dominant influence of internal sources on the acoustic environment. Additionally, outdoor noise levels also show significant exceedances compared to the national and international regulatory thresholds studied, highlighting the impact of ambient noise pollution.

The evaluation of sound insulation reveals a significant deficiency, with R'_w and $D_{nT,w}$ indices falling below international requirements, resulting in excessive sound transmission between rooms and between corridors and patient rooms.

Several interventions were simulated, including reducing window surface area, upgrading from single to double glazing, adding door padding, and installing acoustic panels. The most significant improvements were achieved through door padding (+11 dB) and the installation of acoustic panels (+13 dB for 90% coverage), allowing compliance with certain international standards.

This study underscores the importance of a comprehensive approach to acoustics in Algerian hospitals, incorporating the use of high-performance materials, better space organization, and

the adoption of specific regulations. Improving acoustic comfort would contribute to patient recovery, enhance working conditions for healthcare staff, and reduce visitor stress, in alignment with international standards.

Keywords: Acoustic comfort, noise, optimization, standards, public hospital establishment (EHP), medical urology department, Skikda.

Table des matières

Table des matières

Table des matières

المخلص	I
Résumé.....	II
Abstract	IV
Table des matières	VI
Liste des figures	XIII
Liste des tableaux.....	XXV
Introduction générale.....	1
1. Introduction	2
2. Problématique.....	4
4. Objectifs	11
5. Hypothèses	11
6. Méthodologie de la recherche	12
7. Structure de la thèse	14
Chapitre I : Les notions de bases de l'acoustique du bâtiment	17
1. Introduction à l'acoustique.....	18
1.1. Définition de l'acoustique	18
1.2. Origine et histoire de l'acoustique	18
1.3. Définition de l'acoustique architecturale	20
2. Les caractéristiques physiques du son.....	20
2.1. Définition du son.....	20
2.2. Le niveau sonore en dB.....	21
2.3. La fréquence et la période du son.....	22
2.4. La célérité du son	23
2.5. Influence du Milieu de Propagation	24
2.6. Influence de la température	24
2.7. La longueur d'onde	25

Table des matières

3.	Typologie des sons	25
3.1.	Son pur	25
3.2.	Son complexe ou musical.....	26
3.3.	Son confus	27
3.4.	Infrasons, sons et ultrasons.....	27
4.	Le bruit et ses caractéristiques	28
4.1.	Définition du bruit	28
4.2.	Sources du bruit.....	29
4.3.	Types de bruit dans le bâtiment.....	31
4.4.	Les voies de transmission du bruit dans le bâtiment	32
4.5.	Bruit conventionnels normalisés « de référence ».....	33
5.	Perception du bruit	36
5.1.	L'oreille humaine	36
5.2.	La perception et la sensibilité de l'oreille	37
5.3.	Les filtres de pondération	38
5.4.	Effets du bruit sur la santé humaine	39
6.	Mesure du bruit et des sons	40
6.1.	Le décibel (dB).....	40
6.2.	Microphone « sonomètre ».....	40
6.3.	Haut-parleur	41
7.	Combinaison des bruits « Règles d'addition ».....	42
7.1.	Addition de deux niveaux	42
7.2.	Addition des plusieurs niveaux	43
8.	Analyse du bruit	43
8.1.	Analyse statistique.....	43
8.2.	Analyse spectrale.....	45
9.	L'acoustique du bâtiment	46

Table des matières

9.1.	L'isolation acoustique	47
9.2.	La correction ou l'absorption acoustique	54
Chapitre II : L'établissement public hospitalier		58
1.	L'équipement public	59
1.1.	Définition des équipements publics	59
1.2.	Typologies des équipements publics.....	59
2.	L'établissement recevant du public « ERP ».....	60
2.1.	Définition des ERPs	60
2.2.	Classification des ERPs.....	60
3.	L'établissement public	61
3.1.	Définition du l'établissement public	61
3.2.	Typologies des établissements publics.....	62
4.	Les établissements publics de santé : Fondements et enjeux	62
4.1.	Concepts généraux liés à la santé	62
4.2.	Définition et rôle des établissements publics de santé	65
5.	L'architecture hospitalière.....	69
5.1.	Définition de l'architecture hospitalière.....	69
5.2.	Principaux évolutions de l'architecture hospitalière	69
5.3.	Définition architectural et contemporaine de l'hôpital	76
5.4.	Typologies des hôpitaux.....	76
5.5.	L'architecture et la promotion de la santé : rôles et enjeux	86
6.	L'architecture hospitalière en Algérie : évolution et organisation	86
6.1.	Aperçu général sur la santé en Algérie : Racines et évolution historique.....	86
6.2.	Politiques de santé et stratégies nationales en Algérie	90
6.3.	Importance des infrastructures public de santé	94
7.	Importance des établissements publics hospitalières « EPH ».....	99
7.1.	La base opérationnelle des stratégies sanitaires nationales	99

Table des matières

7.2.	Missions principaux et services fournis : médicaux, chirurgicaux et formation..	99
7.3.	Relation avec la population locale et la ville.....	99
7.4.	Relations avec les autres infrastructures sanitaires	100
Chapitre III : Le confort acoustique dans le bâtiment hospitalier « État de l’art »		103
1.	Phénomène du bruit dans le monde : défis et enjeux	104
1.1.	Une problématique historique et contemporaine	104
1.2.	Enjeu de santé publique.....	105
1.3.	Le bruit en chiffres clés	105
1.4.	Les normes du bruit : un chaos international	108
1.5.	Les défis du contrôle du bruit.....	109
2.	Le confort acoustique dans les hôpitaux: un état de question de vulnérabilité	109
2.1.	Problématique accrue et faible réaction	109
2.2.	Impact nocif du bruit sur la santé et le bien-être des usagers de l’hôpital	110
2.3.	Les principales sources du bruit	111
3.	Etude et évaluation du confort acoustique dans le bâtiment hospitalier.	113
3.1.	Sujet d’intérêt multidisciplinaire, d’actualité et de technologie de pointe	113
3.2.	Prise en charge scientifique et communautaire du phénomène.....	113
3.3.	Champ d'application des études : Indoor / Outdoor	115
3.4.	Evaluation du bruit dans le bâtiment hospitalier	117
3.5.	Lutte contre le bruit dans les hôpitaux : le cadre normatif.....	120
4.	Recueil du corpus normatif : L’expérience internationale et étrangère	121
4.1.	Normes basées sur des descripteurs statistiques	121
4.2.	Normes basées sur la performance acoustique du bâtiment.....	125
5.	Problématique du bruit en Algérie : Etat des lieux nationaux.....	129
5.1.	Etudes du bruit extérieur	129
5.2.	Études de l’acoustique du bâtiment.....	133
5.3.	Phénomène du bruit dans le bâtiment hospitalier.....	145

Table des matières

5.4. L'expérience normative algérienne sur l'acoustique des hôpitaux	146
Chapitre IV : Présentation du contexte d'étude et Méthodologies d'approche.....	149
1. Critères du choix du cas d'étude Skikda	150
1.1. Présentation de la ville de Skikda	150
1.2. L'infrastructure hospitalière public de la Wilaya de Skikda : Critère du choix.	153
2. EHP A.B. à Skikda en tant que choix d'étude et investigation	155
2.1. Situation	155
2.2. Fiche technique de l'EHP Abderrezak Bouharra	156
2.3. Création, fondement et organisation	156
2.4. Environnement immédiat	158
2.5. Plan de masse	159
2.6. Organisation et répartition interne des services médicaux	162
3. Optimisation du confort acoustique de l'EHP A.B : Méthodologies d'approche	164
3.1. Exploration au service d'urologie : Critères du choix.....	164
3.2. Description du service d'urologie	167
3.3. Evaluation statistique du bruit.....	174
3.4. Evaluation des performances d'isolation acoustique aérienne.....	180
3.5. Simulation acoustique	187
Chapitre V : Résultats et discussions	192
1. Évaluation statistique du bruit dans le service d'urologie.....	193
1.1. Résultats globaux des niveaux du bruit : extérieurs, couloirs et chambres.....	193
1.2. Résultats des évolutions d'enregistrement sonore	197
1.3. Résultats fluctuation sonores nocturne.....	201
1.4. Résultats moyens du bruit en « $L_{Aeq, diurne} / L_{Aeq, nocturne}$ »	204
1.5. Résultats d'évaluation du bruit par rapport aux normes	205
2. Evaluation d'isolation acoustique du service d'urologie : aérienne intérieur	209
2.1. Le bruit du fond.....	209

Table des matières

2.2.	Résultats des mesures d'isolation acoustique In-Situ	210
2.3.	Résultats du calcul d'isolation acoustique	212
2.4.	Résultats du calcul de la valeur unique	213
2.5.	Résultats d'évaluation acoustique par rapport aux normes	216
3.	Simulation et optimisation d'isolation acoustique du service d'urologie	218
3.1.	Calibration du modèle d'analyse.....	218
3.2.	Résultats d'optimisation d'isolation acoustique.....	220
4.	Discussion générale des résultats	229
4.1.	Niveaux sonores et dynamique temporelle	229
4.2.	Impact de l'occupation sur les niveaux sonores	230
4.3.	Performances d'isolation acoustique	231
4.4.	Optimisation et perspectives d'amélioration	231
	Conclusions générales et perspectives	233
	Références bibliographiques	238
	Annexes	269

Liste des figures

Liste des figures

- Figure 1 : Récapitulation schématique de la problématique et les méthodologies d'approche mobilisées dans cette étude 16
- Figure 2 Amphithéâtre grec d'Epidaure. Source : Wikipédia..... 19
- Figure 3 : phénomène de la production du son par compressions et décompressions ; source : <https://fr.scribd.com/document/474802015/acoustique-cours-procedes-generaux-de-construction-pdf> 20
- Figure 4 : les trois composants de la définition du son, source : Ziani, 2022 21
- Figure 5 : Représentation du niveau sonore ; source : Source : www.isover.fr 21
- Figure 6 : Exemple de détermination de la fréquence et la période d'un son pur ;source : www.coursgeniecivil.com 22
- Figure 7 : la différence entre un son grave et un son aigu ; source : CERTU, 2003.... 23
- Figure 8 : Classification des sons selon la fréquence ; Source : www.coursgeniecivil.com 23
- Figure 9 : Représentation schématique du rapport entre les molécules des trois milieux de propagation l'air, l'eau et l'acier et ses célérités ; Source : Hamayon, 2008, Ziani, 2022 24
- Figure 10 : période spatiale et période temporelle ; Source : Cloud, s. d. 25
- Figure 11 : représentation d'un son pur ; Source : www.medecine-des-arts.com..... 26
- Figure 12 : représentation d'un son complexe ou musical ; Source : www.medecine-des-arts.com 26
- Figure 13 : Exemple de décomposition d'un son complexe en trois sons purs ; Source : Van-Tran, 1996 26
- Figure 14 : spectre de raie d'un son complexe selon la série de Fourier ; Source : Cloud, s. d 27
- Figure 15 : Représentation du son confus ; Source : Hamayon, 2008 27
- Figure 16 : La perception des infrasons et des ultrasons ; Source : Choclea.org..... 28
- Figure 17 : Exemple de la nature spectrale du bruit ; Source : www.medecine-des-arts.com 28
- Figure 18 : Comparaison entre le spectre du son et du bruit ; Source : Thomas, 2006 29
- Figure 19 : Source ponctuelle omnidirectionnelle ; Source : HECHAICHI, 2020 29
- Figure 20 : Direction de propagation d'une source directive ; Source : HECHAICHI, 2020 30

Liste des figures

• Figure 21 : Atténuation géométrique d'une source ponctuelle ; Source : HECHAICHI, 2020.....	30
• Figure 22 : Atténuation géométrique d'une source linéaire ; Source : HECHAICHI, 2020.....	31
• Figure 23 : les différents types du bruit ; Source : www.coursgeniecivil.com	32
• Figure 24 : les différentes voies de transmission acoustique ; Source : CERTU, 200333	
• Figure 25 : Spectre par bande de 1/1 octave d'un bruit blanc ; Source : HECHAICHI, 2020	34
• Figure 26 : Spectre bande de 1/1 octave d'un bruit rose ; Source : HECHAICHI, 2020	35
• Figure 27 : Spectre bande de 1/1 octave d'un bruit routier ; Source : HECHAICHI, 2020	35
• Figure 28 : Machine à choc ; Source : www.coursgeniecivil.com	35
• Figure 29 : La physiologie de l'oreille humaine ; Source : Sherwood & Ectors, 2015	36
• Figure 30 : Echelle sensitif du bruit ; Source : www.coursgeniecivil.com	37
• Figure 31 : Les courbes isosoniques de Fletcher et Munson ; Source : HECHAICHI, 2020	38
• Figure 32 : courbes de pondération normalisées ; Source : HECHAICHI, 2020.....	38
• Figure 33 : les effets du bruit sur la santé humaine ; Source : https://anim-bafa.com/ 40	
• Figure 34 : Evolution du sonomètres au fil du temps ; Source : https://www.bruit.fr .	41
• Figure 35 : les composants d'un haut-parleur ; Source : http://www.ac-grenoble.fr/ ..	41
• Figure 36 : L'addition de deux niveaux sonores ; Source : Hamayon, 2008	42
• Figure 37 : découpage du bruit instable ; Source : HECHAICHI, 2020	43
• Figure 38 : Exemple d'un histogramme de répartition temporelle d'un bruit ; Source : HECHAICHI, 2020	44
• Figure 39 : Exemple d'une courbe de cumul d'un bruit ; Source : HECHAICHI, 2020	44
• Figure 40 : Exemple du niveau équivalent ; Source : HECHAICHI, 2020	45
• Figure 41 : Exemple du spectre d'un bruit par bande de 1/1 octave ; Source : HECHAICHI, 2020	46
• Figure 42 : Exemple du spectre d'un bruit par bande de 1/3 octave ; Source : HECHAICHI, 2020	46
• Figure 43 : Comportement des bruits dans le bâtiment ; Source : (ASSURER LE CONFORT ACOUSTIQUE, 2008.....	47

Liste des figures

- Figure 44 : Mesure de l'isolement brut D_b entre deux locaux ; Source : www.coursgeniecivil.com..... 47
- Figure 45 : Exemple d'évaluation de la valeur unique $D_{nt,w}$; Source : (Gramez et Al., 2021)..... 51
- Figure 46 : la pondération avec les termes d'adaptation du spectre ; Source : Rasmussen et al., 2014 52
- Figure 47 : La relation entre la masse et l'indice d'affaiblissement d'une paroi ; Source : Hamayon, 2008 52
- Figure 48 : Principe masse-ressort-masse ; Source : <https://insonorisation.weebly.com> 53
- Figure 49 : Effet de la loi d'étanchéité ; Source : <https://insonorisation.weebly.com> . 53
- Figure 50 : le coefficient d'absorption de Sabine ; Source : Hamayon, 2006..... 55
- Figure 51 : Evaluation du temps de réverbération à partir de la courbe de décroissance ; Source : ADNET & SAELMACKERS, 2018..... 56
- Figure 52 : Matériaux poreux ; Source : Hamayon, 2014..... 56
- Figure 53 : résonateur de helmholtz ; Source : Hamayon, 2008 57
- Figure 54 : Composition d'une membrane ; Source : Hamayon, 2008..... 57
- Figure 55 : Carte de la santé et ses déterminants 66
- Figure 56 : Hôtel-Dieu de Beaune ; source : (Hôtel-Dieu - Hospices de Beaune - Beaune, s.d.)..... 70
- Figure 57 : Hôtel-Dieu de tonnerre ; source : (Hôtel-Dieu de Tonnerre, s.d.)..... 70
- Figure 58 : Le Bîmâristân Nûr al-Dîn, à Damas ; Source : <https://syriaphotoguide.com/> 71
- Figure 59 : Plan du Bîmâristân Nûr al-Dîn ; Source : Gorini et al., 2004..... 71
- Figure 60 : L'hôpital Lariboisière à Paris ; Source : Diercxsens, 2022 72
- Figure 61 : Florence Nightingale ; Source : Alzoubi & Attia, 2019 72
- Figure 62 : L'hôpital bloc mémorial France-États-Unis de Saint-Lô ; Source : <https://www.wikimanche.fr/> 73
- Figure 63 : L'Hôpital Delta du groupe hospitalier CHIREC à Bruxelles ; Source : Lefébure, 2018 73
- Figure 64 : Carte d'organisation spatiale de l'hôpital Georges Pompidou à Paris : <https://fr.map-of-paris.com/> 74
- Figure 65 : l'Hôpital Georges Pompidou à Paris ; Source : <https://www.alamyimages.fr/> 74

Liste des figures

- Figure 66 : L'hôpital universitaire du roi Abdullah en Jordanie ; Source : <https://en.wikipedia.org/> 75
- Figure 67 : L'hôpital ZNA Stuivenberg ; Source : Diercxsens, 2022..... 76
- Figure 68 : Photos en perspectives, à gauche, Campus hospitalo-universitaire Saint-Ouen Grand Paris-Nord et à droite l'hôpital militaire Desgenettes à Lyon (Rhône) ; Source : <https://micheldesvignepaysagiste.com/> ; <https://museemilitairelyon.com/...> 77
- Figure 69 : Des illustrations qui montrent la qualité architecturale adoptée à l'hôpital privé d'Aix Provence, à gauche l'espace de réception et à droite la chambre des patients ; Source : <https://www.118712.fr/> 78
- Figure 70 : Des illustration qui montre le choix du site d'implantation à gauche et le l'architecture extérieur de l'hôpital privé d'Air Provence ; Source : <https://madeinmarseille.net/> ; <https://www.laprovence.com/> 79
- Figure 71 : Des illustrations qui montrent la simplicité de l'espace d'accueil à gauche et la chambre des patient à droite de l'hôpital public de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://www.laprovence.com/> ; 79
- Figure 72 : une image qui montre des dégradations au niveau des matériaux et au niveau des équipements à l'hôpital de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/> 80
- Figure 73 : Des illustration qui montre le choix du site d'implantation à gauche et le l'architecture extérieur de l'hôpital de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://etablissements.fhf.fr/> ; <https://www.pharmacieduvillage.eu/> 80
- Figure 74 : l'hôpital ancien Santa Maria Nuova à Florence en Italie ; Source : <https://www.alamy.it/> 81
- Figure 75 : L'hôpital bloc de Caen ; Source : <https://www.leparisien.fr/> 82
- Figure 76 : Centre des soins De Virieu à Bourgoin-Jallieu ; Source : <https://www.orsac.fr/> 83
- Figure 77 : Polyclinique Shifa à Jeddah ; Source : <https://shifajeddah.com/vision-mission/> 84
- Figure 78 : Centre hospitalière Pierre-Oudot à Bourgoin-Jallieu ; Source : <https://www.journees-ihf.com/> 84
- Figure 79 : L'hôpital de Cancérologie de Lorraine ; Source : <https://www.unicancer.fr/> 85
- Figure 80 : l'hôpital universitaire Henri-Mondor à Créteil ; <https://www.rabotdutilleul.com/> 85

Liste des figures

- Figure 81 : transformation de la mosquée de Sidi Yacoub située à la porte de Bab El Oued ainsi que le magasin de poudre du Dey en hôpital militaire ; Source : larbi Abid, 2008 . Bouaziz, s. d. 87
- Figure 82 : Création des Bureaux Arabes pour contenir la population indigène ; Source : Bouaziz, s. d. 87
- Figure 83 : Construction de l'hôpital à Djelfa de 130 lits dans le cadre de séduction de la population du Sud Algérien en 1918 ; Source : Bouaziz, s. d. 88
- Figure 84 : Faculté de médecine d'Alger en 1906 ; Source : Bouaziz, s. d ; Abid & Medjahed, 2022 88
- Figure 85 : Promotion 1902 des médecins de la colonisation ; Source : Bouaziz, s. d. 88
- Figure 86 : Diplôme d'un médecin formé à l'université d'alger pendant la colonisation ; Source : Bouaziz, s. d. 88
- Figure 87 : les régions sanitaires en Algérie ; Source : Kirati, s. d. 91
- Figure 88 : pyramide des échelons sanitaire en Algérie ; Source : Institut National de Santé Publique, 2011 92
- Figure 89 : organisations des niveaux des soins en Algérie ; Source : Bahlouli & Remaoun, 2012..... 92
- Figure 90 : Deux exemples des salles de soins en Algérie, à gauche salles des soins Hanfoug Amar à el-Hassi-Batna et à droite salles des soins Baz Houssine à Djimla-Jijel 95
- Figure 91 : établissement public de santé de proximité El Yasmine- Seddikia ; Source : <https://capdz.dz/> 96
- Figure 92 : L'EPH El Hakim Okbi Guelma 96
- Figure 93 : Centre Anti Cancer CAC de Sétif ; Source : <https://www.algerie62.dz/> ... 96
- Figure 94 : CHU Ibn Rochd-Annaba ; Source : <https://elwatan-dz.com/> 97
- Figure 95 : EHU à Oran ; Source : <https://www.horizons.dz/> 97
- Figure 96 : le nombre de personnes, en millions, exposées au bruit depuis 2002 à 2023 selon le rapport de la de la commission du parlement européen ; Source : (RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023) 108
- Figure 97 : Domaines de connaissances des revues scientifiques qui ont publié les articles liés à l'acoustique des hôpitaux et inclus dans l'étude de De Lima Andrade publié en 2021 ; Source : de Lima Andrade et al., 2021 113

Liste des figures

- Figure 98 : nombres des études sur l'acoustique dans les hôpitaux inclus dans l'étude de Lima Andrade et leurs répartition géographique ; Source : de Lima Andrade et al., 2021 115
- Figure 99 : Nombre des travaux scientifiques qui concernent l'acoustique dans les hôpitaux en fonction de leurs répartition géographique ; Source : Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021 115
- Figure 100 : le nombres d'études acoustiques en fonction de l'endroit dans les hôpitaux ; Source : de Lima Andrade et al., 2021 117
- Figure 101 : la différence entre le niveau d'intensité sonore mesuré le weekend et les jours de semaine ; Source : (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018) 130
- Figure 102 : Fluctuations de l'intensité sonore sur l'ensemble du paysage urbain ; Source : (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018) 130
- Figure 103 : Image satellitaire de la cartographie sonore de la cité Champs de Manoeuvre via Noise Capture0 ; Source : (Boulemaredj & Haridi, 2022; Boulemaredj, 2023)..... 132
- Figure 104 : Les fluctuations du $L_{Aeq,1min}$ dans les 17 stations de mesure ; Source : (Boulemaredj & Haridi, 2022; Boulemaredj, 2023)..... 132
- Figure 105 : la hiérarchisation des espaces dans La médina de Constantine ; Source : (Benzagouta-debache & Filali, 2003; Samira & Salah, 2004) 133
- Figure 106 : Niveau de pression acoustique continu pondéré A mesuré dans le jardin ; Source : (Gramez, 2010) 135
- Figure 107 : Plan de site avec autoroute et points de niveau ; Source : (Gramez, 2010) 135
- Figure 108 : Les points de mesures de l'isolation de la façade ; Source : (Gramez, 2010) 136
- Figure 109 : Vue extérieur du site d'étude ; Source : (Gramez et al., 2021) 136
- Figure 110 : les résultats de l'isolation acoustique aérienne, d'impact et de la façade ; Source : (Gramez et al., 2021)..... 137
- Figure 111 : Photos des mosquées, cas d'études et ses modélisations ; Source : (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Filali, 2016)..... 138
- Figure 112 : les résultats de l'optimisation du RT dans les deux mosquées par rapport aux résultats mesurés ; Source : (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Filali, 2016) 138

Liste des figures

- Figure 113 : présentation de la mosquée Jedid ; Source : (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025) 139
- Figure 114 : Modélisation et simulation de la mosquée Jedid à l'aide du CATT-Acoustic « CATT-A, v. 9.1g » ; Source : (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025) 139
- Figure 115 : photo de la salle de conférence analysée ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)..... 140
- Figure 116 : L_{Aeq} lorsque le HVAC est actif et non actif ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)..... 141
- Figure 117 : Isolation de la paroi extérieur ou de la façade ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)..... 142
- Figure 118 : les résultats des mesures du temps de réverbération ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)..... 142
- Figure 119 : Photos des deux classes comprises dans l'étude ; Source : (Benmaghsoula, 2024)..... 143
- Figure 120 : Matériel et logiciel mobilisé dans l'étude ; (Benmaghsoula, 2024) 143
- Figure 121 : Le temps de réverbération avant et après corrections dans les classes ; Source : (Benmaghsoula, 2024) 144
- Figure 122 :Instruction du ministère de la santé n°2 du 05/03/2022 ; Source : Ministère de la santé de l'Algérie, 2022 147
- Figure 123 : Situation de la Wilaya de Skikda ; Source : auteur, 2025 151
- Figure 124 : la position de la superficie de la Wilayas de Skikda par rapport aux Wilayas Côtières Algérienne ; Source : « Liste des wilayas d'Algérie par superficie », 2023 151
- Figure 125 : La population résidente des ménages ordinaires et collectifs « MOC » dans les Wilayas du Nord-Est Algérien ; Source : (ONS : Office National des Statistiques, s. d.)..... 153
- Figure 126 : l'infrastructure sanitaire de la Wilaya de Skikda et son répartition territorial ; Source : (« Wikipédia », 2021) ; Auteur 2025 154
- Figure 127 : l'aire d'impact de l'EHP A. B dans la Wilaya et dans sa région ; Source : (« Wikipédia », 2021) ; Auteur 2025 155
- Figure 128 : Situation et implantation de l'EHP A.B par rapport à la ville de Skikda et ses principales agglomérations ; Source : Google Earth ; Auteur, 2025..... 155
- Figure 129 : Organisation administrative de l'EHP A.B ; Source : (<https://www.ehskikda-dz.com/>, s. d.)..... 157

Liste des figures

• Figure 130 : Implantation et accessibilité de l'EHP A.B ; Source : PDAU (2010) de Skikda.....	159
• Figure 131 : l'accès des urgences de l'EHP A.B	160
• Figure 132 : l'accès du service d'oncologie de l'EHP A.B	160
• Figure 133 : le bloc d'hospitalisation de l'EHP A.B.....	160
• Figure 134 : L'accès administratif de l'EHP A.B	161
• Figure 135 : L'accès technique de l'EHP A.B	161
• Figure 136 : le plan de masse de l'EHP A.B.....	162
• Figure 137 : coupe schématique des deux blocs de l'EHP A.B.....	163
• Figure 138 : schéma explicatif de la méthodologie d'optimisation acoustique dans les hôpitaux adoptée dans cette étude ; Source : Auteur.....	165
• Figure 139 : Les malades et les journées d'hospitalisation de l'EHP A.B d'après les derniers statistiques de 2015 et de 2017 ; Source : (https://www.ehskikda-dz.com/ , s. d.)	166
• Figure 140 : Photos des mesures préliminaires effectuées dans le service de l'ORL	166
• Figure 141 : le service d'urologie de la Façade	168
• Figure 142 : les quatre accès du service d'urologie	169
• Figure 143 : vue sur le patio.....	169
• Figure 144 : Plan et organisation du service d'urologie.....	170
• Figure 145 : Coupes du service d'urologie	171
• Figure 146 : Photos des deux typologies des chambres dans le service d'urologie selon la taille	172
• Figure 147 : Typologies des chambres dans le service d'urologie	172
• Figure 148 : Revêtements et textures du service d'urologie	174
• Figure 149 : schéma explicatif des approches adoptées pour l'évaluation statistique du bruit	174
• Figure 150 : Instruments utilisés pour les mesures statistiques In-Situ	175
• Figure 151 : Sonomètre fixé sur trépied à 1.5 du Sol.....	175
• Figure 152 : la répartition des points de mesures statistiques In-Situ.....	176
• Figure 153 : schéma explicatif des approches adoptées pour l'évaluation d'isolation acoustique aérienne dans le service d'urologie	180
• Figure 154 : instruments utilisés pour les mesures In-Situ d'isolation acoustique aérienne	181

Liste des figures

- Figure 155 : Photo des mesures acoustique dans la chambre d'émission concernant l'isolation entre chambre adjacentes 182
- Figure 156 : Répartition des points des mesures d'isolation acoustique entre chambres adjacentes 182
- Figure 157 : Photo des mesures acoustique dans le couloir concernant l'isolation entre ce dernier et la chambre des patients..... 183
- Figure 158 : Répartition des points des mesures concernant l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre 183
- Figure 159 : Photo des mesures du temps de réverbération dans la chambre réceptrice vide..... 184
- Figure 160 : Evaluation de la précision du Ramsete® par rapport aux résultats expérimental ; Source : (Farina, 2000)..... 188
- Figure 161 : Les cinq applications principales du Ramsete® ; Source : (<https://www.ramsete.com/>, s. d.) 189
- Figure 162 : Schéma explicatif du processus de simulation acoustique par Ramsete® ; Source : (<https://www.ramsete.com/>, s. d.) 189
- Figure 163 : Modélisation de l'isolation entre chambres adjacentes par Ramsete® d'une partie d'urologie 190
- Figure 164 : Modélisation de l'isolation entre le couloir et la chambre par Ramsete® d'une partie d'urologie 190
- Figure 165 : Résultats des niveaux globaux du bruit extérieur mesurés In-Situ à l'EHP A.B ; Source : Auteurs,2025 194
- Figure 166 : Résultats des niveaux globaux du bruit mesurés In-Situ aux couloirs de l'EHP A.B ; Source : Auteurs,2025 195
- Figure 167 : Résultats des niveaux globaux du bruit mesurés In-Situ aux chambres des patients de l'EHP A.B ; Source : Auteurs,2025 196
- Figure 168 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ à l'extérieur de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025 198
- Figure 169 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ aux couloirs de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025..... 199
- Figure 170 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ aux chambres des patients de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025 201

Liste des figures

- Figure 171 : Résultats des variations des fluctuations sonores nocturne mesurées In-Situ, à l'extérieur, aux couloirs et aux chambres des patients de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025..... 203
- Figure 172 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré dans les chambres des patients par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025..... 206
- Figure 173 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré dans les couloirs par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025 207
- Figure 174 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré à l'intérieur par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025..... 208
- Figure 175 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré à l'extérieur par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025..... 209
- Figure 176 : Résultats des mesures du bruit de fond ; Source : Auteurs, 2025..... 210
- Figure 177 : Résultats du calcul de l'isolement brut entre deux chambres adjacentes, ainsi que dans le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025 211
- Figure 178 : Résultats du calcul de l'isolement acoustique standardisé à chaque fréquence ; Source : Auteurs, 2025 212
- Figure 179 : Résultats du calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique apparent à chaque fréquence ; Source : Auteurs, 2025..... 213
- Figure 180 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'isolement acoustique standardisé entre chambres adjacentes selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025..... 214
- Figure 181 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'isolement acoustique standardisé entre le couloir et la chambre selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025... 215
- Figure 182 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'indice d'affaiblissement acoustique entre chambres adjacentes selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025..... 215
- Figure 183 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'indice d'affaiblissement acoustique entre le couloir et la chambre selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025..... 216
- Figure 184 : Résultats de la calibration du modèle d'analyse en utilisant l'isolation acoustique aérienne entre chambres adjacentes ; Source : Auteurs, 2025 219
- Figure 185 : Résultats de la calibration du modèle d'analyse en utilisant l'isolation acoustique aérienne entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025..... 219
- Figure 186 : l'intervention effectuée sur la taille de la fenêtre du mur entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025 220

Liste des figures

- Figure 187 : les problèmes d'étanchéité de la porte de la chambre des patients ; Source : Auteurs, 2025 221
- Figure 188 : Le capitonnage des portes ; Source : (www.tapisserie-decoracion.fr, s. d.) 221
- Figure 189 : l'intervention effectuée sur la porte (capitonnage) ; Source : Auteurs, 2025 222
- Figure 190 : l'intervention effectuée sur la position de la porte capitonnée ; Source : Auteurs, 2025 222
- Figure 191 : l'intervention par des panneaux acoustiques effectuée sur la cavité d'entrée ; Source : Auteurs, 2025 223
- Figure 192 : Résultats de l'évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la l'isolation acoustique standardisé D_{nT} entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025 224
- Figure 193 : Résultats de l'évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R' entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025 224
- Figure 194 : Résultats de la simulation acoustique avant et après les interventions effectuées sur le mur séparatif entre le couloir et la chambre, représentés en carte du bruit ; Source : Auteurs, 2025 224
- Figure 195 : caractéristiques des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.) 225
- Figure 196 : quelques exemples des applications décoratives des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.) 225
- Figure 197 : Exemple de l'application des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu en fonction de la surface d'application ; Source : Auteurs, 2025 226
- Figure 198 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en D_{nT} ; Source : Auteurs, 2025 226
- Figure 199 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en R' ; Source : Auteurs, 2025 226
- Figure 200 : Résultats de la simulation acoustique avant et après les interventions effectuées sur le mur séparatif entre chambres adjacentes, représentés en carte du bruit ; Source : Auteurs, 2025 229

Liste des tableaux

Liste des tableaux

- Tableau 1 : nombre des hôpitaux public en Algérie en 2009 ; Source : OULD-KADA, 2010 ; Institut National de Santé Publique, 2011 ; Ait-Mohand, 2017 95
- Tableau 2 : les effets des différents nuisances sonore sur la santé humaine en chiffres ; Source : (RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023)..... 105
- Tableau 3 : Tableau récapitulatif des principales normes recommandataires utilisées pour l'étude du bruit dans les hôpitaux ; Source : (Wallis et al., 2019; Machimbarrena et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Althahab et al., 2022; Bourekba et al., 2023) 123
- Tableau 4 : Tableau récapitulatif des principales normes règlementaires utilisées pour l'étude du bruit dans les hôpitaux ; Source : (Wallis et al., 2019; Machimbarrena et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Bourekba et al., 2023) 125
- Tableau 5 : les principales normes d'isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023)..... 126
- Tableau 6 : les principales normes d'isolation acoustique aérienne entre la chambre du patient et le couloir ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023) 127
- Tableau 7 : les principales normes d'isolation acoustique du bruit d'impact ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023) 128
- Tableau 8 : les principales normes d'isolation acoustique de la façade ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023) 129
- Tableau 9 : Atténuation du bruit en fonction de la hiérarchisation des espace de l'espace public à l'espace privé ; Source : (Benzagouta-debache & Filali, 2003)..... 134
- Tableau 10 : la Clarté C50 avant et après corrections dans les deux classes : (Benmaghsoula, 2024) 145
- Tableau 11 : STI avant et après corrections dans les deux salles ; Source : (Benmaghsoula, 2024) 145
- Tableau 12 : la démographie de la Wilaya de Skikda par rapport à l'échelle nationale durant les recensement des 1998 et 2008 ; Source : (ONS : Office National des Statistiques, s. d.)..... 152
- Tableau 13 : typologies des murs dans le service d'urologie selon leurs compositions et utilisations 172
- Tableau 14 : typologies des portes dans le service d'urologie 173

Liste des tableaux

- Tableau 15 : typologies des fenêtres dans le service d'urologie 173
- Tableau 16 : le protocole temporel adopté et appliqué aux mesures statistiques In-Situ 177
- Tableau 17 : Les caractéristiques initiales des matériaux utilisés, issues de la bibliothèque de Ramsete® 2.7 190
- Tableau 18 : Résultats moyens du bruit en « $L_{Aeq, diurne} / L_{Aeq, nocturne}$ » obtenus dans les espaces intérieurs de l'EHP A.B ; Source : Auteurs, 2025 204
- Tableau 19 : Résultats moyens du bruit en « $L_{Aeq, diurne} / L_{Aeq, nocturne}$ » obtenus à l'intérieur et à l'extérieur de l'EHP A.B ; Source : Auteurs, 2025 205
- Tableau 20 : Résultats moyens des mesures In-Situ des niveaux sonores dans la chambre d'émission (trois lits) et dans la chambre de réception (deux lits), par fréquence ; Source : Auteurs, 2025 211
- Tableau 21 : Résultats moyens des mesures In-Situ des niveaux sonores dans le couloir (émission) et dans la chambre de réception (trois lits), par fréquence ; Source : Auteurs, 2025 211
- Tableau 22 : Résultats des mesures du temps de réverbération dans les espaces de réceptions ; Source : Auteurs, 2025 212
- Tableau 23 : Résultats du calcul d'aires d'absorptions équivalentes dans les espaces de réceptions ; Source : Auteurs, 2025 213
- Tableau 24 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur R'_w ; Source : Auteurs, 2025... 217
- Tableau 25 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w} + C$; Source : Auteurs, 2025 217
- Tableau 26 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w}$; Source : Auteurs, 2025 217
- Tableau 27 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur R'_w ; Source : Auteurs, 2025 217
- Tableau 28 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w} + C$; Source : Auteurs, 2025 218

Liste des tableaux

- Tableau 29 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w}$; Source : Auteurs, 2025 218
- Tableau 30 : Caractéristiques des matériaux adoptés pour calibrer le modèle de simulation ; Source : Bib. Ramsete® 218
- Tableau 31 : Résultats de la calibration du modèle en utilisant les valeurs uniques des isolations acoustiques mesurées ; Source : Auteurs, 2025 220
- Tableau 32 : Caractéristiques de la double vitrage utilisée dans l'intervention ; Source : Bib. Ramsete® 221
- Tableau 33 : les caractéristiques d'absorption du capitonnage de la porte utilisées ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.) 222
- Tableau 34 : Caractéristiques d'absorption des panneaux utilisés pour la cavité d'entrée ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.) 223
- Tableau 35 : évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la valeur unique de l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025 223
- Tableau 36 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en Valeurs uniques $D_{nT,w}$ et R'_w ; Source : Auteurs, 2025 227
- Tableau 37 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique R'_w de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025 228
- Tableau 38 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique $D_{nT,A}$ de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025 228
- Tableau 39 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique $D_{nT,w}$ de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025 228

Introduction générale

1. Introduction

Le bruit est une nuisance majeure dans les environnements urbains et bâtis, affectant la qualité de vie et la santé humaine. L'Organisation mondiale de la santé « OMS » reconnaît le bruit comme un facteur de stress environnemental, dont les effets s'étendent des troubles du sommeil aux risques accumulés de maladies cardiovasculaires (Berglund et al., 1999). En Europe, 40 % de la population est exposée à des niveaux de bruit dépassant 55 dBA en journée, un seuil à partir duquel des nuisances sonores peuvent être ressenties. De plus, 30 % des habitants sont exposés à des niveaux nocturnes supérieurs à 55 dBA, entraînant des perturbations du sommeil. Au fil des décennies, l'augmentation des infrastructures urbaines, des transports et des équipements industriels a conduit à une élévation constante des niveaux sonores. Une étude menée entre 2002 et 2012 et publiée en 2023 a révélé une aggravation de l'exposition au bruit dans les grandes villes, malgré les mesures réglementaires mises en place (*DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN*, 2002; WHO, Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018; RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023). Cette évolution souligne la nécessité de prendre en compte le bruit comme un enjeu fondamental de santé publique, nécessitant des stratégies adaptées de régulation et d'atténuation.

Dans le contexte hospitalier, le bruit représente une problématique d'autant plus critique qu'il impacte directement la santé et la récupération des patients. Historiquement, les hôpitaux ont été conçus selon des principes favorisant le calme et la sérénité, notamment l'hôtel-Dieu. Cependant, avec la modernisation des équipements médicaux, l'intensification des flux hospitaliers et la complexité des espaces de soins, les niveaux sonores en milieu hospitalier ont considérablement augmenté. Depuis les années 1960, les données montrent une progression continue du bruit dans les hôpitaux, avec des niveaux sonores moyens passant de 57 dBA en journée à 72 dBA en 2007, et atteignant des L_{AFmax} de 106 dBA en 2015 (Busch-Vishniac et al., 2005; Joseph & Ulrich, 2007; Fredriksson et al., 2015).

L'OMS recommande un niveau sonore maximal de 35 dBA en journée et 30 dBA la nuit dans les chambres d'hôpital, afin de garantir un environnement propice à la guérison. Or, les mesures réalisées dans divers services hospitaliers montrent que ces seuils sont très souvent dépassés, atteignant des niveaux comparables à ceux d'une rue animée. Les alarmes médicales, les conversations, les équipements et la circulation du personnel figurent parmi les principales sources de bruit hospitalier, générant un stress acoustique permanent pour les patients et les soignants (Althahab et al., 2022).

Malgré ces constats, la question du confort acoustique hospitalier reste largement négligée dans la conception des infrastructures de santé. En Afrique, les études sur le bruit en milieu hospitalier sont rares (de Lima Andrade et al., 2021), voire inexistantes en Algérie. Sauf des seuils relatifs au bruit de l'extérieur et du voisinage immédiat des hôpitaux, aucune réglementation nationale ne fixe ni des seuils spécifiques aux performances acoustiques ni spécifiques aux niveaux sonores hospitaliers admissibles, ce qui a conduit à des hôpitaux souvent construits sans prise en compte des exigences acoustiques minimales.

À l'échelle nationale, l'étude menée sur l'acoustique des bâtiments hospitaliers s'inscrit dans le cadre des orientations stratégiques adoptées par l'Algérie, publiées en 2020 et 2021 à travers les plans d'action du gouvernement pour la mise en œuvre des programmes du Président de la République. Ces programmes, initiés dans le contexte de la « Nouvelle Algérie », traduisent une volonté de modernisation et d'alignement des infrastructures publiques sur les standards internationaux, garantissant ainsi une amélioration continue des services destinés aux citoyens, et visant à renforcer les infrastructures existantes et à en développer de nouvelles dans divers secteurs, y compris celui de la santé. Cette dynamique s'inscrit également dans la volonté étatique de positionner l'Algérie comme un pays émergent, doté d'une importance régionale en Afrique du Nord, en Méditerranée et à l'échelle internationale. Ainsi, le secteur de la santé est appelé à évoluer vers des infrastructures hospitalières de grande envergure répondant aux standards internationaux, à l'instar des politiques déjà mises en œuvre dans les secteurs du tourisme et du sport, où des efforts considérables ont été déployés pour aligner les infrastructures hôtelières et sportives aux normes internationales.

L'Algérie adopte une approche globale pour la mise à niveau et la modernisation de ses hôpitaux, à travers des programmes de correction et d'amélioration des structures existantes, ainsi, par la construction de nouveaux établissements conçus selon une vision intégrée et conforme aux standards internationaux. Cependant, L'étude de l'acoustique dans le cadre hospitalier représente une nouveauté en Algérie, où cet aspect n'a jusqu'à présent pas fait l'objet d'une réflexion approfondie. Or, il s'agit d'un facteur déterminant dans la qualité des soins et la prévention des nuisances sonores, qui peuvent avoir des effets délétères sur les patients et le personnel médical.

Dans ce cadre, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique encourage les projets de recherche portés sur les grandes orientations de l'État, en mettant l'accent sur la priorité des problématiques nationales, ainsi, en favorisant les études qui s'alignent sur les besoins socio-économiques du pays et explorent des problématiques

d'actualité. L'acoustique des bâtiments hospitaliers constitue un sujet de recherche pertinent et novateur, en phase avec les ambitions nationales de développement et de modernisation des infrastructures de santé. Cette étude, qui explore l'impact du bruit sur la santé et le confort des patients et du personnel hospitalier, s'intègre dans les stratégies nationales visant à améliorer la qualité des soins et à promouvoir la santé publique à l'horizon de 2029 (PLAN D'ACTION DU GOUVERNEMENT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DU PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE, 2020; PLAN DE RELANCE ÉCONOMIQUE, 2020; ALGERIE RAPPORT NATIONAL DE MISE EN ŒUVRE DU NOUVEAU PROGRAMME POUR LES VILLES, 2021; PLAN D'ACTION DU GOUVERNEMENT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DU PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE, 2021; Schéma National d'Aménagement du Territoire SNAT, 2025).

Ainsi, Cette recherche apporte une contribution scientifique pertinente aux politiques publiques en s'inscrivant dans une dynamique nationale visant à doter les établissements de santé d'une excellence reconnue, en intégrant des critères de confort acoustique parmi les standards de qualité hospitalière. Elle constitue un apport significatif à la réflexion sur la modernisation du système de santé algérien et à son positionnement en tant que référence régionale et internationale, contribuant à l'essor du pays dans le domaine de la santé publique.

Dans ce contexte, cette étude se concentre sur le confort acoustique dans les établissements publics hospitaliers en Algérie, avec un cas d'étude spécifique portant sur les hôpitaux de la wilaya de Skikda. L'objectif est d'évaluer les niveaux sonores existants, d'identifier les principales sources de bruit et d'explorer des solutions adaptées aux infrastructures hospitalières locales. Cette recherche repose sur une approche combinant des mesures acoustiques In-Situ, analyses normatives et simulations numériques, afin de comparer les performances actuelles aux normes internationales et d'élaborer des recommandations optimisées.

2. Problématique

Depuis 1980, l'Organisation Mondiale de la Santé « OMS » s'est préoccupée de la problématique du bruit. Ses travaux ont débuté en 1992 et ont abouti à une première publication en 1995, entraînant le phénomène ainsi que ses risques pour les humains et l'environnement. De plus, cette publication détaillait également la quantification du bruit à travers des valeurs pour chaque environnement, établie sous forme de directives (Berglund et al., 1999).

Sept ans plus tard, le Parlement européen a publié la Directive 2002/49/CE, qui constitue une référence pour les États membres de l'Union européenne dans la lutte contre le bruit

(*DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN*, 2002). Cette directive prévoit un rapport quinquennal sur l'évolution du bruit. Cependant, dans son dernier rapport publié en 2023 à Bruxelles, il a été constaté que, qu'il s'agisse du bruit routier, ferroviaire, aérien ou industriel, le nombre de personnes exposées à des niveaux sonores dépassant les recommandations n'a cessé d'augmenter entre 2007 et 2021 (*RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT*, 2023).

En outre, Le phénomène du bruit a été lié à la santé et abordé par un organisme de santé mondiale comme l'OMS après une série de recherches ayant prouvé ses effets négatifs sur la santé humaine, en particulier sur la santé et la remise en état des personnes les plus vulnérables, comme les patients. En définissant l'hôpital comme un environnement spécifique, l'OMS a souligné ses effets critiques sur ces derniers, notamment la perturbation du sommeil, la déficience auditive, les effets cardiovasculaires et psychophysiologiques, la gêne et l'interférence des communications (Berglund et al., 1999). D'autres recherches plus récentes ont confirmé ces effets (Basner & McGuire, 2018; Münzel et al., 2018; Nassur, 2018; Y.-T. Lin et al., 2020), tandis que certaines ont particulièrement mis en évidence ses effets sur l'hypertension artérielle (Mahdjoub-Assaad, 2018) et l'équilibre mental (Jensen et al., 2019). Cependant, l'OMS a indiqué en 2018 que seulement 4 % des études et interventions sur le bruit en Europe avaient été réalisées dans les hôpitaux (WHO, *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, 2018).

D'autres chercheurs ont souligné les effets nocifs du bruit dans les environnements de travail nécessitant une forte activité cognitive, indiquant que le bruit dans les hôpitaux accroît les erreurs médicales et réduit la productivité du personnel (Waye & Ryherd, 2013; Loupa et al., 2019). Une étude menée aux Pays-Bas sur le confort des travailleurs hospitaliers, à l'aide d'un questionnaire, a révélé que 38 % d'entre eux souffraient de maux de tête, tandis que 32 % se déclaraient insatisfaits de la qualité sonore de leur environnement de travail et que 36 % signalaient un manque d'intimité (Eijkelenboom et al., 2020). Par ailleurs, d'autres chercheurs ont également rapporté les effets du bruit sur le bien-être des visiteurs (Paiva et al., 2019), ce qui a conduit à une diversification des champs d'étude.

Dans une revue de synthèse sur le bruit hospitalier, 82 % des études analysées ont été réalisées à l'intérieur des établissements de santé, dont 48 % dans des unités de soins intensifs et 19 % dans plusieurs zones hospitalières. En outre, 22 % des recherches ont été menées dans des chambres privées et des salles d'attente, et 11 % dans les urgences et les espaces communs intérieurs, partant de la logique de la priorité des patients. Cependant, 15 % des études ont été

réalisées à l'extérieur, et seulement 3 % ont examiné simultanément les environnements intérieurs et extérieurs (de Lima Andrade et al., 2021).

De plus, le questionnaire établi par Eijkelenboom et al, sur du personnel hospitalier, qui constitue la catégorie utilisant l'hôpital de manière permanente, a également mis en évidence que le bruit intérieur représentait la principale source de plainte et les 556 réponses recueillies ont révélé que 40 % de ce bruit provenait d'autres personnes et 25 % des appareils (Eijkelenboom et al., 2020).

Avec l'avancement technologique, plusieurs dispositifs électroniques ont été introduits dans le domaine médical en tant qu'outils d'aide à la décision et de surveillance. Par conséquent, en raison des diverses activités se déroulant à l'intérieur et à l'extérieur de l'hôpital, une quantité importante de bruit est générée. Pour mieux comprendre un environnement sensible et complexe comme l'hôpital, une recherche menée en Italie en 2022 a combiné des méthodes quantitatives et qualitatives avec des simulations acoustiques. Cette étude a conclu que l'élément le plus faible dans la transmission du bruit entre le couloir et la chambre était la porte. Selon ses résultats, une intervention sur la configuration du couloir et les caractéristiques de la porte permettrait d'améliorer l'isolation acoustique de plus de 10 dB (Secchi et al., 2022).

Cependant, une étude menée dans sept hôpitaux situés dans la ville d'Isparta, en Turquie, a révélé que les niveaux sonores en L_{eq} mesurés à tous les points extérieurs dépassaient les normes nationales pour le bruit du trafic routier dans les zones sensibles, qui imposent des niveaux sonores de 60 dBA pendant la journée et de 55 dBA la nuit. Les niveaux mesurés excédaient également les seuils recommandés par des normes internationales telles que celles de l'OMS et de l'USEPA. L'étude a montré également que les hôpitaux situés dans un tissu urbain dense avec des rues et des trottoirs étroits, présentaient des niveaux sonores inférieurs par rapport aux hôpitaux situés à des intersections majeures (Coskun et al., 2022).

En outre, d'autres travaux ont souligné l'importance d'études combinées, permettant de mieux décrire la situation hospitalière et la gravité du problème, ainsi que d'identifier précisément les différentes sources de bruit, qu'elles soient internes et/ou externes (Althahab et al., 2022).

Pour lutter contre ce phénomène, plusieurs organismes nationaux et internationaux ont mis en place des normes, parfois recommandataires et parfois réglementaires. De nombreuses études ont souligné la diversité des normes internationales et européennes en matière d'acoustique, mettant en évidence les écarts dans les descripteurs et les valeurs limites adoptés, notamment, les travaux scientifiques de Birgit Rasmussen (Rasmussen, 2010, 2012) et de Maria

Machimbarrena (Machimbarrena et al., 2014), axés sur le logement, ont décrit cette diversité à travers la variété des descripteurs, des systèmes de classification et des valeurs limites utilisées pour l'évaluation de l'isolation acoustique. En parallèle, l'initiative COST TU0901, présidée par ces chercheurs, visait à établir une approche internationale commune et harmonisée de l'isolation acoustique des bâtiments. Cette initiative, qui a impliqué la participation de 35 pays, a mis en évidence la situation chaotique des exigences en matière d'isolation acoustique des bâtiments. Elle a proposé des descripteurs harmonisés ainsi qu'un système de classification allant de la classe A à la classe F pour l'isolation aux bruits aériens, aux bruits d'impact et l'isolation des façades. Ce travail a servi de base à la définition de la norme internationale ISO 19488, publiée en 2021 (Rasmussen & Machimbarrena, 2014).

Une autre étude de Birgit Rasmussen, menée en 2018, a révélé que parmi les 12 pays européens disposant d'un système de classification acoustique, sept incluaient les hôpitaux, notamment la Turquie et quatre pays nordiques, couvrant ainsi une large gamme de bâtiments (Rasmussen, 2018).

Toutefois, pour limiter le bruit dans les hôpitaux, l'OMS recommande un $L_{Aeq,diurne}$ inférieurs à 35 dBA dans les zones de contact avec les patients et un $L_{Aeq,nocturne}$ inférieurs à 30 dBA, avec un L_{AFmax} de 40 dBA. Ces recommandations visent à assurer à la fois la prévention sanitaire et le bien-être des patients en garantissant un environnement calme et paisible. Cela a motivé 45 % des travaux étudiés par De Lima Andrade en 2021 d'utiliser ces recommandations de l'OMS comme valeurs de référence. D'autres chercheurs se sont appuyés sur différentes normes, dont 15 % sur la norme de l'Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis, qui fixe un niveau intérieur de 45 dBA en journée et de 35 dBA la nuit, ainsi qu'un niveau extérieur de 55 dBA, de jour comme de nuit. En outre, 12 % des études ont adopté les valeurs de l'Académie Américaine de Pédiatrie, qui recommande un niveau intérieur fixe de 45 dBA, de jour comme de nuit, une valeur similaire à celle de la norme australienne. D'autres normes sont également utilisées pour évaluer le bruit hospitalier comme celle du National Institute for Occupational Safety and Health, qui recommande des niveaux intérieurs de 40 dBA le jour et 35 dBA la nuit, ainsi que celle du Noise Council, qui préconise des niveaux de 45 dBA le jour, 40 dBA le soir et 20 dBA la nuit. Toutefois, Certaines normes internationales fixent des seuils moins stricts, comme la norme chinoise, qui recommande un niveau intérieur maximal de 55 dBA pendant la journée.

Cependant, malgré ces initiatives visant à contrôler et à réduire le bruit dans les hôpitaux, les niveaux sonores n'ont pas arrêté d'augmenter avec le temps. Depuis 1960, le bruit hospitalier

est passé de 57 dBA à 72 dBA en journée en 2007, atteignant en 2015 des niveaux pouvant aller jusqu'à 106 dBA en L_{AFmax} . De même, les niveaux nocturnes sont passés de 42 dBA à 60 dBA en 2007, atteignant également 106 dBA en L_{AFmax} en 2015 (Busch-Vishniac et al., 2005; Joseph & Ulrich, 2007; Fredriksson et al., 2015).

En Afrique, la littérature sur le phénomène du bruit demeure particulièrement rare. Par ailleurs, l'OMS n'a abordé cette problématique sur le continent qu'en recommandant d'éviter l'implantation des hôpitaux dans les zones contrôlées, où le niveau moyen de bruit dépasse 65 dBA sur 24 heures. De plus, plusieurs chercheurs ont souligné sur la rareté des études acoustiques portant sur les hôpitaux africains en 2018 (Okokon et al., 2018; Sieber et al., 2018). Trois ans plus tard, une revue de la littérature sur le bruit hospitalier a confirmé que seulement 2 % des études analysées menées dans ce domaine concernaient l'Afrique (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

En Algérie, deux études récentes réalisées à Biskra et Guelma ont mis en évidence une pollution sonore préoccupante, particulièrement en milieu urbain où les niveaux sonores dépassent fréquemment les seuils réglementaires. À Biskra, une ville du sud algérien, les relevés effectués sur six typologies résidentielles montrent que 90 % de la population est exposée à des niveaux sonores supérieurs à 55 dB en semaine, et 81 % durant le week-end. Dans certains quartiers auto-construits, l'absence de planification urbaine et de mesures d'atténuation du bruit entraîne une exposition constante à des niveaux dépassant les recommandations internationales, touchant 100 % des habitants (Bouzir, 2018). À Guelma, l'une des villes du nord algérien, une enquête menée sur un échantillon de 80 logements a révélé que 70 % des résidents jugent leur environnement sonore désagréable, avec une identification du bruit routier comme la principale source du bruit, de plus, près de la moitié des habitants sont gêné par les nuisances sonores liées au voisinage, démontrant un inconfort généralisé. De plus, l'impact du bruit varie selon les périodes de la journée : 70 % des habitants signalent une gêne diurne, tandis que 30 % sont affectés par le bruit nocturne, perturbant le sommeil et augmentant le stress (Boulemaredj & Haridi, 2023).

L'acoustique des bâtiments révèle une différence entre les constructions traditionnelles et les constructions modernes. Les maisons traditionnelles, grâce à leur conception introvertie, offrent un meilleur confort acoustique avec des niveaux moyens de 42 dB dans les espaces intérieurs. En revanche, les logements collectifs récents construits en coffrage tunnel présentent des faibles performances acoustiques. Une étude de 2021 a révélé que l'isolation aux bruits aériens et d'impact y est classée respectivement en catégories D et F, traduisant une transmission sonore

importante entre appartements et un inconfort notable (Benzagouta-debache & Filali, 2003; Debache-Benzagouta & Filali, 2004; Gramez et al., 2021).

Les bâtiments publics souffrent également de problèmes acoustiques. Les mosquées, espaces dédiés à la prière et à la transmission du savoir, sont souvent confrontées à une réverbération excessive qui altère l'intelligibilité des sermons. Des études acoustiques menées sur plusieurs mosquées algériennes montrent que les temps de réverbération excèdent les normes recommandées, atteignant parfois 3,27 secondes, contre une valeur optimale de 2,4 secondes. Des solutions, comme l'ajout de revêtements absorbants et une meilleure répartition des surfaces réfléchissantes, ont démontré leur efficacité dans l'amélioration des performances acoustiques (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Filali, 2016). De même, les salles de conférence présentent des problèmes de bruit ambiant et de mauvaise isolation acoustique. Une étude de 2017 a montré que le bruit généré par les systèmes de ventilation peut atteindre 52 dB, dépassant largement le seuil recommandé pour une bonne intelligibilité de la parole (Gramez & Boubenider, 2017).

Par ailleurs, la sensibilisation aux impacts du bruit reste insuffisante. Une enquête a révélé que 65 % des Algériens ne sont pas conscients des effets du bruit sur la santé, et 58 % ne savent pas qu'il existe une réglementation nationale sur le bruit. Cette méconnaissance aggrave l'inaction face aux nuisances sonores, d'autant plus que les mesures de gestion acoustique sont peu appliquées (Boulemaredj & Haridi, 2023).

Toutefois, ces analyses sur l'environnement sonore en Algérie révèlent une problématique majeure encore inexplorée : le bruit en milieu hospitalier. Bien que la littérature internationale ait démontré ses effets néfastes sur la santé des patients et l'efficacité du personnel médical, aucune étude acoustique approfondie n'a été réfléchie dans les établissements hospitaliers algériens. Or, le bruit dans ces structures ne constitue pas une simple nuisance, mais un facteur influençant directement la récupération des patients, la précision des actes médicaux et la communication entre soignants.

Dans ce contexte, une première évaluation des conditions acoustiques des établissements hospitaliers algériens est nécessaire pour identifier les sources de bruit, quantifier leur impact et proposer des stratégies d'atténuation adaptées aux contraintes locales. Cette approche permet d'intégrer l'acoustique dans la conception et la rénovation des infrastructures hospitalières, contribuant ainsi à l'amélioration du confort et de l'efficacité des soins.

Toutefois, en matière de réglementation acoustique, l'Algérie dispose d'un cadre juridique limité concernant le bruit en milieu hospitalier. Le décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993, qui fixe les limites d'émission sonore, porte uniquement sur les niveaux sonores autorisés à l'extérieur des établissements hospitaliers. Il fixe des seuils de 45 dB en période diurne et 40 dB en période nocturne au voisinage immédiat des hôpitaux, des établissements d'enseignement et des aires de repos. Cependant, cette réglementation, qui n'a jamais été actualisée, ne prend pas en compte la spécificité et la sensibilité du contexte hospitalier, où les exigences acoustiques sont plus importantes par rapport aux autres équipements considérés dans la même catégorie avec les hôpitaux. De plus, ce décret ne définit aucun seuil pour les environnements intérieurs des hôpitaux et ne précise pas les exigences acoustiques pour les différents espaces hospitaliers. L'absence de réglementation détaillée sur l'acoustique hospitalière en Algérie constitue ainsi une lacune remarquable, nécessitant une révision normative pour intégrer des critères adaptés aux exigences médicales et aux standards internationaux en matière de confort acoustique dans les établissements de santé.

Skikda est l'une des principales wilayas du nord-est algérien, caractérisée par une forte démographie et une vaste superficie. Pour optimiser sa gestion administrative, elle est divisée en 13 daïras et 48 communes. Son développement repose sur plusieurs secteurs, notamment le tourisme, favorisé par son littoral, l'agriculture, soutenue par de vastes terres cultivables, et la pêche, structurée autour de plusieurs ports spécialisés. Par ailleurs, Skikda constitue un pôle industriel important, abritant un complexe pétrochimique de grande envergure, ainsi qu'un centre logistique stratégique grâce à son port international, qui facilite les opérations d'import-export et le commerce maritime.

La wilaya de Skikda dispose d'une infrastructure hospitalière publique structurée en quatre typologies distinctes. Elle comprend cinq Établissements Publics de Santé de Proximité (EPSP), qui assurent les soins de base et la prise en charge médicale primaire. Elle abrite également un Établissement Hospitalier Spécialisé (EHS) en psychiatrie à Harrouche, ainsi que cinq Établissements Publics Hospitaliers (EPH), qui constituent le niveau de soins le plus élevé au sein de la wilaya. Ces trois typologies forment l'ossature du système de santé local.

Cependant, en 2006, un décret exécutif a introduit une nouvelle typologie d'infrastructure hospitalière : l'Établissement Hospitalier Public Abderrezak Bouharra (EHP A.B) de Cicel. Présent exclusivement dans neuf wilayas du pays, cet établissement fonctionne selon les mêmes principes qu'un EPH, mais avec une aire d'influence élargie, couvrant non seulement les besoins

locaux, mais également ceux des wilayas limitrophes, renforçant ainsi l'offre de soins à l'échelle régionale.

Alors la question problématique principale est :

- **Comment optimiser le confort acoustique dans les établissements publics de santé à Skikda ?**

Cette question centrale conduit à plusieurs interrogations secondaires :

- Comment évaluer le bruit et la qualité acoustique dans les établissements publics de santé ?
- Quelles sont les principales sources du bruit dans les établissements publics de santé ?
- Sur quoi intervenir et comment optimiser le confort acoustique dans les établissements publics de santé ?

4. Objectifs

En Algérie et particulièrement à Skikda, L'étude vise à atteindre plusieurs objectifs :

- Réaliser un état des lieux du bruit dans les hôpitaux.
- Évaluer le bruit dans les hôpitaux par rapport aux standards national et international
- Analyser et évaluer la performance acoustique des infrastructures hospitalières par rapport aux normes internationales, en absence des normes nationales.
- Identifier les principales sources de bruit et définir les axes d'intervention prioritaires.
- Proposer des scénarios d'optimisation basées sur des simulations acoustiques et des interventions ciblées.

5. Hypothèses

- L'évaluation du bruit hospitalier peut être réalisée par des campagnes de mesures In-Situ, portant sur des descripteurs statistiques et des descripteurs de la performance d'isolation acoustique. L'état des lieux sera ensuite comparé aux normes internationales correspondantes.
- Les principales sources de bruit affectant les patients proviennent probablement de l'intérieur des hôpitaux, plutôt que de l'environnement extérieur et du bruit routier, ce dernier étant plus stable et éloigné. La diversité des activités hospitalières, leur

complexité et leur proximité immédiate des patients contribuent à une exposition sonore plus importante.

- L'optimisation du confort acoustique pourrait être efficacement réalisée en intervenant sur les éléments intérieurs du bâtiment, notamment les ouvertures (portes et fenêtres), en intégrant des matériaux acoustiques performants. Ces interventions devront être testées par des simulations acoustiques afin de garantir leur efficacité tout en préservant la fonctionnalité hospitalière.
- La comparaison des résultats des simulations aux normes afin de déterminer les écarts nécessaires tout en évitant les interventions insuffisantes ou exagérées peut-être une bonne approche d'optimisation.

6. Méthodologie de la recherche

La méthodologie adoptée dans cette recherche suit une approche structurée et progressive, où chaque chapitre joue un rôle essentiel dans la construction de la réflexion scientifique. L'objectif global est d'optimiser le confort acoustique dans les établissements hospitaliers publics en Algérie. Pour y parvenir, cette étude combine une analyse théorique approfondie, une évaluation expérimentale In-Situ et des simulations numériques, permettant ainsi de poser un diagnostic précis et de proposer des scénarios d'optimisation adaptées aux contraintes locales.

Le premier chapitre a établi le socle conceptuel du travail en abordant les notions fondamentales de l'acoustique du bâtiment. Il présente les principes physiques du son, ses caractéristiques, ses modes de propagation et ses interactions avec l'environnement bâti. Ce cadre théorique est indispensable pour comprendre les enjeux liés à la pollution sonore et identifier les critères de performance acoustique applicables aux infrastructures hospitalières. L'exploration de ces bases permet de définir les indicateurs acoustiques et les descripteurs pertinents qui seront utilisés dans l'analyse des performances sonores des espaces hospitaliers.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des établissements publics hospitaliers. Il apporte une définition de ces infrastructures, en mettant en évidence leur mission, leur cadre institutionnel et leurs principes organisationnels. L'objectif est de comprendre l'évolution des structures hospitalières, leur classification et leur mode de fonctionnement, afin de cerner les contraintes spécifiques qui influencent leur conception architecturale et, par la suite, leurs performances acoustiques. Cette étape est essentielle pour situer l'hôpital dans son contexte global et mieux appréhender les enjeux liés à son confort acoustique.

Le troisième chapitre s'intéresse au confort acoustique dans les établissements hospitaliers en dressant un état de l'art des recherches existantes sur cette thématique. Il analyse les principales sources de bruit en milieu hospitalier et leurs effets sur les patients, les visiteurs et le personnel soignant. Cette revue met en évidence les niveaux sonores mesurés dans divers hôpitaux à travers le monde, les recommandations normatives existantes et les solutions architecturales et techniques mises en place pour limiter l'impact du bruit. L'objectif est de positionner la problématique du bruit hospitalier à l'échelle internationale et d'identifier les lacunes dans les approches actuelles, notamment en Algérie, où les études sur cette question restent limitées.

Le quatrième chapitre constitue la phase appliquée du travail. Il débute par une présentation du contexte d'étude, en s'intéressant à l'infrastructure hospitalière de la wilaya de Skikda. Une analyse détaillée des établissements de santé publics est réalisée pour justifier le choix de l'EHP A.B comme site d'investigation. Cette analyse repose sur des critères tels que l'emplacement de l'hôpital, son organisation architecturale, la typologie des espaces de soins et les défis acoustiques qu'il présente. Une fois le cadre de l'étude défini, la méthodologie adoptée pour l'évaluation acoustique est détaillée. Celle-ci repose sur trois axes : les mesures in situ, l'analyse normative et les simulations numériques.

Les mesures In-Situ sont réalisées conformément aux normes internationales ISO 16283-1:2014 et ISO 3382-2:2008. Ces relevés acoustiques sont réalisés dans différentes zones de l'hôpital, notamment dans les chambres de patients, et les couloirs. Les paramètres mesurés incluent les niveaux sonores en dBA, l'isolation acoustique entre les espaces et le temps de réverbération. Ces données permettent d'établir un état des lieux et un diagnostic précis des performances sonores de l'établissement.

L'analyse normative vise à comparer les résultats des mesures in situ avec les seuils recommandés ou réglementés par différents organismes. Cette comparaison permet d'évaluer le degré de conformité de l'EHP A.B aux normes et de mettre en évidence les écarts nécessitant des interventions correctives.

Enfin, les simulations numériques sont effectuées à l'aide du logiciel Ramsete® 2.7, un outil spécialisé dans l'acoustique du bâtiment. Ce logiciel permet de tester différentes configurations architecturales et d'évaluer l'efficacité des interventions visant à améliorer le confort acoustique. Les simulations portent principalement sur l'optimisation des ouvertures (portes et fenêtres), le choix de matériaux plus performants et l'ajout de traitements acoustiques aux parois.

L'ensemble de ces analyses permet d'aboutir au cinquième et dernier chapitre, qui sera consacré à l'interprétation des résultats et à la proposition de recommandations. Bien que ce chapitre soit axé sur les conclusions de l'étude, il suit la même logique méthodologique en confrontant les données obtenues aux hypothèses initialement formulées. Les interventions les plus pertinentes seront validées en fonction de leur impact sur la réduction du bruit et de leur faisabilité dans le contexte hospitalier algérien.

7. Structure de la thèse

Cette thèse est structurée en cinq chapitres, organisés de manière progressive afin d'assurer une approche logique et complémentaire du sujet de recherche. L'objectif de cette organisation est de passer d'une compréhension théorique et contextuelle du confort acoustique en milieu hospitalier à son évaluation et à l'élaboration de recommandations adaptées.

- La thèse s'ouvre sur une introduction générale, qui expose la problématique du bruit dans les hôpitaux, ses effets sur les patients et le personnel soignant, ainsi que l'importance d'une prise en compte du confort acoustique dans la conception des infrastructures hospitalières. Cette introduction met en lumière l'absence de réglementation spécifique en Algérie, justifiant ainsi la nécessité d'une étude approfondie sur ce sujet. Elle présente également les questions de recherche, les hypothèses ainsi que les objectifs de l'étude.

- Le premier chapitre : est consacré aux fondements théoriques de l'acoustique du bâtiment. Il explore les notions essentielles du son, sa propagation dans les espaces clos, les principes d'isolation et de correction acoustique, ainsi que les normes acoustiques existantes. Ce chapitre fournit une base scientifique qui permettra de mieux comprendre les enjeux du confort sonore dans les hôpitaux et de structurer les analyses ultérieures.

- Le deuxième chapitre : s'intéresse aux établissements publics hospitaliers, en mettant l'accent sur leur organisation, leur classification et leur cadre réglementaire. Il permet d'analyser l'évolution historique des hôpitaux et de comprendre comment leur architecture et leur gestion influencent le confort des patients. Cette analyse est essentielle pour cerner les contraintes des infrastructures hospitalières et identifier les facteurs qui impactent leur qualité sonore.

Le troisième chapitre : traite le confort acoustique dans les hôpitaux en réalisant une revue de la littérature scientifique et technique. Il met en avant les sources principales du bruit hospitalier, leurs impacts sur la santé des patients et du personnel, et les stratégies mises en place à l'échelle internationale pour améliorer la qualité acoustique dans ces établissements. Ce chapitre permet de situer la problématique du bruit hospitalier dans un cadre global, en

comparant les approches adoptées dans différents pays et en soulignant les écarts avec la situation algérienne.

Le quatrième chapitre : est consacré à l'étude de cas et aux investigations In-Situ. Une analyse de l'infrastructure hospitalière de la wilaya de Skikda a été effectuée, et l'EHP A.B a été sélectionné comme un cas d'étude grâce à son aire d'impact et à son importance. Ce chapitre décrit l'organisation et l'architecture de cet établissement et expose les méthodes employées pour évaluer ses performances acoustiques. Il comprend une campagne de mesures réalisées dans différents espaces hospitaliers, afin de quantifier les niveaux sonores et d'identifier les sources majeures de nuisances acoustiques. Cette phase d'investigation permet d'établir un diagnostic précis du confort sonore au sein de l'hôpital étudié.

- Le cinquième chapitre : présente les résultats des mesures In-Situ et ses interprétations, ainsi, les interventions possibles pour améliorer le confort acoustique des hôpitaux, en s'appuyant sur des simulations acoustiques. À partir des résultats obtenus, plusieurs scénarios d'optimisation sont proposés et évalués. L'objectif est de déterminer les scénarios les plus efficaces pour limiter le bruit et améliorer la qualité acoustique des espaces hospitaliers. Ce dernier chapitre vise ainsi à transformer les analyses réalisées en recommandations concrètes, pouvant être appliquées dans la conception et la rénovation des hôpitaux en Algérie.

- Enfin, la thèse se clôture par une conclusion générale, qui synthétise les principaux résultats obtenus, discute les limites de l'étude et propose des perspectives pour des recherches futures sur le confort acoustique en milieu hospitalier.

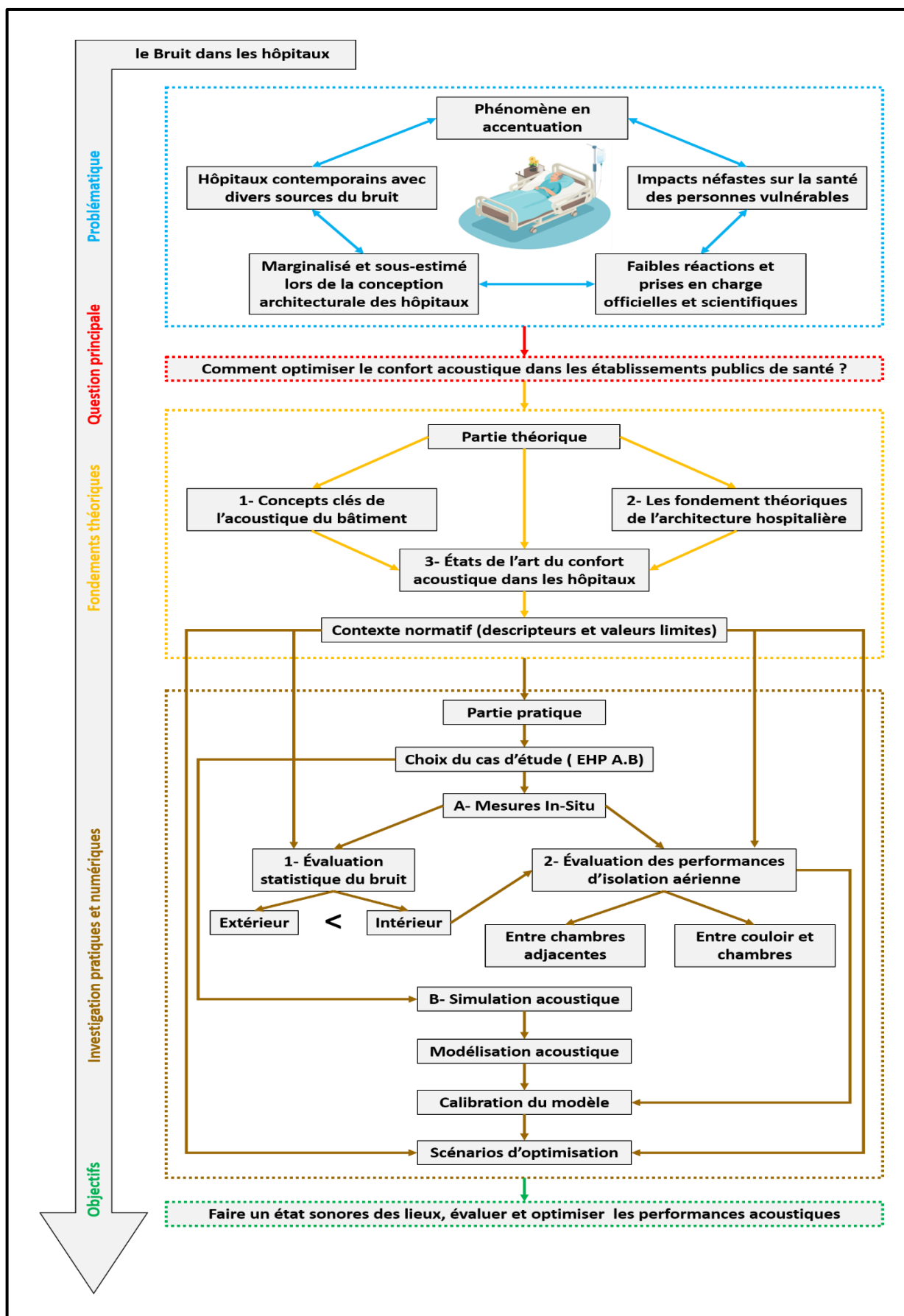


Figure 1 : Récapitulation schématique de la problématique et les méthodologies d'approche mobilisées dans cette étude

Chapitre I : Les notions de bases de l'acoustique du bâtiment

Introduction

L'acoustique est une discipline scientifique qui étudie les phénomènes liés au son et au bruit, englobant leur émission, propagation et réception dans divers milieux. Son importance se manifeste dans plusieurs domaines, notamment la physique, la médecine, la musique et l'architecture. Dans le contexte du bâtiment, l'acoustique joue un rôle central dans la conception des espaces afin de garantir un confort sonore optimal, en particulier les nuisances et en favorisant une qualité d'écoute adaptée aux fonctions des lieux. L'histoire de l'acoustique montre une évolution continue des connaissances, depuis les premières observations des philosophes grecs jusqu'aux avancées contemporaines en acoustique architecturale. Ce chapitre vise à établir les bases fondamentales de l'acoustique du bâtiment en explorant ses principes physiques, les caractéristiques du son, ses modes de propagation et d'atténuation, ainsi que les méthodes d'évaluation et de contrôle du bruit.

1. Introduction à l'acoustique

1.1. Définition de l'acoustique

L'acoustique est un terme d'origine grec qui signifie « entendre, écouter ». Ce terme réfère à la science qui s'intéresse à l'étude des phénomènes liés au son et au bruit. Notamment, leurs émissions, leurs propagations et leurs réceptions. Cette science cherche aussi à comprendre ces phénomènes d'un point de vue physique, psychologique et physiologique. Ce qui l'en fait un objet d'étude dans d'autres sous domaines et disciplines comme la physique, la médecine, la musique, la mécanique, l'architecture, ...etc.(Benmaghsoula, 2016; Ziani, 2022).

1.2. Origine et histoire de l'acoustique

L'étude des phénomènes acoustiques remonte à plus de 2000 ans. Les premières observations ont été réalisées par les grecs, d'abord Pythagore, qui a établi des liens entre les relations mathématiques et l'art musical, notamment en étudiant les vibrations des cordes et en découvrant des relations entre leur longueur, leur tonalité et leur tension, et ensuite Aristote, qui s'est intéressé au phénomène de l'écho. Ces avancées acoustiques en matière de propagation et de réflexion du son et du bruit ont été considérées par les grecs lors de la conception de certains amphithéâtres, notamment l'amphithéâtre d'Epidaure, voir la figure 2.

Au fil des siècles, la notion de l'acoustique n'a cessé pas à se développer, et les romains ont aussi laissé leurs traces, d'abord par l'architecte Vitruve qui a supposé qu'un son est produit par un mouvement d'un corps et qui sera transmis par un mouvement d'air.

Plus tard, et après le développement de la mécanique et la possibilité d'intégrer l'acoustique dans cette discipline, la relation exclusive entre l'acoustique et l'art musical s'est mise en cause, et l'acoustique s'est semblé posséder un champs d'application multidisciplinaire et qui est plus vaste qu'être exploité uniquement dans la musique. De ce fait, le physicien français Joseph Sauveur a remplacé le mot « musique » par le mot « acoustique » dans ses études du son.

Vers le 17^{ème} siècle, l'acoustique a été l'objet d'intérêt d'autres penseurs et savants, notamment, l'Italien Galilée qui a défini les principales généralités concernant la vibration d'un corps et le phénomène de la résonance. D'autres penseurs comme Mersenne, Kircher, Boyle, Borelli et Viviana ont aussi laissé leurs touches concernant la vibration, la propagation, et la détermination des fréquences du son et son vitesse qui a été estimée entre 332 m/s et 450m/s selon les paramètres atmosphériques. Cette question d'onde sonore et de la vitesse du son a été aussi un sujet d'étude de Newton qui a établi une première tentative d'une théorie basée sur une formulation mathématique.

Au 18^{ème} siècle, et parallèlement avec le développement sans précédent de la mécanique, l'importance de l'acoustique a été accrue, ce qui a attiré l'attention de plusieurs savants, d'Alembert, Taylor, Bernoulli, Euler, Young et Chladni qui ont essayé d'avancer l'acoustique en introduisant les avancées mathématiques ainsi qu'à travers des études expérimentales.

Au 19^{ème} siècle, Poisson et Kirchhoff ont mis une théorie plus approfondi avec des études de la transmission du son, ses études ont permis de comprendre la nature vibratoire du son et ont permis aussi d'analyser les sons complexes. Cette période est marquée aussi par la contribution de Fourier qui a étudié la nature périodique du son et qui sera critiquée plus tard par Rayleigh dans son ouvrage « A theory of sound ».

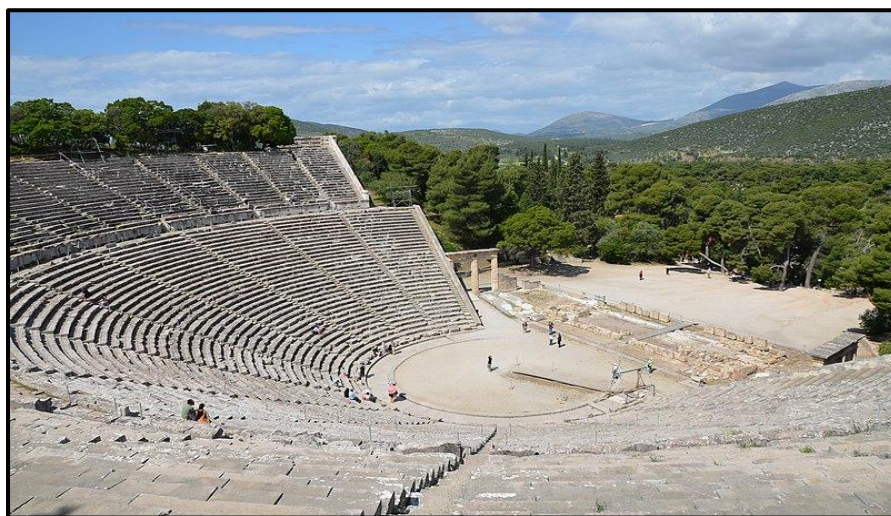


Figure 2 Amphithéâtre grec d'Epidaure. Source : Wikipédia

1.3. Définition de l'acoustique architecturale

La multidisciplinarité de l'acoustique le rend un objet d'étude dans divers domaines, notamment en architecture. L'acoustique architecturale signifie l'étude des phénomènes liés à l'émission, la propagation et la réception du son et du bruit dans le bâtiment afin de maîtriser et d'améliorer sa qualité sonore. Ceci est à partir de deux perspectives : d'une part, le bâtiment comme étant un endroit à protéger contre le bruit, et d'autre part, le bâtiment comme étant une source du bruit en raison des activités qui s'y déroulent (Hachemi, 2022).

2. Les caractéristiques physiques du son

2.1. Définition du son

Le son est un phénomène complexe, à la fois physique et physiologique, lié à des vibrations acoustiques se propageant dans un milieu matériel. Selon Michel Chagué, "le son présente une sensation auditive engendrée par une onde acoustique qui se propage dans un milieu" tel que l'air, l'eau ou tout autre matériau, à l'exception du vide (Chagué, 2001). Cette incapacité du son à se propager dans le vide s'explique par le fait que le son nécessite un support matériel pour transmettre ses vibrations. Comme l'explique Berjon, "le son ne se propage pas dans le vide" car il repose sur les mouvements des particules du milieu environnant (Berjon, 2007).

Ce phénomène est déclenché par la vibration d'un objet, qui génère des fluctuations de pression dans le milieu environnant. Ces fluctuations, alternant entre compressions et décompressions, se déplacent sous forme d'ondes jusqu'à atteindre l'oreille humaine, où elles sont perçues comme des sons, voire la figure 3. Hamayon précise qu'un son est "un phénomène vibratoire qui résulte du déplacement intermittent d'un système matériel autour d'un point d'équilibre" (Hamayon, 2008).

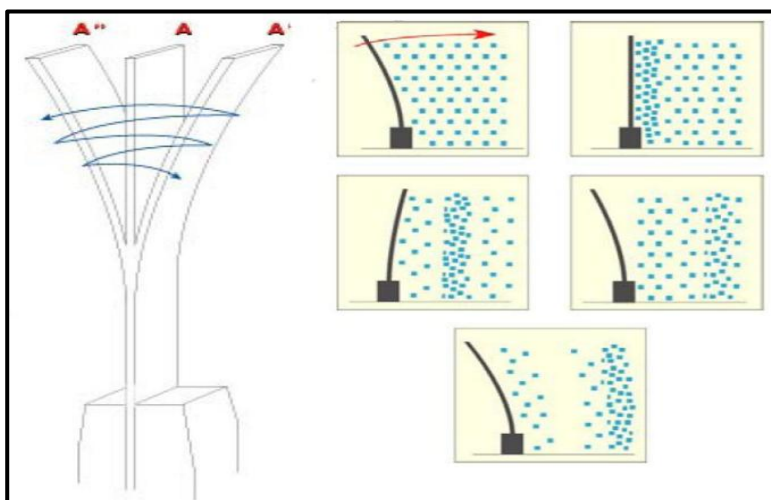


Figure 3 : phénomène de la production du son par compressions et décompressions ; source : <https://fr.scribd.com/document/474802015/acoustique-cours-procedes-generaux-de-construction-pdf>

La propagation du son varie en fonction du milieu dans lequel il se déplace. Dans un espace ouvert, le son se diffuse librement dans toutes les directions. Cependant, dans un espace clos comme une salle, la propagation est influencée par les objets présents (murs, meubles, etc.), créant un environnement acoustique particulier. Comme le souligne Foteinou, "la propagation dans les espaces fermés est plutôt liée à l'environnement de la source sonore, tels que les murs, le toit, le sol et même l'ameublement"(Foteinou, 2013).

Le phénomène du son se décompose en trois étapes, voir la figure 4 : l'émission, la propagation et la réception (Auffret, 2015). il se caractérise par plusieurs paramètres : son niveau, sa puissance, son intensité, sa fréquence, sa célérité et son timbre, qui dépend de la nature des vibrations (Alain & André, 2005). L'intensité sonore se mesure en décibels (dB), tandis que la fréquence des sons audibles par l'homme se situe entre 20 et 20 000 Hz. Ces propriétés influencent la manière dont le son est perçu par le système auditif (Long, 2005).



Figure 4 : les trois composants de la définition du son, source : Ziani, 2022

2.2. Le niveau sonore en dB

Le niveau sonore, ou niveau de pression acoustique « L_p », désigne l'amplitude d'une onde sonore, exprimée en décibels (dB) selon une échelle logarithmique, voir la figure 5.

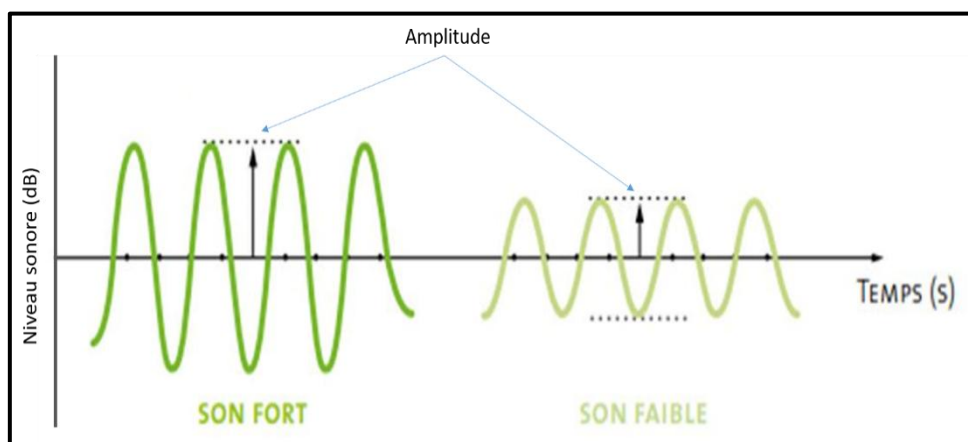


Figure 5 : Représentation du niveau sonore ; source : Source : www.isover.fr

Cette échelle est utilisée en acoustique car l'oreille humaine perçoit les sons de manière logarithmique : une petite augmentation du niveau sonore correspond à une grande variation de la pression acoustique. Les pressions sonores perçues par l'être humain varient de 2×10^{-5} Pascal (seuil d'audibilité) à 20 Pascal (seuil de douleur). Pour cette raison, le niveau sonore est défini par la formule 1 :

$$L_p = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \dots \dots \dots \text{Formule 1}$$

Où $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa est la pression acoustique de référence.

L'amplitude d'un son est liée à sa pression acoustique : plus cette pression est élevée, plus le son est perçu comme fort. Dans la pratique, les sons sont mesurés en décibels pour refléter cette échelle logarithmique, facilitant ainsi la gestion des grandes variations de pression et d'intensité (Hamayon, 2014). En raison de la sensibilité inégale de l'oreille humaine aux différentes fréquences, une pondération spécifique, appelée décibel pondéré A (dBA), est souvent appliquée. Elle atténue les basses fréquences auxquelles l'oreille est moins sensible, afin de fournir une mesure qui correspond à la perception humaine.

En résumé, le niveau sonore permet de représenter de manière simplifiée les grandes variations de pression acoustique et d'intensité dans le cadre de la perception auditive humaine, tout en tenant compte des spécificités physiologiques de l'oreille.

2.3. La fréquence et la période du son

La fréquence d'un son est définie comme le nombre d'oscillations ou de variations de la pression acoustique autour de la pression atmosphérique par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz), où 1 Hz correspond à une oscillation par seconde. La fréquence est liée à la hauteur du son : plus la fréquence est basse, plus le son est grave, tandis qu'une fréquence élevée produit un son aigu. La fréquence est également inversement proportionnelle à la période (T), qui est le temps entre deux oscillations successives, voir la figure 6 et 7.

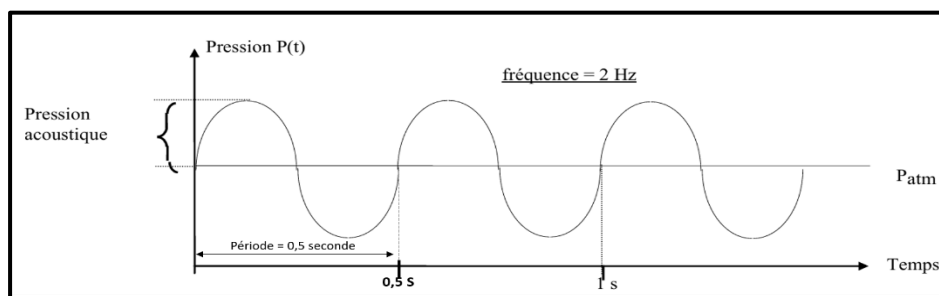


Figure 6 : Exemple de détermination de la fréquence et la période d'un son pur ;source : www.coursgeniecivil.com

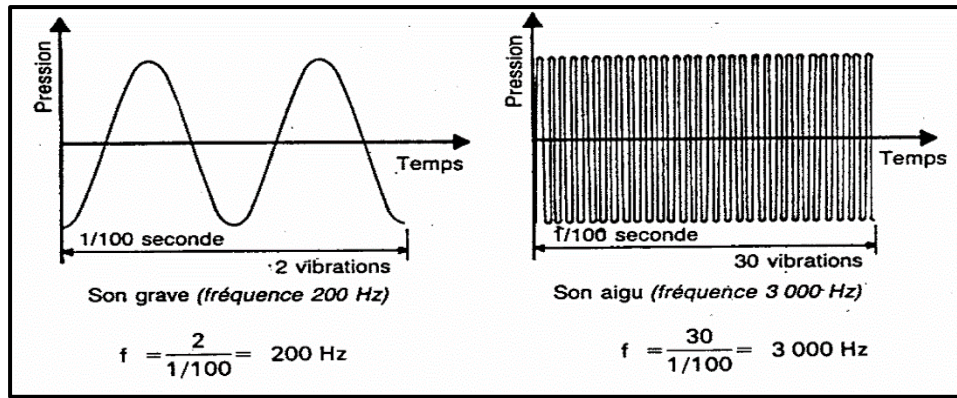


Figure 7 : la différence entre un son grave et un son aigu ; source : CERTU, 2003

Ainsi, la relation fondamentale entre fréquence et période est donnée par la formule 2, où T est exprimée en secondes et f en Hertz (Rapin, 2017).

$$f = \frac{1}{T} \dots \dots \dots \text{Formule 2}$$

Les sons audibles par l'oreille humaine se situent généralement dans une gamme de fréquences allant de 20 Hz à 20 000 Hz. En acoustique, on distingue trois types de fréquences audible illustrés dans la figure 8 (www.coursgeniecivil.com, s. d.).

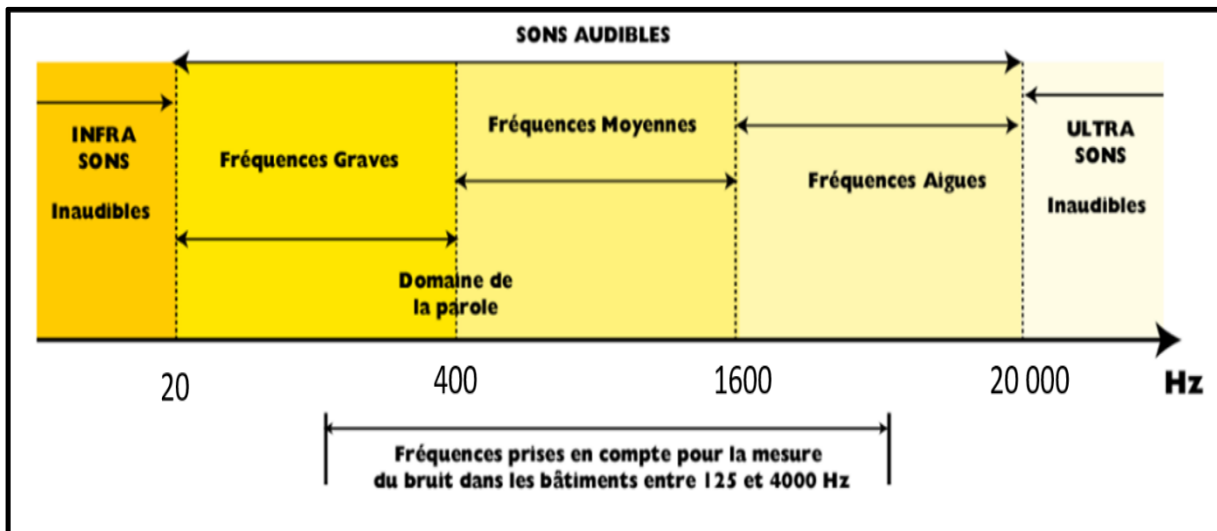


Figure 8 : Classification des sons selon la fréquence ; Source : www.coursgeniecivil.com

2.4. La célérité du son

La célérité du son, ou vitesse de propagation des ondes sonores, désigne la vitesse à laquelle une onde sonore se déplace à travers un milieu. Elle dépend principalement des propriétés physiques du milieu traversé, notamment son homogénéité et son élasticité. La célérité varie en fonction du type de milieu (solide, liquide ou gazeux), ainsi que des conditions environnementales, telles que la température.

2.5. Influence du Milieu de Propagation

La célérité varie en fonction de la densité et de l'élasticité du milieu. Dans l'air, la vitesse de propagation est plus faible car les molécules sont relativement espacées, contrairement à l'eau ou aux solides où les molécules sont plus rapprochées, facilitant ainsi une transmission plus rapide de l'onde sonore, voir la figure 9. Par exemple, la célérité du son est environ quatre fois plus élevée dans l'eau que dans l'air, en raison de la plus grande densité des molécules d'eau (Hamayon, 2008). Cependant, la propagation du son est impossible dans le vide, car il n'y a pas de molécules pour transmettre les oscillations.

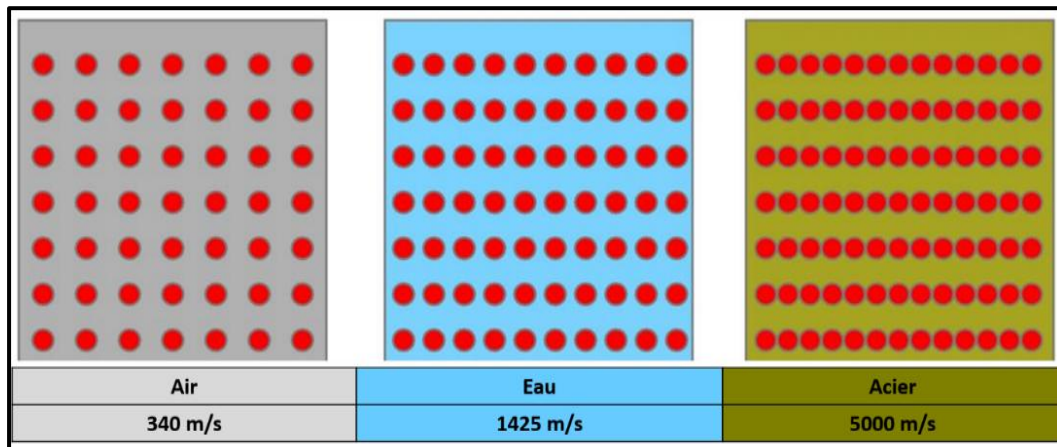


Figure 9 : Représentation schématique du rapport entre les molécules des trois milieux de propagation l'air, l'eau et l'acier et ses célérités ; Source : Hamayon, 2008, Ziani, 2022

2.6. Influence de la température

Dans un milieu gazeux comme l'air, la célérité du son dépend également de la température. En effet, une élévation de température accélère le mouvement des molécules du gaz, ce qui facilite la propagation des ondes sonores. À une température de référence de 0°C, la célérité du son dans l'air est d'environ 331,4 m/s. Cette vitesse augmente avec la température à raison de 0,607 m/s par degré Celsius supplémentaire et ceci est suivant la donnée par la formule 3 et également la formule 4 est utilisée (Hamayon, 2008).

$$C = 20\sqrt{T} \dots \dots \dots \text{Formule 3}$$

$$C = 331.4 + 0.607 T \dots \dots \dots \text{Formule 4}$$

C : célérité du son (m/s),

T : température de l'air (°C)

2.7. La longueur d'onde

La longueur d'onde λ ou période spatiale correspond à la distance parcourue par une onde au cours d'une période complète d'oscillation, voir la figure 10. Elle s'exprime en mètres (m) et est calculée en fonction de la célérité du son C et de la fréquence f à l'aide de la formule 5 :

$$\lambda = \frac{C}{f} \dots \dots \dots \text{Formule 5}$$

Où

λ : longueur d'onde en (m)

C : célérité du mouvement vibratoire en (m/s)

f : fréquence (Hz)

Cela signifie que plus la fréquence d'une onde est élevée, plus sa longueur d'onde sera courte, et inversement.

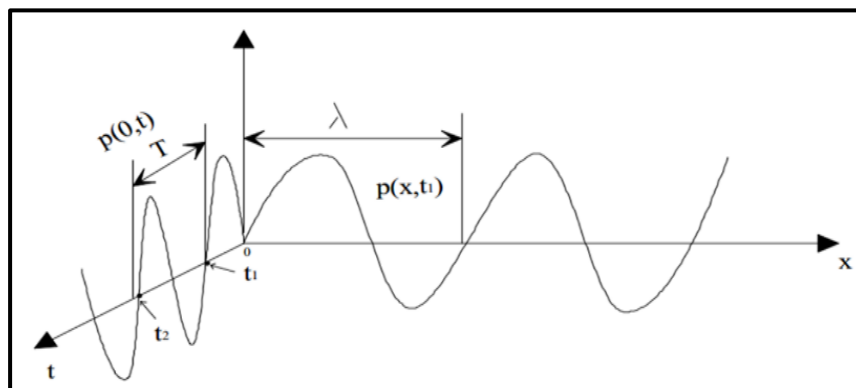


Figure 10 : période spatiale et période temporelle ; Source : Cloud, s. d.

3. Typologie des sons

3.1. Son pur

Le son pur est une sensation auditive résultant d'une onde de pression périodique dont la forme est strictement sinusoïdale et qui présente une seule fréquence constante, voir la figure 11. Ce type de son, produit par des instruments comme un diapason, est caractérisé par sa composition d'une seule fréquence, ce qui lui confère une forme d'onde régulière et prévisible. Bien qu'il soit facilement identifiable en théorie, dans la nature, les sons purs sont rares, car la plupart des sons complexes sont composés de multiples fréquences. En résumé, le son pur se définit par sa nature sinusoïdale et sa fréquence unique, entraînant une variation régulière de la pression atmosphérique.

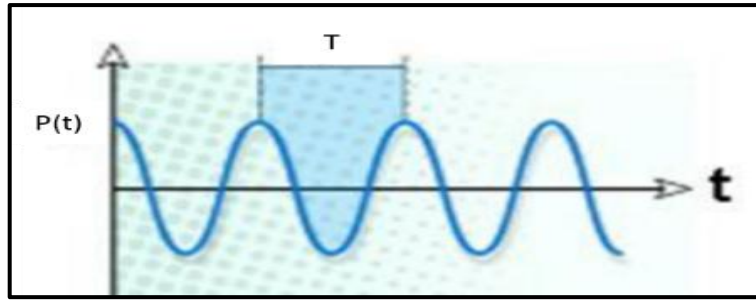


Figure 11 : représentation d'un son pur ; Source : www.medecine-des-arts.com

3.2. Son complexe ou musical

Le son complexe est défini comme une combinaison de plusieurs sons purs, résultant de vibrations non sinusoïdales émises sur différentes fréquences simultanément, voir la figure 12.

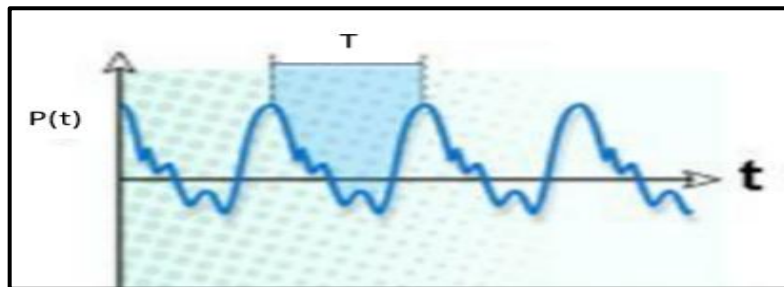


Figure 12 : représentation d'un son complexe ou musical ; Source : www.medecine-des-arts.com

Contrairement au son pur, qui est caractérisé par une seule fréquence, le son complexe est représenté par la superposition de multiples ondes sonores. En utilisant la théorie de Fourier, le son complexe peut être décomposé en une série de sons purs, voir la figure 13, chacun correspondant à des multiples de la fréquence fondamentale (Fischetti, 2003), voir la figure 14. Pour analyser ces sons, on utilise la notion de spectre sonore, qui représente graphiquement la relation entre des grandeurs acoustiques telles que l'intensité acoustique, le niveau sonore ou la pression acoustique et la fréquence.

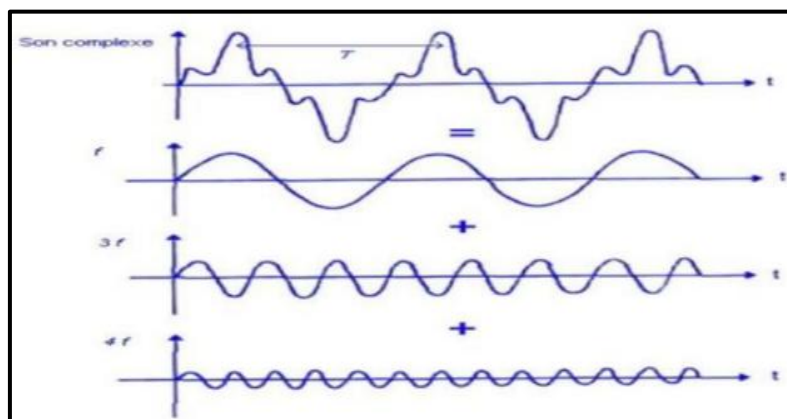
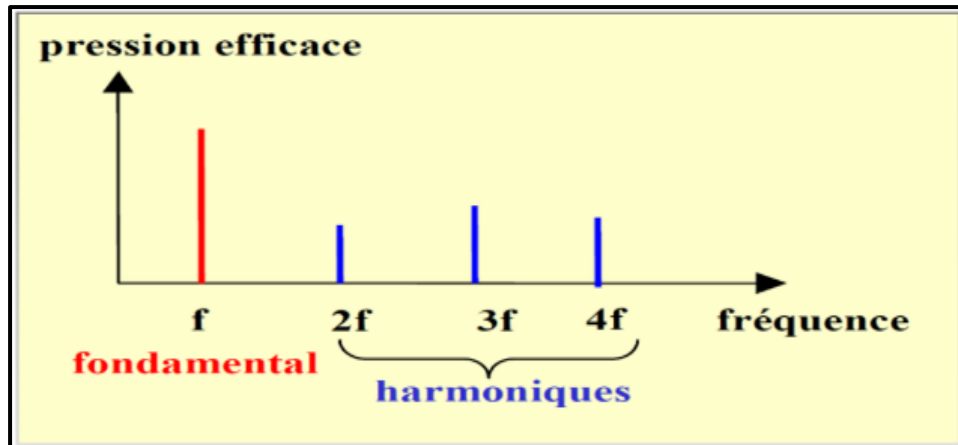
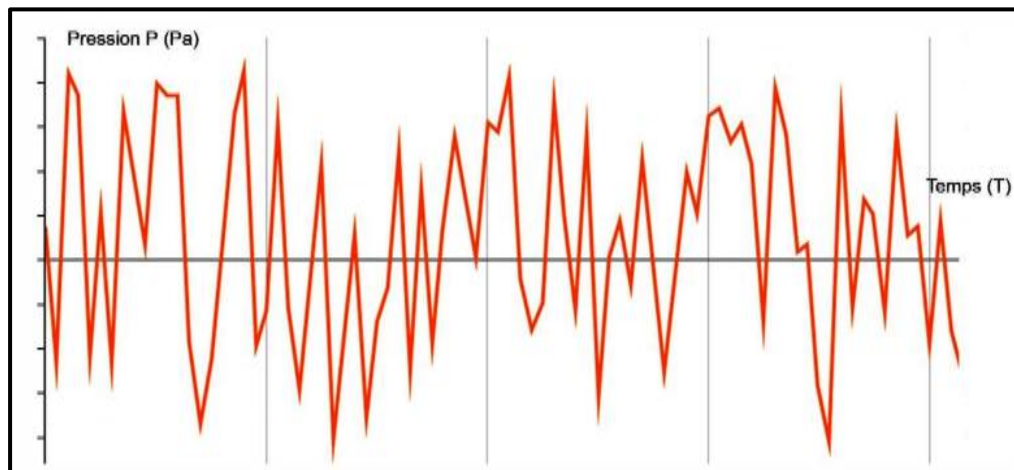


Figure 13 : Exemple de décomposition d'un son complexe en trois sons purs ; Source : Van-Tran, 1996



3.3. Son confus

Le son confus est un mélange de sons dépourvu de périodicité précise, caractérisé par une variation aléatoire des fréquences, voir la figure 15. Contrairement aux sons purs et complexes, qui présentent une structure harmonique identifiable, le son confus se manifeste par des ondes acoustiques irrégulières et non répétitives. Ce type de son est souvent associé à des environnements naturels et peut créer une atmosphère d'imprévisibilité et de dynamisme acoustique (Hamayon, 2008).



3.4. Infrasons, sons et ultrasons

L'audition humaine se limite à une gamme de fréquences allant de 20 Hz à 20 000 Hz, bien que cette plage puisse varier d'une personne à l'autre et diminuer avec l'âge. En dessous de 20 Hz, les sons sont qualifiés d'infrasons. À l'opposé, les ultrasons désignent les sons dont la fréquence dépasse 20 000 Hz. Bien que non perceptibles par l'oreille humaine, ces sons peuvent être détectés par certains animaux, qui les utilisent pour diverses communications et navigations, voir la figure 16.

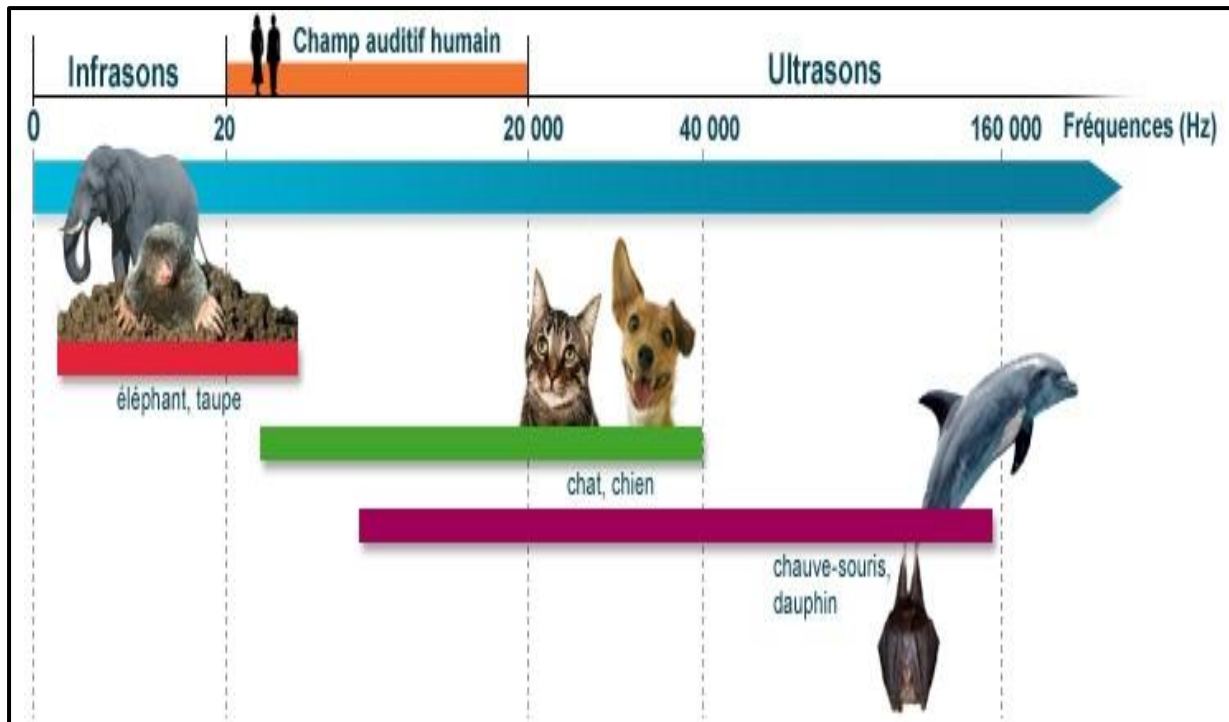


Figure 16 : La perception des infrasons et des ultrasons ; Source : Choclea.org

4. Le bruit et ses caractéristiques

4.1. Définition du bruit

Le bruit se définit comme une sensation auditive perçue comme désagréable ou nuisible, résultant de la combinaison de plusieurs sons complexes non harmoniques, voir la figure 17. Il se caractérise par une gamme variée de fréquences et de niveaux sonores, ce qui en fait une notion subjective, dépendant de l'individu qui le perçoit.

Le spectre du bruit est souvent représenté par une courbe continue, indiquant la pression acoustique en fonction des fréquences, voir la figure 18. Pour analyser un bruit, il est nécessaire d'évaluer le niveau sonore à chacune des fréquences qui le composent (Seve & Söderlind, 2006; Glé et al., 2022).



Figure 17 : Exemple de la nature spectrale du bruit ; Source : www.medecine-des-arts.com

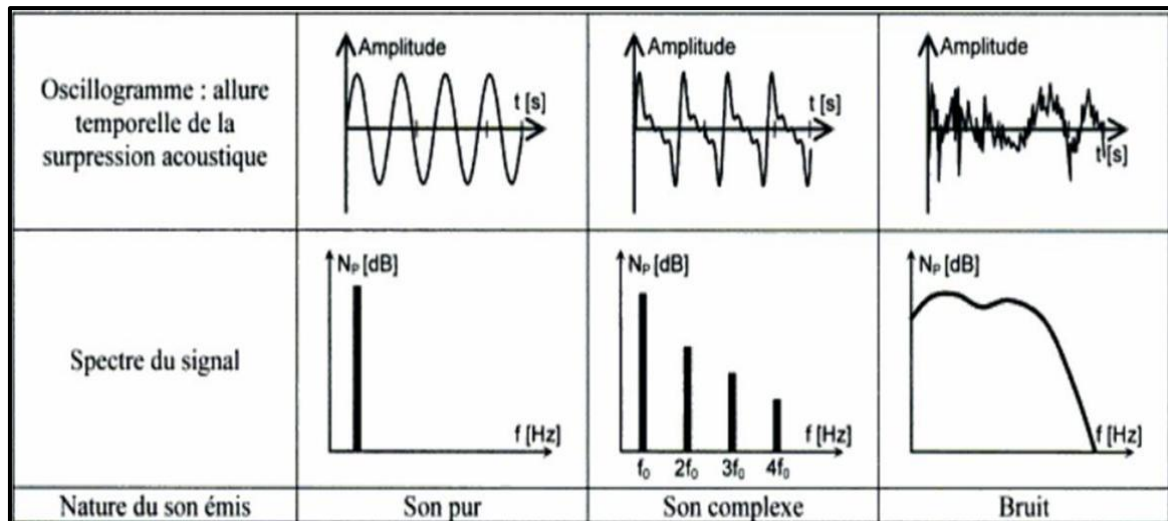


Figure 18 : Comparaison entre le spectre du son et du bruit ; Source : Thomas, 2006

4.2. Sources du bruit

4.2.1. Source ponctuelle

a) Omnidirectionnel

Une source sonore est considérée comme ponctuelle lorsque ses dimensions sont inférieures à la plus petite des longueurs d'onde du son qu'elle émet. Elle est omnidirectionnelle si elle rayonne uniformément dans toutes les directions, ce qui signifie que l'intensité acoustique est constante sur une sphère centrée sur la source. L'atténuation géométrique se manifeste par une diminution du niveau acoustique de 6 dB à chaque doublement de distance par rapport à la source, voire les figure 19 et 21 (HECHAICHI, 2020).

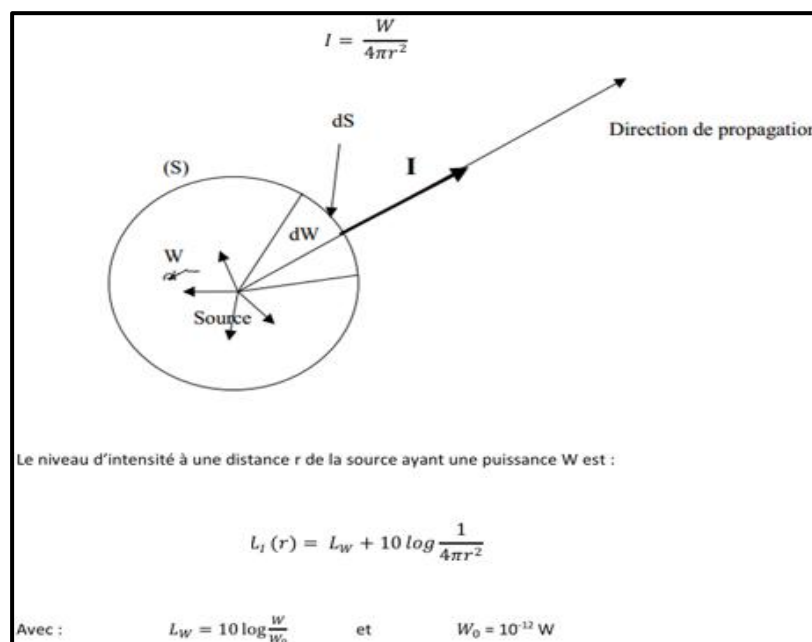


Figure 19 : Source ponctuelle omnidirectionnelle ; Source : HECHAICHI, 2020

b) Directive

Une source est directive lorsqu'elle présente un rayonnement variable selon les différentes directions de l'espace. Si l'intensité sonore à une distance r dans une direction donnée (θ, ϕ) est notée $I(r, \theta, \phi)$, le facteur de directivité $Q(\theta, \phi)$ est défini comme le rapport entre l'intensité d'une source directive et celle d'une source omnidirectionnelle ayant la même puissance, voir la figure 20 et 21 (HECHAICHI, 2020).

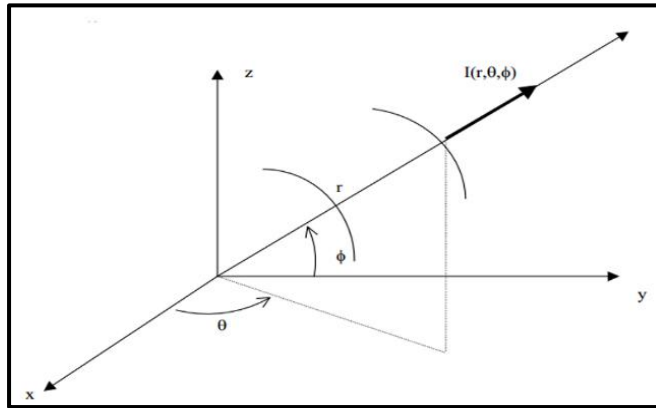


Figure 20 : Direction de propagation d'une source directive ; Source : HECHAICHI, 2020

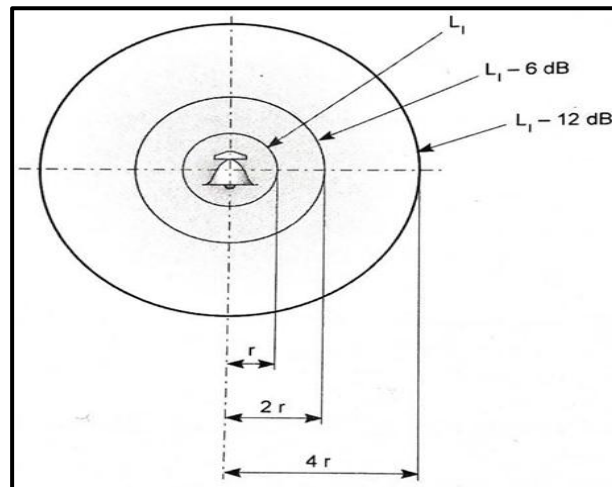


Figure 21 : Atténuation géométrique d'une source ponctuelle ; Source : HECHAICHI, 2020

4.2.2. Source linéaire

Une source linéaire est modélisée par une distribution uniforme de sources ponctuelles le long d'une ligne, comme celles générées par le trafic routier ou ferroviaire. Dans ce cas, la propagation du son s'effectue sous forme d'ondes cylindriques, avec une intensité uniforme sur un cylindre ayant pour centre la source linéaire. L'atténuation géométrique pour une source linéaire est moins marquée, avec un niveau acoustique décroissant de 3 dB par doublement de la distance (HECHAICHI, 2020).

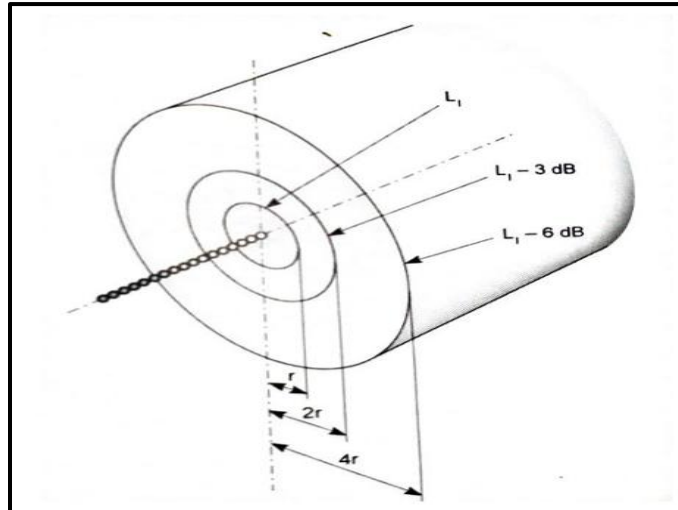


Figure 22 : Atténuation géométrique d'une source linéaire ; Source : HECHAICHI, 2020

4.3. Types de bruit dans le bâtiment

On distingue trois principaux types du bruit dans le bâtiment, le bruit aérien, d'impact et d'équipement, voir la figure 23.

4.3.1. Bruit aérien

Les bruits aériens sont ceux qui se propagent dans l'air, résultant de sources qui n'ont pas de contact direct avec la structure bâtie. Ils se divisent en deux catégories :

a) Intérieur

Ces bruits émis à l'intérieur d'un espace, tels que les conversations, la musique des chaînes hi-fi ou la télévision, se propagent par l'air ambiant. Ils peuvent être subdivisés en :

➤ Horizontal

Se propageant à travers les murs et plafonds entre pièces adjacentes.

➤ Vertical

Concernant la transmission entre étages, où les bruits des activités au-dessus peuvent affecter les niveaux inférieurs.

b) Extérieur

Ces bruits proviennent de sources extérieures au bâtiment, comme le trafic routier, ferroviaire ou aérien. Ils pénètrent dans le bâtiment en passant par les fenêtres, portes et autres ouvertures, et peuvent affecter le confort acoustique des occupants.

4.3.2. Bruit d'impact

Ce bruit se résulte de vibrations générées par un contact direct avec les éléments constitutifs du bâtiment. Ils comprennent les bruits proviennent de chocs sur des surfaces, comme les bruits de pas, les chutes d'objets ou le déplacement de meubles. Ils se propagent à travers la structure, créant des vibrations qui peuvent être ressenties dans d'autres parties du bâtiment. La transmission de ces bruits est souvent plus complexe, car elle se produit dans toutes les directions à travers les murs, planchers et autres éléments de construction.

4.3.3. Bruit d'équipement

Les bruits d'équipement sont générés par des appareils et installations présents dans ou autour du bâtiment. Ils se propagent à la fois par l'air ambiant et par la mise en vibration des parois ou de l'équipement lui-même.

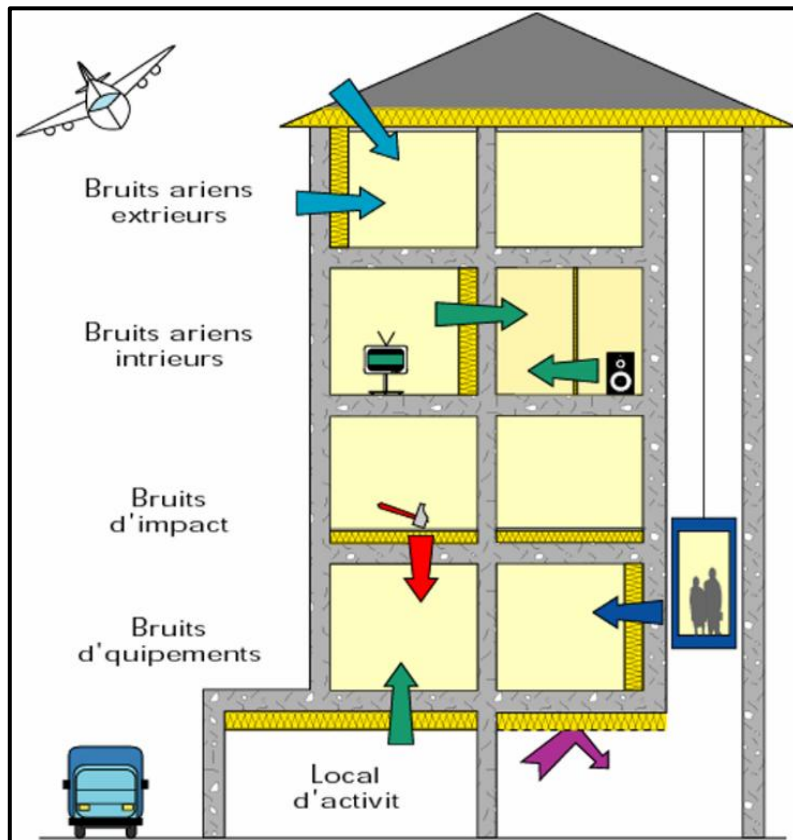


Figure 23 : les différents types du bruit ; Source : www.coursingeniecivil.com

4.4. Les voies de transmission du bruit dans le bâtiment

Trois types de transmission sont à prendre en compte, voir la figure 24 :

4.4.1. Les transmissions directes « TD »

Les transmissions directes font référence au passage du bruit à travers des parois solides telles que les façades, les planchers et les murs intérieurs. Dans ce cas, le son se propage directement

d'une pièce à une autre en traversant ces éléments de construction. L'efficacité de cette transmission dépend de plusieurs facteurs, notamment le matériau, l'épaisseur de la paroi et la fréquence du son. Des parois massives et bien isolées réduisent généralement la transmission directe (CERTU, 2003).

4.4.2. Les transmissions latérales « TL »

Ces transmissions surviennent via les parois latérales adjacentes. Elles dépendent de la qualité des liaisons entre les parois latérales et la paroi de séparation. Les bruits peuvent être transférés d'un espace à un autre à travers ces connexions, particulièrement dans des configurations de bâtiment où les murs ne sont pas isolés correctement (CERTU, 2003).

4.4.3. Les transmissions parasites « TP »

Ce type de transmission est causé par des défauts dans la structure des parois, tels que des fissures, des joints mal scellés ou un manque d'étanchéité. Ces imperfections permettent au bruit de s'infiltrer à travers les parois, réduisant ainsi leur efficacité en tant que barrières acoustiques. Les transmissions parasites peuvent également inclure des chemins indirects, rendant plus difficile le contrôle du niveau sonore dans les espaces adjacents (CERTU, 2003).

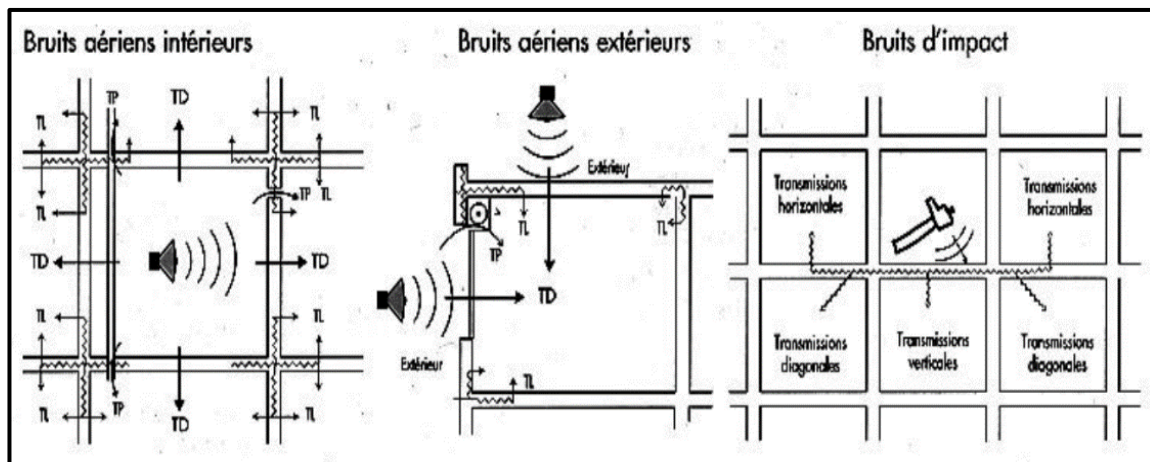


Figure 24 : les différentes voies de transmission acoustique ; Source : CERTU, 2003

4.5. Bruit conventionnels normalisés « de référence »

4.5.1. Bruit de fond

Le bruit de fond se réfère aux signaux acoustiques parasites qui coexistent pendant une période donnée. Il est composé d'une multitude de fréquences qui s'ajoutent à un signal sonore. Ce type de bruit peut être généré par diverses sources telles que le vent, les conversations, les machines et équipements, la circulation, ainsi que les sons provenant des couloirs ou des pièces adjacentes (Ziani, 2022).

4.5.2. Bruit ambiant

Le bruit ambiant est défini comme étant l'ensemble des bruits environnants. Au moment où il y a une source sonore particulière, le bruit ambiant englobe le bruit émis par cette source et les autres bruits résiduels. En résumé, il désigne l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches ou lointaines (Ziani, 2022).

4.5.3. Bruit résiduel

Le bruit résiduel se réfère au niveau sonore ambiant mesuré lorsqu'aucune source sonore particulière n'est active. Il inclut les bruits de fond persistants, tels que ceux générés par l'environnement, comme le vent ou des activités lointaines (Ziani, 2022).

4.5.4. Bruit d'émergence

L'émergence se définit comme la différence entre le bruit ambiant, qui inclut un bruit particulier, et le bruit résiduel, constitué des bruits habituels présents dans l'environnement, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs (Croguennoc & Dalle, 2011).

4.5.5. Bruit blanc

Le bruit blanc est un son complexe caractérisé par une répartition uniforme de son énergie sur l'ensemble des fréquences audibles. Chaque bande d'octave présente un niveau d'énergie constant, entraînant une augmentation de 3 dB par bande d'octave lorsque la fréquence centrale est doublée voir la figure 25. Cette forme de bruit est souvent utilisée comme référence en acoustique pour évaluer l'isolation sonore (HECHAICHI, 2020).

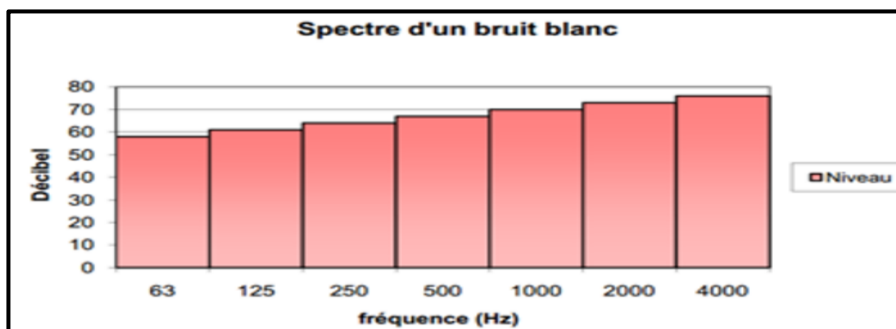


Figure 25 : Spectre par bande de 1/1 octave d'un bruit blanc ; Source : HECHAICHI, 2020

4.5.6. Bruit rose

Le bruit rose est un type de son complexe dont l'énergie est répartie de manière inversement proportionnelle à la fréquence. Cela signifie que chaque bande d'octave contient la même quantité d'énergie, indépendamment de la fréquence considérée, voir la figure 26. Le bruit rose est souvent utilisé pour simuler des bruits aériens dans les bâtiments, comme les conversations ou les sons de télévision, pour les mesures d'isolement acoustique (HECHAICHI, 2020).

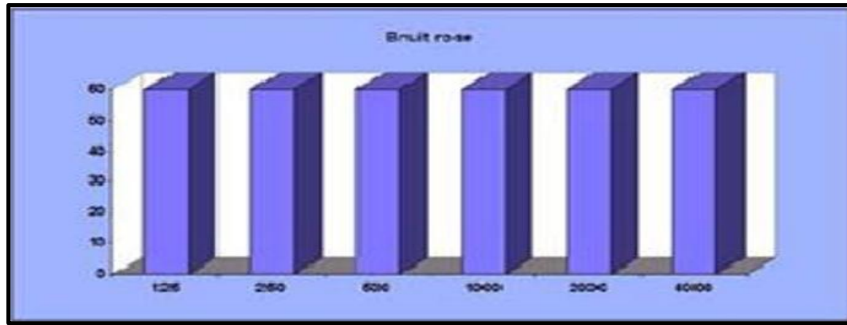


Figure 26 : Spectre bande de 1/1 octave d'un bruit rose ; Source : HECHAICHI, 2020

4.5.7. Bruit routier

Le bruit routier est un bruit normalisé qui représente les sons générés par le trafic routier. Il est caractérisé par une prédominance de basses fréquences, ce qui le rend plus riche en fréquences graves par rapport au bruit rose. Son niveau sonore est spécifiquement mesuré par rapport à la bande centrée sur 1000 Hz, voir la figure 27, et il sert de référence pour concevoir l'isolation acoustique des façades face aux nuisances sonores du trafic (HECHAICHI, 2020).

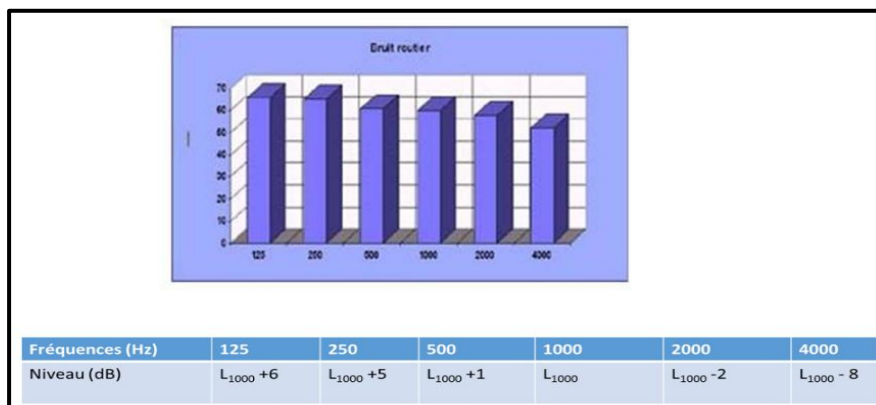


Figure 27 : Spectre bande de 1/1 octave d'un bruit routier ; Source : HECHAICHI, 2020

4.5.8. Bruit d'impact normalisé

Le bruit d'impact normalisé est produit par des chocs directs sur des surfaces, par exemple, lorsque des masses frappent le sol. Ce type de bruit est utilisé pour l'évaluation de l'isolement acoustique d'impact des bâtiments. Il est défini par des normes spécifiques pour garantir une mesure précise de son impact sur le confort acoustique, voir la figure 28 (CERTU, 2003; www.coursgeniecivil.com, s. d.).

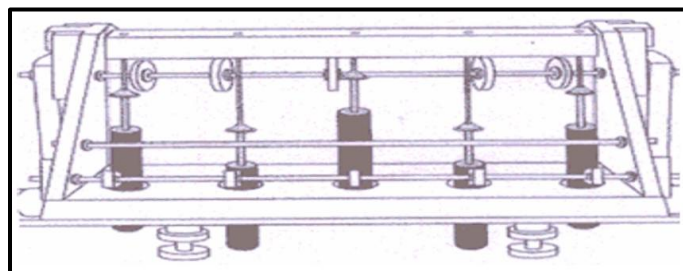


Figure 28 : Machine à choc ; Source : www.coursgeniecivil.com

5. Perception du bruit

5.1. L'oreille humaine

L'oreille humaine est l'organe principal de l'appareil auditif, chargé de capter et de transmettre les sons au cerveau pour leur interprétation. Elle est divisée en trois parties distinctes, chacune assurant une fonction spécifique, voir la figure 29 : l'oreille externe, l'oreille moyenne, et l'oreille interne.

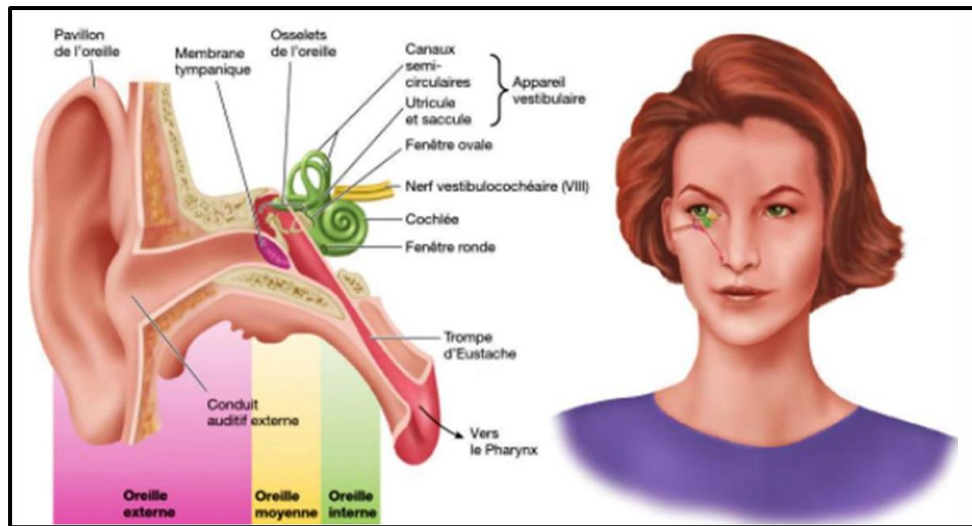


Figure 29 : La physiologie de l'oreille humaine ; Source : Sherwood & Ectors, 2015

5.1.1. L'oreille externe

L'oreille externe, voir la figure 29, a pour rôle de capter les ondes sonores. Elle comprend le pavillon, qui collecte les vibrations acoustiques, et le conduit auditif externe, qui guide ces vibrations vers le tympan. Le conduit auditif amplifie légèrement certaines fréquences sonores (entre 2000 et 5000 Hz) et permet de localiser les sources sonores dans l'espace. Le tympan, quant à lui, fonctionne comme un transducteur, transformant les vibrations acoustiques en énergie mécanique (Hamayon, 2008).

5.1.2. L'oreille moyenne

L'oreille moyenne, voir la figure 29, située dans une cavité osseuse, contient la chaîne des osselets (marteau, enclume, et étrier), qui joue un rôle essentiel dans la transmission des vibrations du tympan à l'oreille interne. Grâce à ces osselets, les vibrations sont amplifiées et acheminées vers la fenêtre ovale, l'entrée de l'oreille interne. La trompe d'Eustache, qui relie l'oreille moyenne à la gorge, aide à équilibrer la pression entre l'oreille et l'environnement extérieur (Sherwood & Ectors, 2015).

5.1.3. L'oreille interne

L'oreille interne, voir la figure 29, est constituée de deux structures principales : l'organe vestibulaire, responsable de l'équilibre, et la cochlée, l'organe de l'audition. La cochlée, en forme de spirale, contient un liquide et des cellules ciliées. Ces cellules sensorielles transforment les vibrations mécaniques en signaux nerveux qui sont ensuite transmis au cerveau par le nerf auditif. Ce processus permet au cerveau d'interpréter les sons en informations auditives compréhensibles (Bagot, 1999).

5.2. La perception et la sensibilité de l'oreille

5.2.1. Echelle sensitif du bruit

L'oreille humaine peut percevoir des sons allant de 0 dB, correspondant au seuil d'audibilité, à 130 dB, seuil de la douleur, voir la figure 30. Toutefois, cette plage auditive est limitée et varie d'un individu à l'autre selon des facteurs tels que l'âge et la santé. En ce qui concerne les fréquences, l'oreille humaine est sensible aux sons compris entre 20 Hz et 20 000 Hz, mais cette sensibilité n'est pas uniforme pour toutes les fréquences (CERTU, 2003).

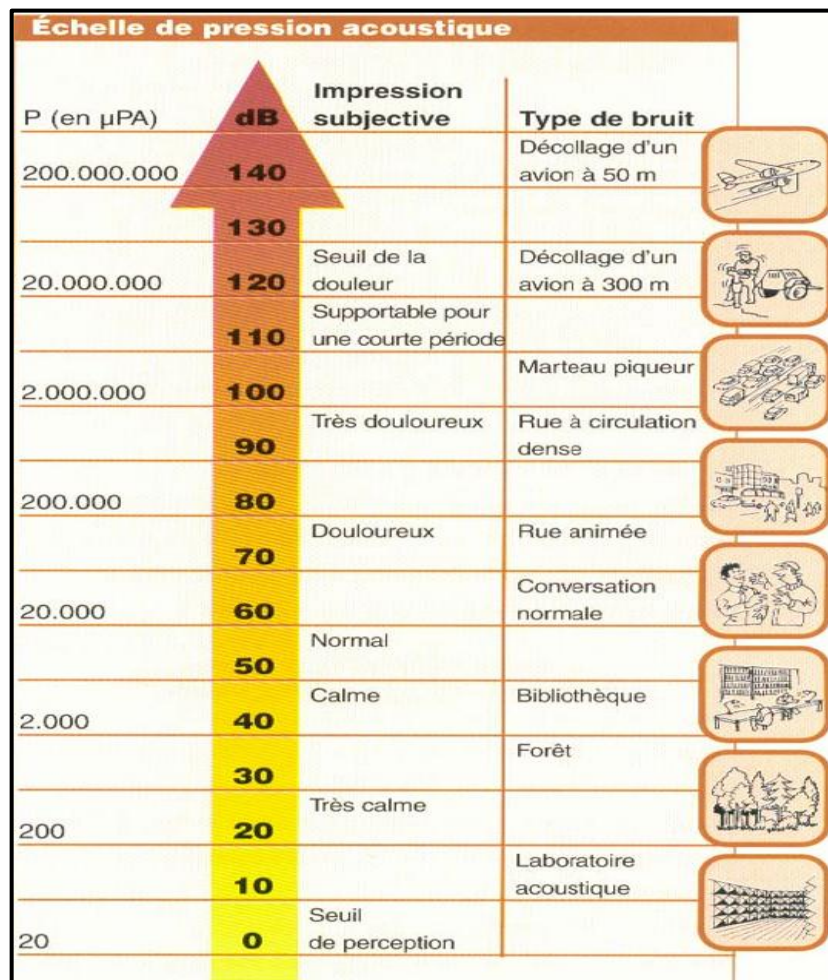


Figure 30 : Echelle sensitif du bruit ; Source : www.coursgeniecivil.com

5.2.2. Les courbes isotoniques de Fletcher et Munson

Les courbes d'égale sensation, établies par Fletcher et Munson en 1930, voir la figure 31, démontrent que la perception du volume sonore varie en fonction de la fréquence. Ces courbes illustrent le niveau sonore nécessaire pour qu'un son d'une certaine fréquence soit perçu avec la même intensité qu'un son de référence à 1000 Hz. Par exemple, un son de 300 Hz à 58 dB paraît aussi fort qu'un son de 1000 Hz à 50 dB. Afin de quantifier cette perception, l'unité de mesure appelée "phone" est utilisée pour exprimer le niveau d'isotonie, c'est-à-dire la perception sonore équivalente à 1000 Hz. Par exemple, un son de 50 dB à 100 Hz, un son de 40 dB à 1000 Hz et un son de 33 dB à 4000 Hz peuvent tous avoir le même niveau d'isotonie, soit 40 phones, bien qu'ils aient des intensités acoustiques différentes (Ziani, 2022).

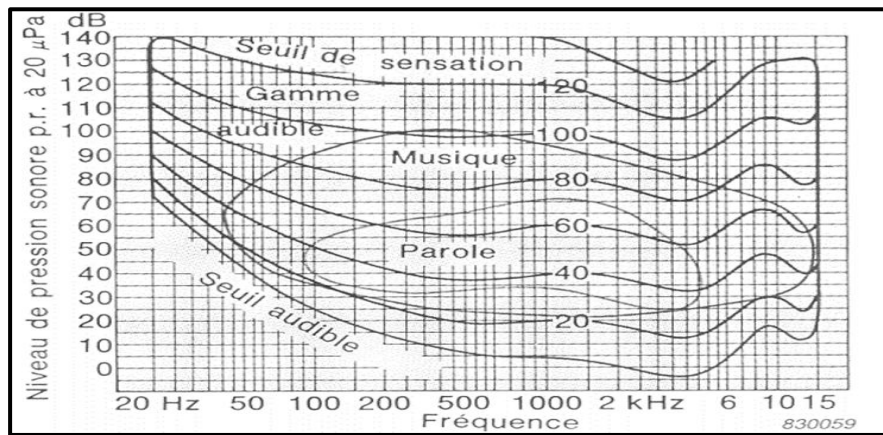


Figure 31 : Les courbes isotoniques de Fletcher et Munson ; Source : HECHAICHI, 2020

5.3. Les filtres de pondération

Les filtres de pondération permettent d'ajuster les mesures sonores pour refléter la sensibilité auditive humaine, voir la figure 32, qui varie selon la fréquence du son. Trois filtres principaux sont utilisés : les filtres A, B, et C. Chacun d'eux prend en compte différents niveaux sonores et correspond à la manière dont l'oreille humaine perçoit le son à ces intensités (Ziani, 2022).

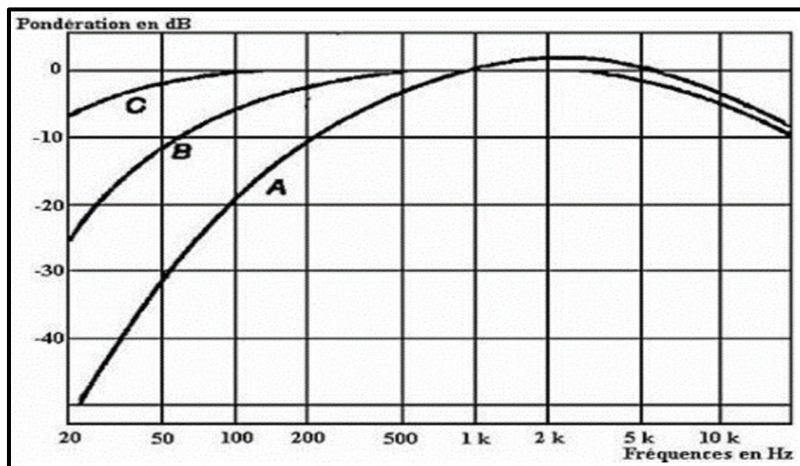


Figure 32 : courbes de pondération normalisées ; Source : HECHAICHI, 2020

5.3.1. Filtre de pondération A « dBA »

Le filtre de pondération A est le plus largement utilisé dans le domaine de l'acoustique des bâtiments. Il est conçu pour les niveaux sonores inférieurs à 55 dB. Ce filtre atténue les basses et hautes fréquences, car l'oreille humaine est moins sensible à ces plages à faible intensité sonore. Ainsi, les niveaux sonores mesurés avec ce filtre sont exprimés en décibels A, ou dB(A). Il est particulièrement pertinent dans les environnements domestiques et urbains, ainsi que pour la mesure du bruit ambiant (HECHAICHI, 2020; Ziani, 2022).

5.3.2. Filtre de pondération B « dBB »

Le filtre de pondération B, bien que moins utilisé que le filtre A, est destiné aux niveaux sonores compris entre 55 et 85 dB. Il prend en compte une sensibilité accrue de l'oreille aux fréquences moyennes dans cette plage de niveau sonore. Le niveau mesuré est exprimé en décibels B, ou dB(B). Ce filtre est plus commun dans les études relatives aux sons modérés, mais reste moins courant dans le domaine du bâtiment (HECHAICHI, 2020; Ziani, 2022).

5.3.3. Filtre de pondération C « dBC »

Le filtre de pondération C s'applique aux niveaux sonores élevés, supérieurs à 85 dB, que l'on retrouve souvent dans les environnements industriels. À ces intensités, l'oreille humaine devient moins discriminante vis-à-vis des différentes fréquences, ce que le filtre C prend en compte en offrant une pondération plus uniforme entre les basses, moyennes, et hautes fréquences. Le niveau sonore est exprimé en décibels C, ou dB(C). Ce filtre est particulièrement adapté pour mesurer des bruits intenses (HECHAICHI, 2020; Ziani, 2022).

5.4. Effets du bruit sur la santé humaine

Le bruit, troisième cause de maladies environnementales selon l'OMS (Berglund et al., 1999), a des effets psychologiques et physiologiques importants sur la santé humaine, voir la figure 33 (Schrivier-Mazzuoli, 2009).

5.4.1. Effets psychologiques

L'exposition prolongée au bruit entraîne du stress et de la nervosité, le cerveau percevant le bruit comme une menace. Le bruit augmente aussi l'agressivité, surtout chez les personnes déjà irritées (Waye & Ryherd, 2013). Des études ont montré un lien entre le bruit routier et l'augmentation du taux d'admission dans les services psychiatriques (Jensen et al., 2019).

5.4.2. Effets physiologiques

Le bruit provoque une fatigue auditive, avec une perte temporaire de la sensibilité auditive et des acouphènes (Münzel et al., 2018). Il est aussi lié à des troubles cardiovasculaires,

notamment l'hypertension, et ce risque augmente avec des niveaux sonores élevés (Mahdjoub-Asaad, 2018). Le bruit perturbe également le sommeil, causant fatigue et baisse des performances (Basner & McGuire, 2018), et il a été associé à un risque accru de cancer du sein en raison de la suppression de la mélatonine (Sørensen et al., 2014).

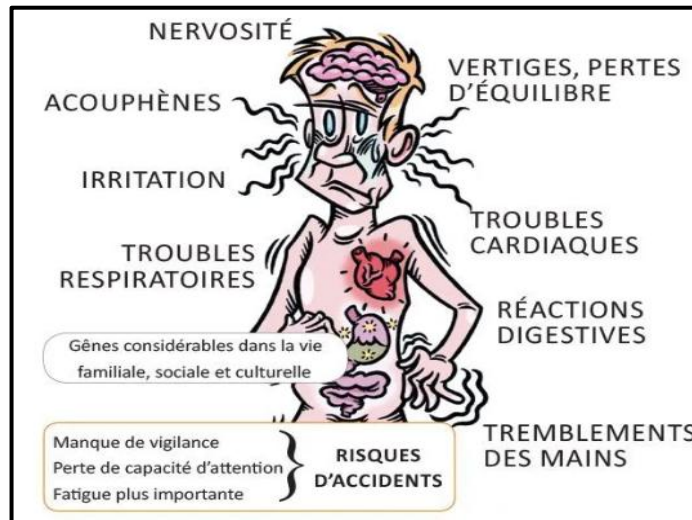


Figure 33 : les effets du bruit sur la santé humaine ; Source : <https://anim-bafa.com/>

6. Mesure du bruit et des sons

6.1. Le décibel (dB)

Le décibel (dB) est une unité de mesure sans dimension utilisée pour exprimer le niveau sonore, en comparant l'intensité acoustique (W/m^2) à une intensité de référence, généralement la plus faible audible par l'oreille humaine à 1000 Hz. Cette unité repose sur une échelle logarithmique, ce qui permet de représenter la sensibilité de l'oreille humaine de manière réaliste face à une large gamme de niveaux sonores. Dans cette échelle, chaque augmentation de 10 dB représente un décuplement de l'intensité sonore perçue (Hamayon, 2014).

6.2. Microphone « sonomètre »

Le sonomètre est un instrument de mesure de la pression acoustique, permettant de déterminer les niveaux sonores grâce à un microphone et un système de traitement des données. Il offre la possibilité de mesurer différentes grandeurs acoustiques telles que le niveau de pression sonore global ou par bandes d'octave, avec ou sans pondération, en fonction des caractéristiques de l'appareil (Desmons, 2003).

Les premiers modèles de sonomètres, commercialisés dans les années 1960, étaient basés sur des voltmètres équipés de microphones, mais ne permettaient que la mesure de bruits continus et stables.

Avec le temps, ces appareils ont évolué, voir la figure 34 : les sonomètres de deuxième génération, dits intégrateurs, ont permis la mesure des bruits fluctuants et le calcul du niveau de pression équivalent. Les modèles modernes, vont au-delà de la simple mesure de la pression acoustique. Ils peuvent réaliser des analyses spectrales, stocker de grandes quantités de données, et offrir des capacités de traitement plus sophistiquées grâce à l'intégration de l'informatique et de l'électronique numérique (Hamayon, 2014).



Figure 34 : Evolution du sonomètres au fil du temps ; Source : <https://www.bruit.fr>

6.3. Haut-parleur

Un haut-parleur, voir la figure 35, est un dispositif électromécanique qui convertit un signal électrique en onde sonore. Il fonctionne grâce à une membrane attachée à une bobine magnétique, elle-même enroulée autour d'un cylindre. Lorsque cette bobine est traversée par un courant électrique, provenant d'une source telle qu'un amplificateur, elle se déplace à l'intérieur d'un aimant selon le rythme du signal électrique. Ce mouvement entraîne la membrane, qui « pousse » l'air devant elle, créant ainsi de petites variations de pression. Ces variations de pression se propagent ensuite sous forme d'ondes sonores perceptibles à distance (Hamayon, 2008).

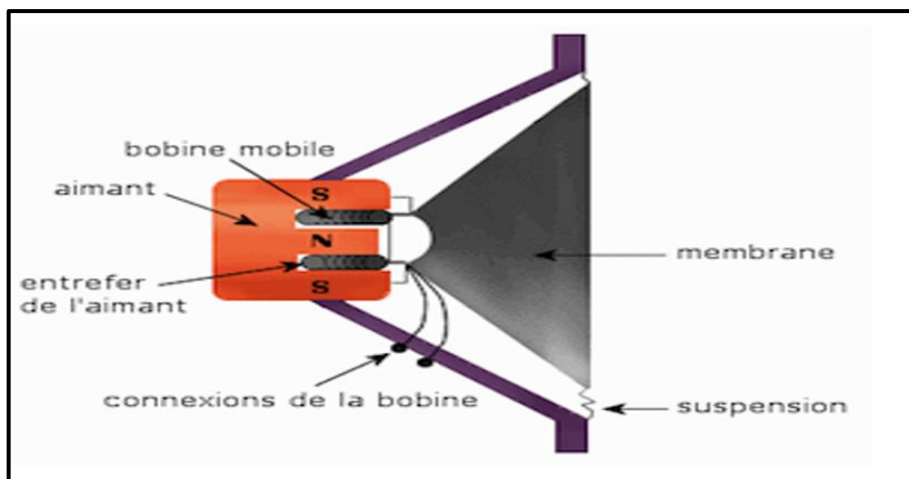


Figure 35 : les composants d'un haut-parleur ; Source : <http://www.ac-grenoble.fr/>

7. Combinaison des bruits « Règles d'addition »

7.1. Addition de deux niveaux

L'addition de deux niveaux sonores suit une approche spécifique, car les décibels (dB) s'expriment sur une échelle logarithmique. Contrairement aux opérations arithmétiques classiques, on doit combiner les niveaux sonores en fonction de l'énergie acoustique correspondante (Hamayon, 2008; Barles et al., 2017).

7.1.1. Bruits de niveaux identique

Lorsque les deux bruits ont des niveaux identiques, leur combinaison entraîne une augmentation de 3 dB du niveau sonore global. Cela se produit parce que l'énergie acoustique est doublée (Hamayon, 2013; Barles et al., 2017).

7.1.2. Bruits de différents niveaux

a) Si la différence < 10 dB

Lorsque la différence entre les deux niveaux est inférieure à 10 dB, les deux bruits doivent être combinés de manière précise, en utilisant soit la formule logarithmique 5, soit l'abaque dans la figure 36 (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

$$L_r = 10 \log(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2}) \dots \dots \dots \text{Formule 5}$$

Avec : L_1 et L_2 : sont les deux niveaux sonores (en dB)

L_r : le niveau sonore résultant.

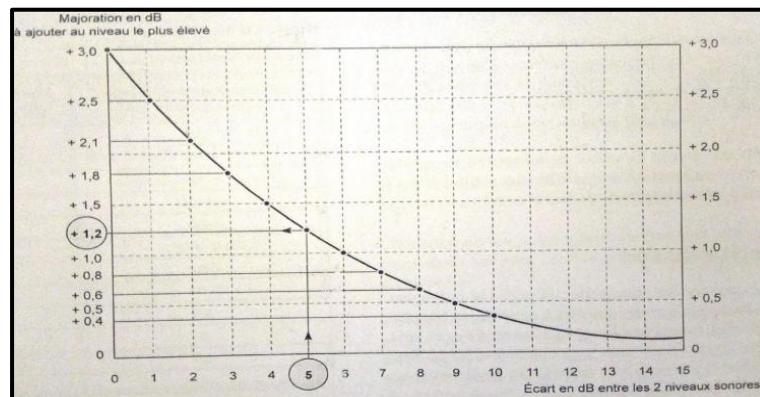


Figure 36 : L'addition de deux niveaux sonores ; Source : Hamayon, 2008

b) Si la différence > 10 dB

Le bruit le plus faible est masqué par le plus fort. En d'autres termes, le niveau global sera équivalent à celui du bruit le plus fort. Ce phénomène est appelé « effet de masquage » (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

7.2. Addition des plusieurs niveaux

Lorsque plusieurs sources sonores sont présentes, l'addition des niveaux sonores se fait selon la formule 6 suivante (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017) :

$$L_r = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{10L_i} \right) \dots \dots \dots \text{Formule 6}$$

Où n représente le nombre total de sources et L_i le niveau sonore de chaque source.

8. Analyse du bruit

8.1. Analyse statistique

Un bruit est qualifié d'instable lorsque son niveau et son spectre varient au cours du temps. C'est le cas de nombreuses sources de bruit, comme la circulation routière ou certains équipements sanitaires. Pour caractériser ce type de bruit, une analyse statistique doit être effectuée afin d'identifier les variations des niveaux sonores pendant une période d'observation donnée T .

8.1.1. Les niveaux statistiques « L_{10} ; L_{50} ; L_{90} »

Le niveau sonore L_p , qui varie dans le temps, est divisé en plusieurs classes de niveaux, voir la figure 37, souvent par incréments de 5 dB. On calcule ensuite le pourcentage de temps pendant lequel le bruit est resté dans chacune de ces classes, selon la formule 7 (HECHAICHI, 2020) :

$$P = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n}{T} \dots \dots \dots \text{Formule 7}$$

Où T est la durée totale d'observation et Δt_i la durée pendant laquelle le bruit reste dans une classe donnée.

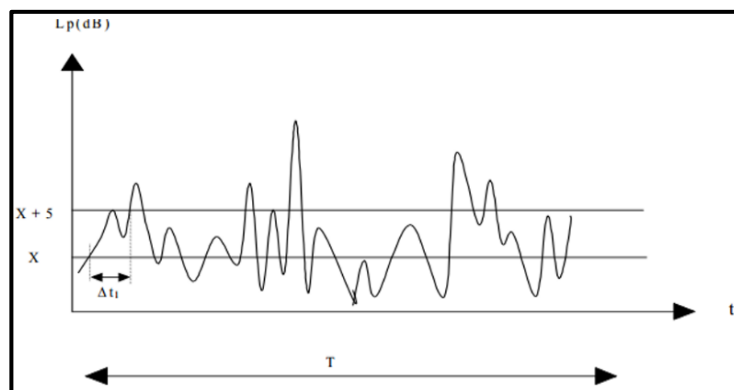


Figure 37 : découpage du bruit instable ; Source : HECHAICHI, 2020

Ensuite, un histogramme ou une courbe de pourcentage de temps cumulé pendant lequel un niveau donné a été dépassé peut-être tracés, voir les figures 38 et 39, pour déduire L_{10} , L_{50} , L_{90} (HECHAICHI, 2020).

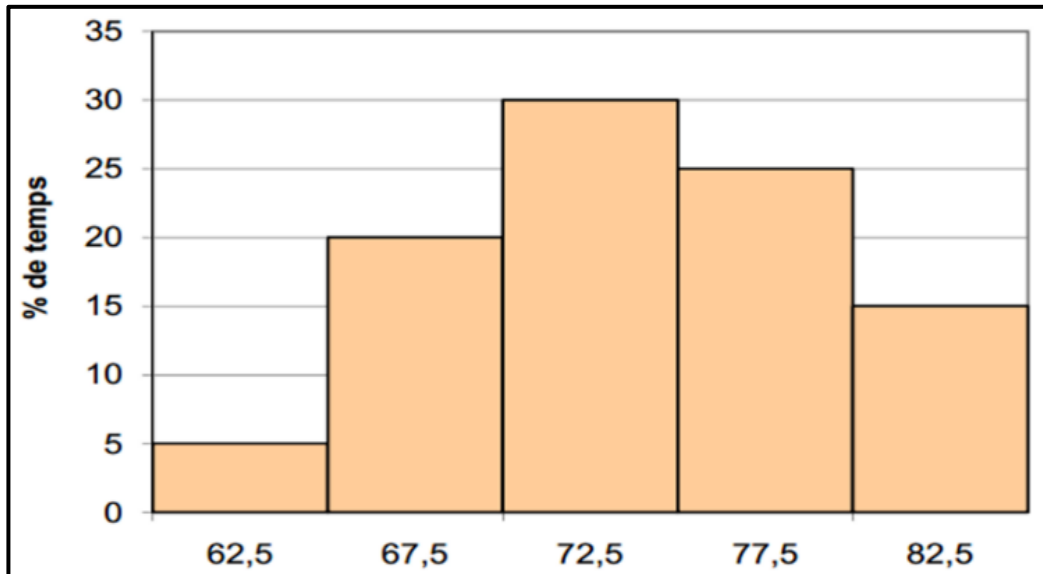


Figure 38 : Exemple d'un histogramme de répartition temporelle d'un bruit ; Source : HECHAICHI, 2020

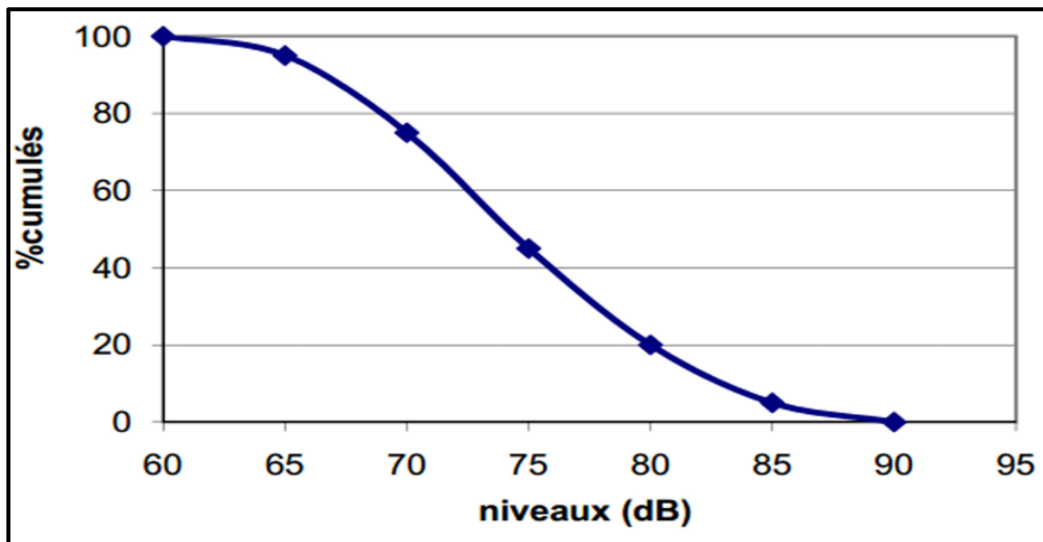


Figure 39 : Exemple d'une courbe de cumul d'un bruit ; Source : HECHAICHI, 2020

Avec

L₁₀ : Niveau sonore dépassé pendant 10 % du temps, qui représente le niveau de crête.

L₉₀ : Niveau sonore dépassé pendant 90 % du temps, qui correspond au bruit de fond.

L₅₀ : Niveau sonore dépassé pendant 50 % du temps, représentant le niveau moyen.

8.1.2. Le niveau sonore équivalent « L_{eq} »

Pour les bruits impulsifs ou rapidement fluctuants (comme des claquements de portes ou des explosions), on calcule le niveau sonore équivalent L_{eq} , qui est une moyenne énergétique des niveaux sonores sur la durée T , voir la figure 40, selon la formule 8 :

$$L_{eq} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \times \frac{\Delta t_i}{T} \dots \dots \dots \text{Formule 8}$$

Où L_{pi} est le niveau sonore instantané et Δt_i le temps associé à ce niveau. Cela permet d'obtenir un indicateur global du niveau sonore.

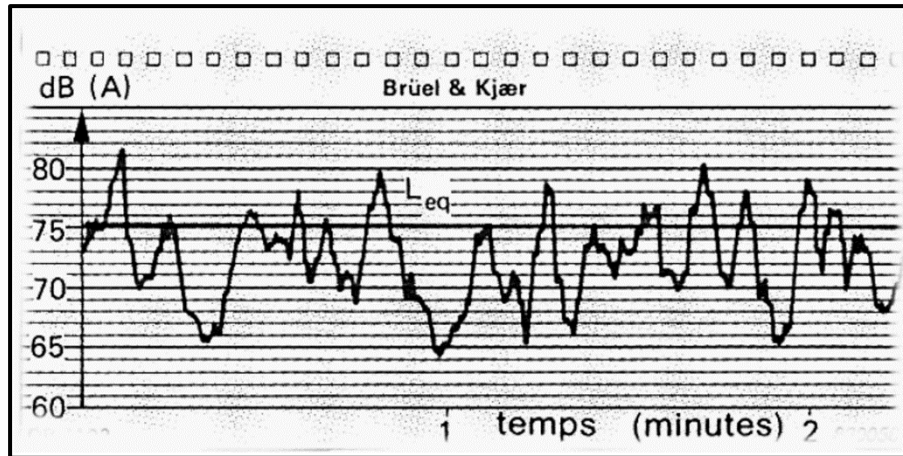


Figure 40 : Exemple du niveau équivalent ; Source : HECHAICHI, 2020

8.2. Analyse spectrale

L'analyse spectrale est une approche complémentaire qui permet de décomposer un bruit en fonction de ses fréquences. L'objectif est de déterminer comment l'énergie acoustique est répartie dans le spectre des fréquences. Les bandes d'analyse conventionnelles sont soit des bandes d'octave, soit des bandes de tiers d'octave.

8.2.1. Analyse par bande de 1/1 octave

Une bande d'octave est définie comme un intervalle de fréquences tel que la fréquence la plus élevée f_2 est le double de la plus basse f_1 , soit par la formule 9:

$$f_2 = 2 \times f_1 \dots \dots \dots \text{Formule 9}$$

Les bandes d'octave sont classées en fréquences médianes et standardisées pour couvrir l'ensemble du spectre audible, soit de 31,5 Hz à 16000 Hz, voir la figure 41. Ces bandes sont caractérisées par leur fréquence médiane f_m , calculée par la fonction 10 :

$$f_m = \sqrt{f_1 \times f_2} \dots \dots \dots \text{Formule 10}$$

Les bandes d'octaves normalisées sont : 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz et 16000 Hz. Cependant, dans le cadre de l'acoustique du bâtiment, seules les bandes comprises entre 125 Hz et 4000 Hz sont généralement prises en compte.

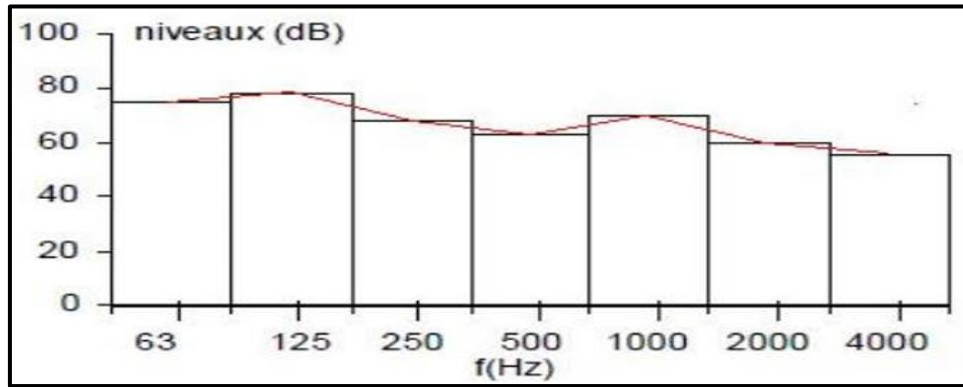


Figure 41 : Exemple du spectre d'un bruit par bande de 1/1 octave ; Source : HECHAICHI, 2020

8.2.2. Analyse par bande de 1/3 Octave

L'analyse par bandes de tiers d'octave offre une précision supérieure à celle des bandes d'octave. Une bande de tiers d'octave est un intervalle de fréquences tel que le rapport entre les fréquences extrêmes est égal à $2^{1/3}$, soit environ 1,26 selon la formule 11 (HECHAICHI, 2020) :

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} \dots \dots \dots \text{Formule 11}$$

Trois bandes de tiers d'octave consécutives forment une bande d'octave complète. La fréquence médiane f_m dans ce cas est calculée de la même manière selon la formule 10.

Les bandes de tiers d'octave standardisées sont réparties comme suit, voir la figure 42 : 25 Hz, 31,5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, 3150 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, 6300 Hz, 8000 Hz, 10000 Hz, 12500 Hz, 16000 Hz, 20000 Hz.

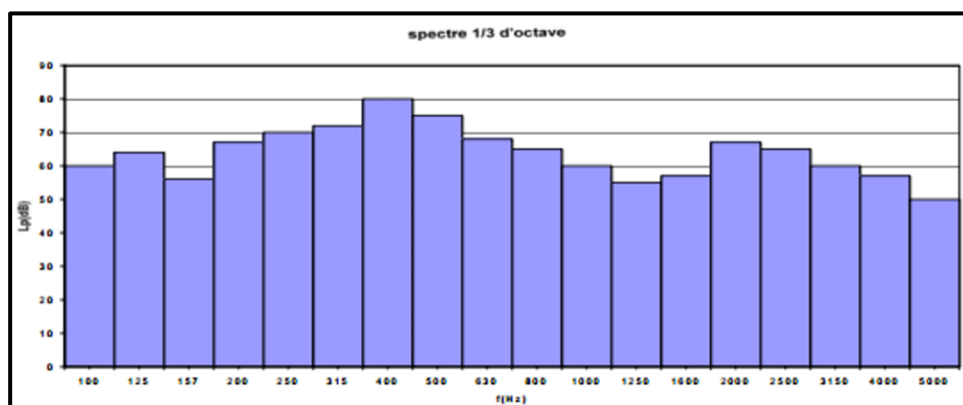


Figure 42 : Exemple du spectre d'un bruit par bande de 1/3 octave ; Source : HECHAICHI, 2020

9. L'acoustique du bâtiment

Lorsqu'un son aérien atteint une paroi, verticale ou horizontale, trois phénomènes peuvent se produire, voir la figure 43 (ASSURER LE CONFORT ACOUSTIQUE, 2008):

- La réflexion sur la paroi
- L'absorption par la paroi
- La transmission au travers de la paroi

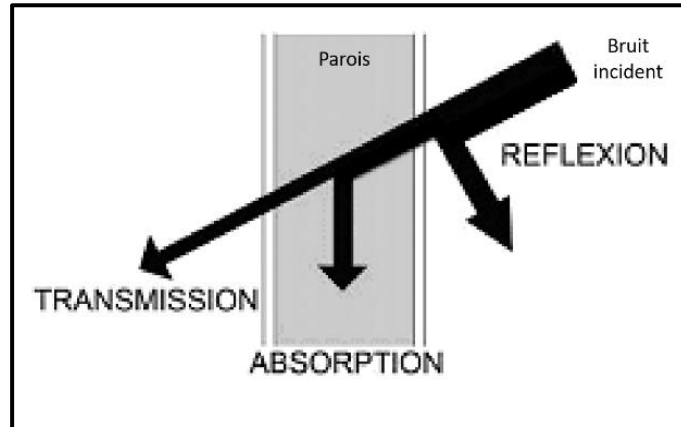


Figure 43 : Comportement des bruits dans le bâtiment ; Source : (ASSURER LE CONFORT ACOUSTIQUE, 2008)

- L'isolation acoustique traite de l'énergie transmise par la paroi.
- La correction acoustique traite de l'énergie absorbée et réfléchie.

9.1. L'isolation acoustique

L'isolation acoustique d'un bâtiment concerne la capacité des éléments de construction comme les parois, fenêtres, sols, etc. à réduire la transmission des bruits entre différents espaces. Cela inclut principalement les bruits aériens et les bruits d'impact (Rasmussen et al., 2014).

9.1.1. Evaluation de l'isolation acoustique

a) Isolation du bruit aérien intérieur

L'isolation du bruit aérien intérieur évalue la capacité des murs et cloisons à atténuer les bruits qui se propagent par l'air entre différentes pièces du bâtiment, voir la figure 44. Deux indices principaux permettent de quantifier cette isolation : l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R' et l'isolement acoustique standardisé D_{nT} (Rasmussen et al., 2014).

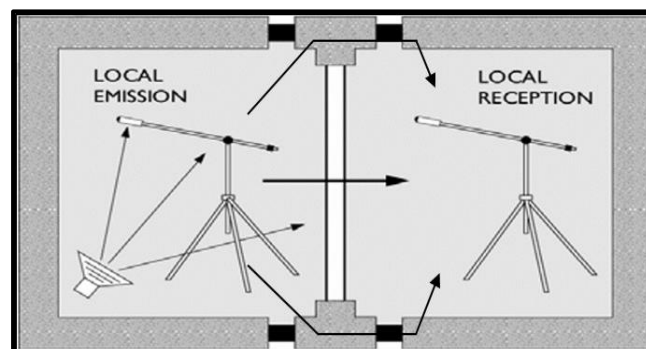


Figure 44 : Mesure de l'isolement brut D_b entre deux locaux ; Source : www.coursingeniecivil.com

➤ L'indice d'affaiblissement acoustique apparent pondéré « R' »

Le descripteur R' est une mesure de l'affaiblissement acoustique d'une paroi, exprimée en décibels (dB), qui quantifie la réduction du bruit aérien. Plus la valeur de R' est élevée, l'isolation acoustique est meilleure.

R est mesuré en laboratoire dans des conditions normalisées, mais l'affaiblissement acoustique apparent R' est mesuré sur site et reflète les performances réelles d'isolation acoustique d'une paroi dans un environnement construit, l'apostrophe signifie que les valeurs obtenues prennent en considération la transmission latérale et n'est pas uniquement la transmission directe.

Les formule 12 est utilisée pour le calcul de R' et ceci est basée aussi sur des mesures du niveau sonore dans la pièce source et la pièce de réception (ISO 16283-1, 2014).

$$R' = D_b + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} \dots \dots \dots \text{Formule 12}$$

Avec :

R' : l'indice d'affaiblissement acoustique apparent en dB

D_b : l'isolement brut en dB qui est calculé suivant la formule 13.

S : la surface de la paroi séparatrice en m².

A : l'aire d'absorption acoustique équivalente dans la salle réceptrice.

$$D_b = L_1 - L_2 \dots \dots \dots \text{Formule 13}$$

Avec :

L₁ : le niveau de bruit dans la salle émettrice (dB)

L₂ : le niveau de bruit dans la salle réceptrice (dB)

➤ L'isolement acoustique standardisé D_{nT}

Le descripteur D_{nT} représente l'isolement acoustique standardisé, qui est une mesure de la réduction du bruit aérien entre deux pièces, mais dans des conditions où le temps de réverbération de la salle réceptrice est pris en compte. Il est exprimé en décibels (dB).

Le temps de réverbération T influe sur la manière dont le son se dissipe dans une pièce, ce qui affecte la perception de l'isolation acoustique. Différemment au descripteur R, le descripteur D_{nT} calculé suivant la formule 14, est plus représentatif des conditions réelles d'utilisation, car

il intègre l'acoustique du local récepteur, et non seulement la transmission du son à travers la paroi (ISO 16283-1, 2014).

$$D_{nT} = D_b + 10 \log \frac{T}{T_0} \dots \dots \dots \text{Formule 14}$$

Avec :

D_{nT} : l'isolement acoustique standardisé en dB.

D_b : défini suivant la formule 13.

T : le temps de réverbération mesuré en seconde (s) dans la pièce réceptrice.

T_0 : le temps de réverbération de référence qui est égale à 0,5 s.

b) Isolation des bruits extérieur ou de la façade

L'isolation de la façade protège l'intérieur des bâtiments des bruits provenant de l'extérieur, tels que le bruit du trafic routier ou ferroviaire. Deux indices sont utilisés pour évaluer cette isolation : l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R'_{45} et l'isolement acoustique standardisé $D_{2m,nT}$ (Rasmussen et al., 2014).

➤ Indice d'Affaiblissement Acoustique Apparent R'_{45}

Cet indice est utilisé spécifiquement pour les façades. Il représente la différence de niveau sonore entre l'extérieur, à 2 mètres de la façade, et l'intérieur du bâtiment. La formule 15 est utilisée pour effectuer le calcul (ISO 16283-3, 2016).

$$R'_{45} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) - 1.5 \text{ dB} \dots \dots \dots \text{Formule 15}$$

$L_{1,s}$: Niveau sonore extérieur mesuré à 2 mètres de la façade (dB).

L_2 : Niveau sonore à l'intérieur du bâtiment (dB).

S : Surface de la façade (m²).

A : Absorption acoustique dans la pièce réceptrice (m²).

➤ Isolement Acoustique Standardisé $D_{2m,nT}$

L'indice $D_{2m,nT}$ mesure l'isolement de la façade en prenant en compte le temps de réverbération dans la pièce réceptrice, offrant ainsi une évaluation plus réaliste de l'isolation de la façade dans des conditions réelles, et ceci suivant la formule 16 (ISO 16283-3, 2016).

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \dots \dots \dots \text{Formule 16}$$

$L_{1,2m}$: Niveau sonore mesuré à 2 mètres de la façade (en dB).

L_2 : Niveau sonore dans la pièce réceptrice (en dB).

T : Temps de réverbération mesuré dans la pièce réceptrice (en secondes).

c) Isolation du bruit d'impact

L'isolation du bruit d'impact mesure la capacité des sols ou plafonds à réduire les bruits générés par des chocs, comme des pas ou la chute d'objets. Cet aspect est important dans les bâtiments à plusieurs étages pour éviter la transmission des bruits entre les niveaux (Rasmussen et al., 2014).

➤ Niveau de Pression du Bruit de Choc Normalisé L'_{nT}

Le niveau de pression L'_{nT} mesure l'intensité des bruits d'impact transmis à la pièce située en dessous du niveau d'impact. Plus l'indice L'_{nT} est bas, meilleure est l'isolation contre les bruits d'impact, il est évalué suivant la formule 17 (ISO 16283-2, 2018).

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots \text{Formule 17}$$

L_i : Niveau sonore mesuré dans la pièce inférieure (en dB).

T_0 : Temps de réverbération de référence (en secondes).

T : Temps de réverbération mesuré dans la pièce réceptrice (en secondes).

d) La valeur unique

La valeur unique est une simplification des indices mesurés pour faciliter la comparaison et l'évaluation des performances acoustiques. Cette valeur est dérivée de la comparaison entre les courbes mesurées et une courbe de référence, avec un déplacement vertical par incrément de 1 dB de la courbe de référence jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables soit le plus grand possible mais qui ne doit pas dépasser 32 dB en utilisant des bandes de 1/3 d'octave et 10 dB en utilisant des bandes de 1/1 octave. La valeur de la courbe de référence décalée à 500 Hz, voir la figure 45, une fréquence représentative de la sensibilité de l'oreille humaine. Elle est utilisée pour exprimer des indices comme R'_w , $D_{nT,w}$, $R'_{45,w}$, $D_{2m,nT,w}$ et $L'_{nT,w}$ (ISO 717-1, 2013; ISO 717-2, 2013).

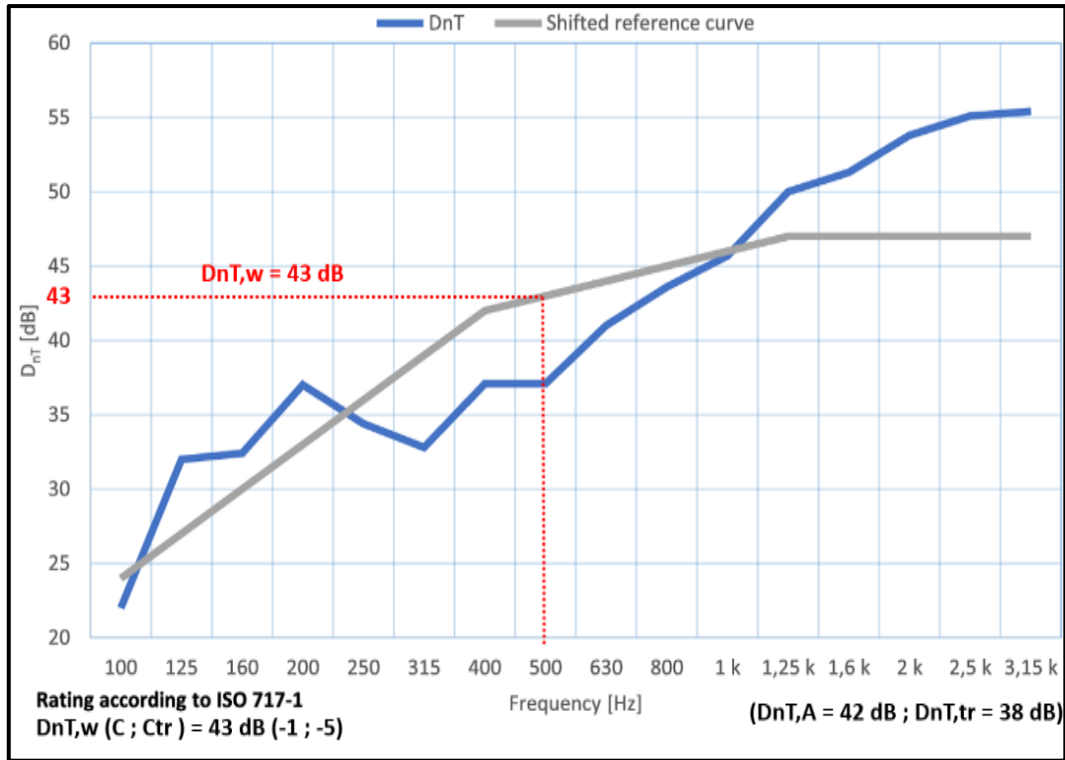


Figure 45 : Exemple d'évaluation de la valeur unique $D_{nt,w}$; Source : (Gramez et Al., 2021)

e) La pondération avec les termes d'adaptation du spectre

Les termes d'adaptation du spectre ajustent les résultats des mesures d'isolation acoustique pour différents types de bruits, voir la figure 45 et 46, permettant une évaluation plus réaliste selon le type d'environnement (ISO 717-1, 2013; ISO 717-2, 2013; Rasmussen et al., 2014).

- **C** : Appliqué pour les bruits aériens intérieurs (conversations, appareils), il permet de pondérer les indices d'isolation acoustique en tenant compte de ces bruits de fréquences moyennes et élevées.

Exemple : $R'_w + C = R'_A$; $D_{nT,w} + C = D_{nT,A}$; $R'_{45,w} + C = R'_{45,A}$; $D_{2m,nT,w} + C = D_{2m,nT,A}$.

- **C_{tr}** : Adapté aux bruits extérieurs (trafic, avions), il prend en compte les bruits riches en basses fréquences, permettant d'ajuster les mesures d'isolation pour ces environnements.

Exemple : $R'_w + C_{tr} = R'_{tr}$; $D_{nT,w} + C_{tr} = D_{nT,tr}$; $D_{2m,nT,w} + C_{tr} = D_{2m,nT,tr}$.

- **C_I** : Ce terme ajuste l'isolation contre les bruits d'impact (pas, chocs).

Exemple : $L'_{nT,w} + C_I = L'_{nT,I}$.

Type of noise source	Relevant spectrum adaptation term
• Living activities (talking, music, radio, tv) • Children playing • Railway traffic at medium and high speed • Highway road traffic > 80 km/h ⁽¹⁾ • Jet aircraft short distance • Factories emitting mainly medium and high frequency noise	C (Spectrum 1: A-weighted pink noise)
• Urban road traffic • Railway traffic at low speeds ⁽¹⁾ • Aircraft propeller driven • Jet aircraft large distance • Disco music • Factories emitting mainly low and medium-frequency noise	C_{tr} (Spectrum 2: A-weighted urban traffic noise)
• ISO tapping machine	C_1

Figure 46 : la pondération avec les termes d'adaptation du spectre ; Source : Rasmussen et al., 2014

9.1.2. Principes de base de l'isolation acoustique

L'isolation acoustique consiste à réduire la transmission du bruit entre deux espaces, que ce soit pour le bruits aériens ou d'impact. Trois principes de base influent cette isolation :

a) La Loi de Masse

Plus un matériau est dense et épais, plus il est efficace pour isoler des bruits aériens, voir la figure 47. En augmentant la masse d'une paroi, il devient plus difficile pour les ondes sonores de la faire vibrer, ce qui diminue la transmission des nuisances sonores. La loi de masse stipule qu'en doublant la masse surfacique d'une paroi, on améliore l'isolation acoustique de 6 dB (Hamayon, 2008; ADNET & SAELMACKERS, 2018).

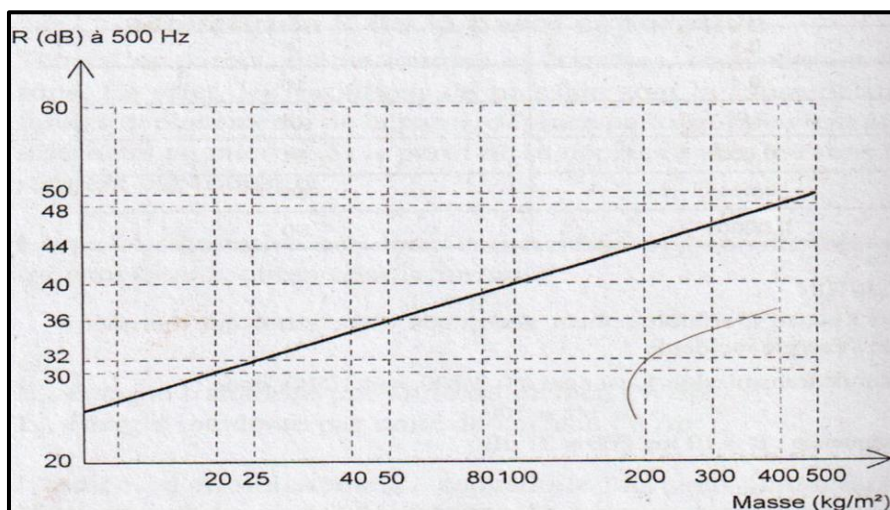


Figure 47 : La relation entre la masse et l'indice d'affaiblissement d'une paroi ; Source : Hamayon, 2008

b) La Loi Masse-Ressort-Masse

Cette loi consiste à utiliser une structure à double paroi séparée par un matériau élastique (ressort), comme de l'air ou de la laine minérale, voir la figure 48. Ce système amortit les vibrations sonores, réduisant ainsi leur transmission. Lorsque l'onde sonore frappe la première masse, elle oscille. Le ressort absorbe une partie de cette énergie avant de la transmettre à la seconde masse, réduisant ainsi l'énergie sonore (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017; Rapin, 2017).

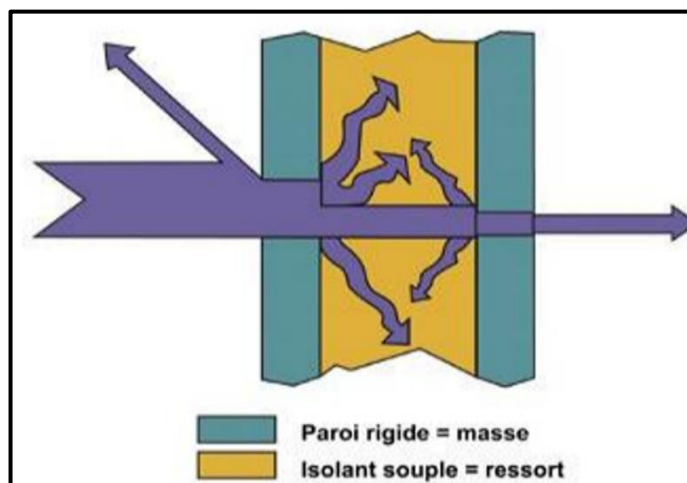


Figure 48 : Principe masse-ressort-masse ; Source : <https://insonorisation.weebly.com>

c) La Loi d'Étanchéité

L'étanchéité d'une paroi est essentielle pour l'isolation acoustique, car même un petit défaut, comme une fissure ou un trou, permet au son de passer, voir la figure 49. Il est donc important de garantir une parfaite étanchéité des structures pour optimiser leur performance acoustique. En acoustique, là où l'air passe, le bruit passe aussi (Hamayon, 2006; ADNET & SAELMACKERS, 2018).

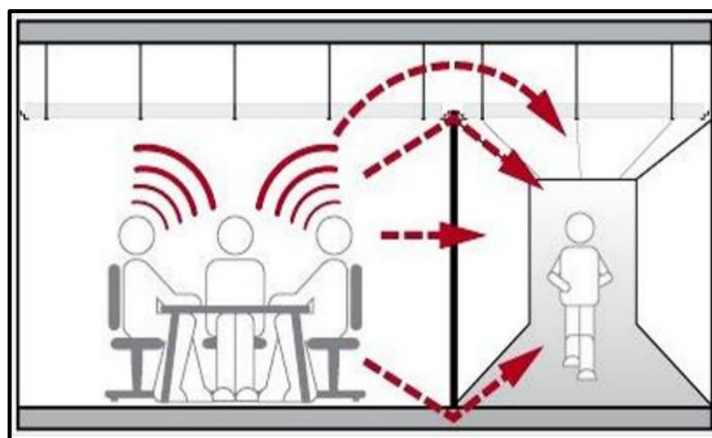


Figure 49 : Effet de la loi d'étanchéité ; Source : <https://insonorisation.weebly.com>

9.2. La correction ou l'absorption acoustique

La correction acoustique vise à améliorer la qualité sonore d'un local en jouant sur les phénomènes d'absorption et de réflexion des ondes sonores. Ce processus permet d'adapter les caractéristiques acoustiques d'un espace pour répondre aux exigences de son usage, que ce soit pour l'intelligibilité de la parole, la réduction des bruits ou la création d'une ambiance sonore spécifique (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

- Intelligibilité de la parole : dans les salles de classe, amphithéâtres ou salles de réunion, l'écoute claire et distincte est essentielle.
- Réduction du bruit : dans les espaces comme les bureaux, ateliers ou zones de circulation, il est important de minimiser les bruits perturbateurs.
- Ambiance sonore spécifique : dans des espaces tels que les salles de sport ou les restaurants, la correction acoustique assure un juste équilibre entre l'écoute et la réduction des bruits.

9.2.1. Le coefficient et l'air d'absorption acoustique

L'absorption acoustique est essentielle pour contrôler la réverbération dans un espace. Elle est mesurée par le coefficient d'absorption acoustique α , qui représente le rapport entre l'énergie absorbée par une surface et l'énergie incidente, voir la figure 50, et ceci suivant la formule 18. Ce coefficient varie entre 0 et 1, où une valeur de 1 indique que toute l'énergie est absorbée, et une valeur de 0 indique que toute l'énergie est réfléchiée. Il est important de noter que les propriétés d'absorption varient en fonction des fréquences du son (Hamayon, 2006; Barles et al., 2017; HECHAICHI, 2020; Ziani, 2022).

$$\alpha_{Sabine} = \frac{E_A}{E_I} \dots \dots \dots \text{Formule 18}$$

Avec :

α_{sabine} : le coefficient d'absorption acoustique de Sabine.

E_A : l'énergie absorbée.

E_I : l'énergie incidente.

L'aire d'absorption équivalente est la somme des surfaces des parois d'une pièce, multipliées par leurs coefficients d'absorption acoustique suivant la formule 19. Cette aire, exprimée en mètres carrés (m²), et elle est directement liée au temps de réverbération tel qu'une grande aire d'absorption équivalente réduit la réverbération dans un local.

$$A = \sum \alpha_i \times S_i \dots \dots \dots \text{Formule 19}$$

Avec :

A : l'aire d'absorption acoustique en m².

α_i : le coefficient d'absorption acoustique

S_i : surfaces de la paroi en m².

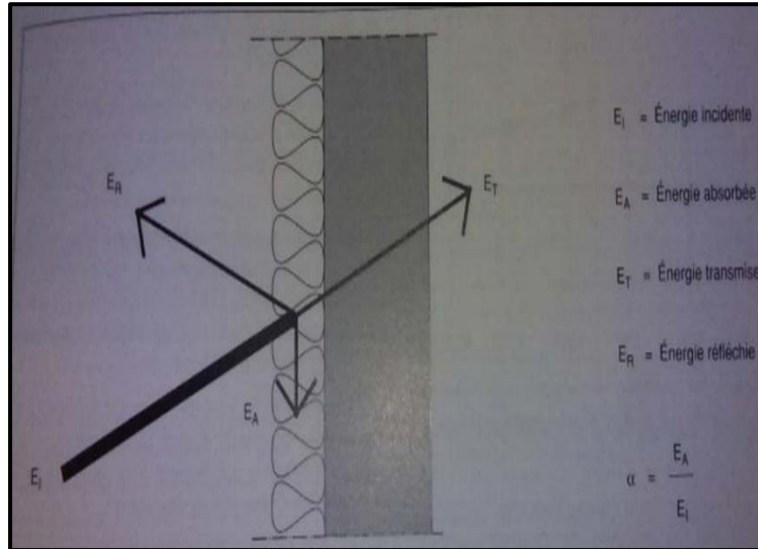


Figure 50 : le coefficient d'absorption de Sabine ; Source :Hamayon, 2006

9.2.2. La durée de réverbération « T_r »

Le temps de réverbération mesure le temps nécessaire pour qu'un son diminue de 60 dB après l'arrêt de la source. L'évaluation du temps de réverbération à partir de la courbe de décroissance doit commencer à 5 dB en dessous du niveau de pression acoustique initial, voir la figure 51. Il dépend du volume et des aires d'absorption acoustique du local et il est calculé à l'aide de la formule de Sabine 20 (ISO 3382-2, 2008; ISO 16283-1, 2014) :

$$T_r = 0.16 \times \frac{V}{A} \dots \dots \dots \text{Formule 20}$$

Où :

T_r : temps de réverbération en seconde (s)

V : volume de la pièce (m³)

A : aire d'absorption équivalente (m²)

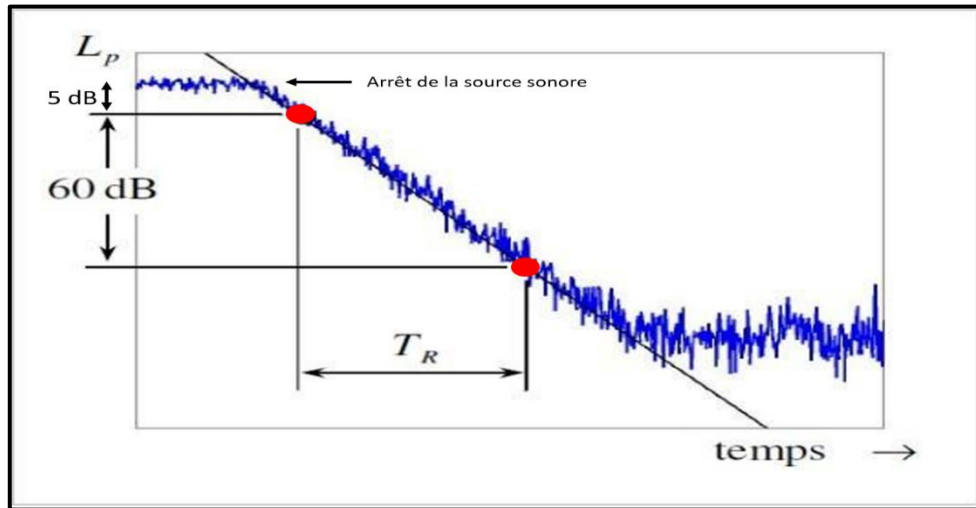


Figure 51 : Evaluation du temps de réverbération à partir de la courbe de décroissance ; Source : ADNET & SAELMACKERS, 2018

9.2.3. Matériaux absorbants

Les matériaux absorbants sont répartis en trois catégories principales :

a) Matériaux poreux et fibreux

Ces matériaux (par exemple, la laine de verre, mousse) absorbent les sons en piégeant les ondes acoustiques dans leur structure poreuse, voir la figure 52, dissipant ainsi l'énergie acoustique sous forme de chaleur. Ils sont efficaces pour absorber les hautes fréquences (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

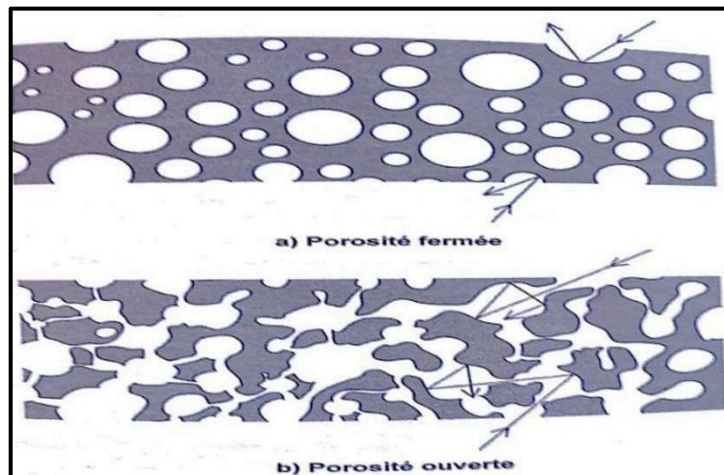


Figure 52 : Matériaux poreux ; Source : Hamayon, 2014

b) Résonateurs

Les résonateurs, voir la figure 53, utilisés pour absorber les sons graves, fonctionnent sur le principe de Helmholtz. Ils absorbent les sons en fonction de leur fréquence propre, qui dépend des dimensions et du volume du résonateur (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

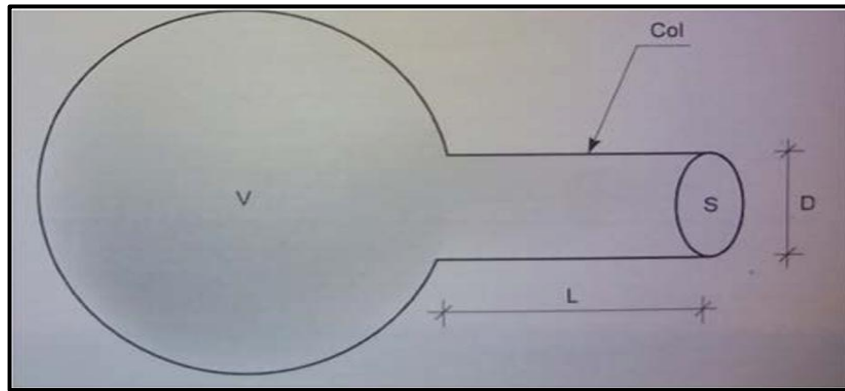


Figure 53 : résonateur de helmholtz ; Source : Hamayon, 2008

b) Membranes « diaphragmes »

Les membranes, voir la figure 54, sont des panneaux montés sur un cadre avec une lame d'air derrière. Elles absorbent les basses fréquences en se déformant lorsqu'elles sont frappées par des ondes sonores (Hamayon, 2014; Barles et al., 2017).

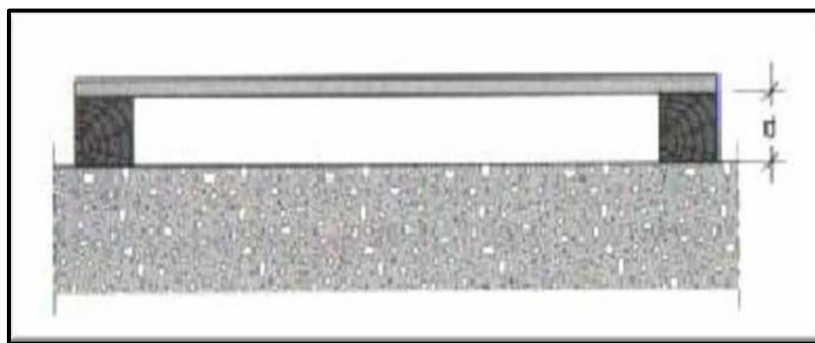


Figure 54 : Composition d'une membrane ; Source : Hamayon, 2008

Conclusion

L'acoustique du bâtiment repose sur une compréhension approfondie des phénomènes sonores et de leurs interactions avec l'environnement bâti. Les notions fondamentales abordées dans ce chapitre, telles que la nature et les caractéristiques du son, les différentes typologies de bruits, ainsi que les principes d'isolation et de correction acoustique, constituant des éléments clés pour optimiser le confort sonore dans les espaces architecturaux. La maîtrise de ces concepts est essentielle pour des bâtiments adaptés aux exigences acoustiques spécifiques, notamment dans des environnements sensibles comme les établissements hospitaliers. Cette introduction aux bases de l'acoustique du bâtiment servira ainsi de fondement aux développements ultérieurs portant sur les méthodes d'évaluation et les stratégies d'amélioration du confort acoustique.

Chapitre II : L'établissement public hospitalier

Introduction

Les établissements publics hospitaliers sont au cœur des systèmes de santé, garantissant un accès aux soins pour l'ensemble de la population et jouant un rôle stratégique dans l'organisation des services médicaux. Ils se distinguent par leur mission d'intérêt général, leur encadrement institutionnel et leur autonomie administrative et financière. Leur évolution est directement liée aux avancées médicales, aux politiques de santé publique et aux transformations sociales, nécessitant une adaptation continue aux exigences de modernisation et d'efficacité.

L'organisation de ces établissements repose sur des critères précis, définis par des cadres juridiques et fonctionnels qui déterminent leur mission, leur structure et leur mode de fonctionnement. Par ailleurs, leur conception architecturale influence fortement la qualité des soins, le confort des patients et la gestion des flux hospitaliers. Ce chapitre examine les principes fondamentaux des établissements publics hospitaliers en mettant en lumière leur classification, leur organisation, ainsi que leur impact sur l'aménagement du territoire.

1. L'équipement public

1.1. Définition des équipements publics

Un équipement public désigne une infrastructure ou un service mis à disposition par les pouvoirs publics pour répondre aux besoins collectifs de la population. Ces équipements peuvent inclure des bâtiments et des installations destinées aux services de santé, d'éducation, de culture, de sport, de transport, et d'autres domaines essentiels à la vie humaine et sociale.

Les équipements publics jouent un rôle central dans le développement urbain et l'amélioration de la qualité de vie. Selon P. Merlin et F. Choay, un équipement public est "*un ensemble de bâtiments et d'installations permettant la réalisation d'une fonction de service à la population*" (Merlin & Choay, 2009). Ce concept repose sur la notion de service d'intérêt général, permettant d'assurer des bonnes conditions de vie (*Définition - Équipement | Insee, s. d.; Équipement Urbain, s. d.; Les équipements publics, s. d.; Les équipements publiques, 2013; Fiole, 2002; Merlin & Choay, 2015*).

1.2. Typologies des équipements publics

Les équipements publics assurent des services essentiels dans divers domaines tels que l'éducation, la santé, et la culture, contribuant ainsi au bien-être des communautés. Leur classification, selon des critères comme la fonction, l'accessibilité, et l'échelle d'intervention, permet de mieux comprendre leurs usages, leurs bénéficiaires, et leur impact, de l'échelle locale à nationale. Ce cadre typologique aide à saisir le rôle de chaque type d'équipement dans le

développement urbain et social (*Définition - Équipement* | Insee, s. d.; *Les équipements publics*, 2013; Neufert, 2021), voir le tableau 1 dans l'annexe 1.

2. L'établissement recevant du public « ERP »

2.1. Définition des ERPs

Un Établissement Recevant du Public ERP est un bâtiment ou un local où des personnes peuvent être accueillies, soit de manière gratuite, soit contre rémunération. Ces établissements sont régis par des règles strictes, notamment en ce qui concerne la sécurité des usagers, les risques d'incendie, l'hygiène, l'accessibilité pour tous et y compris les personnes à mobilité réduite et la conformité aux normes d'urbanisme et de construction, tout en prenant en compte les spécificités des différentes activités exercées dans ces lieux (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024).

2.2. Classification des ERPs

En France, les ERPs sont classés en différentes catégories en fonction de leur capacité d'accueil et de la nature de leur activité. Cette classification est essentielle car elle détermine les normes de sécurité applicables à chaque type d'établissement (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024).

2.2.1. Classification par capacité d'accueil

L'une des premières distinctions des ERP repose sur leur capacité à recevoir du public, mesurée en nombre de personnes présentes simultanément dans l'établissement. Cette capacité d'accueil permet de déterminer les exigences de sécurité incendie, d'évacuation et de gestion des risques. Les ERP sont en cinq catégories répartis en deux groupes, voir le tableau 2 dans l'annexe 1.

Chaque catégorie implique des exigences de sécurité spécifiques : les ERP de la 1^{ère} catégorie, par exemple, nécessitent des dispositifs de sécurité et des aménagements plus complexes en raison du nombre élevé de personnes qu'ils peuvent accueillir, comparativement aux ERP de la 5^{ème} catégorie (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024; « Établissement recevant du public en droit français », 2024; <https://bpifrance-creation.fr/>, 2024).

2.2.2. Classification selon la nature d'exploitation

Les ERP sont également classés en fonction de leur type d'activité. Cela permet de déterminer des exigences spécifiques adaptées aux particularités des activités exercées dans ces établissements et aux populations accueillies (usagers, patients, élèves, ...etc.). Le tableau 3 dans l'annexe 1 présente cette classification.

Chaque type d'ERP doit répondre à des règles de sécurité adaptées aux risques spécifiques de son activité. Par exemple, un hôtel, type O, aura des exigences différentes d'un établissement de soins, type U, notamment en matière de gestion des risques sanitaires ou des équipements médicaux (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024; « Établissement recevant du public en droit français », 2024; <https://bpifrance-creation.fr/>, 2024).

3. L'établissement public

3.1. Définition du l'établissement public

L'établissement public est un phénomène administratif adopté à l'échelle internationale et qui est nécessaire et indispensable pour la gestion de l'administration général et de l'état. Ce qui conduit à donner plusieurs définitions à cette phénomène (شنطاوي, 1990).

Un établissement public est une personne morale de droit public, créée pour accomplir une mission d'intérêt général et dotée d'une autonomie administrative et financière. Placé sous la tutelle d'une autorité publique comme l'État, une région, un département ou une commune, il a pour objectif de gérer certains services ou infrastructures publics de manière efficace et spécialisée. Les établissements publics sont régis par trois principes fondamentaux :

- Autonomie : Ils bénéficient d'une personnalité juridique, d'une organisation propre et d'un budget indépendant, financé par des subventions, redevances ou autres sources.
- Tutelle administrative : Leur activité est surveillée par une autorité de tutelle pour garantir l'alignement avec les objectifs de politique publique.
- Spécialité : Leurs compétences sont limitées aux missions définies dans les textes réglementaires (<https://www.vie-publique.fr/>, 2022; Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et al., 2023).

En Algérie, un établissement public est une entité de droit public disposant de la personnalité morale, créée pour servir une mission d'intérêt général sous la supervision de l'État ou d'une autre autorité publique. Dotés d'une autonomie administrative et financière, les établissements publics algériens permettent de gérer des services collectifs dans divers domaines et se structurent autour de deux types principaux, l'un est doté d'un caractère administratif et l'autre à caractères commercial et industriel (Journal Officiel de la République Algérienne, 1988; Medah & Derifi, 2016).

3.2. Typologies des établissements publics

3.2.1. Établissement public à caractère commercial et industriel « EPIC »

Ces entités exercent des missions de service public dans des secteurs commerciaux ou industriels, en générant leurs ressources principalement par les redevances des usagers. Bien que sous la tutelle de l'État, elles sont régies par des règles proches de celles des entreprises privées et sont soumises aux lois du commerce, les litiges étant généralement portés devant le juge judiciaire (<https://www.vie-publique.fr/>, 2022; Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et al., 2023).

En Algérie, les EPIC opèrent dans des secteurs économiques et financent leurs activités par la vente de biens ou de services, comme dans les entreprises publiques de transport ou d'énergie (Journal Officiel de la République Algérienne, 1988; Medah & Derifi, 2016; Boukhedna et al., 2018).

3.2.2. Etablissement public à caractère administratif « EPA »

Les EPA remplissent des missions d'intérêt général sans but lucratif, principalement financées par l'État ou les collectivités locales. Encadrés par le droit public, ils interviennent dans des secteurs non marchands tels que la santé, l'éducation et l'assurance sociale (<https://www.vie-publique.fr/>, 2022; Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et al., 2023).

En Algérie, ces établissements fournissent des services publics essentiels comme l'assurance sociale, la santé, et l'éducation, en grande partie grâce à des subventions publiques. Leurs agents, majoritairement fonctionnaires, relèvent de la juridiction administrative pour tout litige. Exemples : la Caisse nationale des assurances sociales des travailleurs salariés CNAS et l'Établissement public hospitalier EPH (Journal Officiel de la République Algérienne, 1988; Medah & Derifi, 2016; Alami, 2020).

4. Les établissements publics de santé : Fondements et enjeux

4.1. Concepts généraux liés à la santé

4.1.1. Définitions de la santé

Les définitions de la santé ont évolué au fil du temps, passant d'une vision purement biologique et fonctionnelle à une conception globale et dynamique. Initialement centrée sur le bon fonctionnement de l'organisme ou l'absence de maladie, la santé s'est progressivement enrichie pour intégrer des dimensions psychologiques, sociales et environnementales. Cette transformation met en lumière une perspective multidimensionnelle où la santé est perçue

comme un droit fondamental, une ressource essentielle pour la vie quotidienne, et une capacité d'adaptation au milieu. Aujourd'hui, un environnement sain est reconnu comme une condition indispensable pour garantir un bien-être durable, soulignant ainsi l'interconnexion entre les individus et leur contexte de vie (Fournier et al., 2003).

a) Approche initiale : une perspective biologique et fonctionnelle

- Les premières définitions comme celle de René Leriche en 1936, présentent une approche biologique de la santé, limitée au bon fonctionnement de l'organisme ou à l'absence de troubles. Cette perspective, bien qu'importante, reste statique et centrée sur les aspects physiques (« Santé », 2024).
- De même, le Larousse s'attache encore à cette description fonctionnelle simple de la santé (Larousse, s. d.).

b) Introduction des dimensions psychologiques et sociales

- L'OMS en 1946 élargit cette conception en intégrant le bien-être mental et social. Cette définition marque une transition importante vers une compréhension holistique de la santé (L'O.M.S., 1948).
- René Dubos en 1973 a confirmé cette tendance, insistant sur l'adaptation au milieu et sur le bien-être psychologique et social (Dubos, s. d.).
- Les travaux de Herzlich et d'autres chercheurs entre 1973 et 1990 montrent que la perception publique de la santé varie selon les contextes sociaux, reflétant à la fois des notions d'adaptation, de fonctionnalité et de potentiel de réalisation (Herzlich, 1973; Houtaud & Field, 1989; Blaxter, 1990).
- Terris Milton (1992) approfondit cette idée en liant la santé à la capacité d'accomplir ses aspirations personnelles dans un cadre de bien-être global (Terris, 1992).

c) La santé comme ressource et droit fondamental

- L'OMS en 1986 introduit une approche dynamique de la santé, considérée comme une ressource pour la vie quotidienne, mettant l'accent sur les capacités d'adaptation, de résilience, et d'accomplissement des individus (L'O. M. S. Bureau régional de l'Europe, 1986).
- Bernard Basset en 1999 renforce cette perspective en affirmant la santé comme un droit fondamental universel, élargissant ainsi sa portée normative (Basset, 1999).

d) Retour à l'importance du milieu dans la définition de la santé

- Hervé Anctil en 2012, Goupil-Sormany Isabelle en 2023 et suivant René Dubos en 1973, met en avant le rôle fondamental du milieu dans la santé, en le considérant comme une interaction constante et essentielle. Il souligne que la santé dépend de la capacité des individus à agir et à s'adapter à leur environnement tout en accomplissant leurs rôles sociaux (Anctil, 2012; Goupil-Sormany et al., 2023).
- Cette vision insiste sur le fait qu'un milieu sain est une condition nécessaire pour garantir la santé, affirmant que les ressources physiques, psychiques et sociales doivent être harmonisées avec l'environnement.

4.1.2. La santé publique

La santé publique a connu une profonde évolution, passant d'une approche curative centrée sur les maladies infectieuses à une prévention collective fondée sur une organisation systémique. Elle s'est élargie d'une perspective locale, axée sur l'assainissement et les soins, à une vision globale qui intègre les interactions entre les dimensions humaines et environnementales. De plus, elle est passée d'un cadre descriptif à une approche normative, affirmant la santé comme un droit fondamental et un bien collectif. Cependant, définir la santé publique reste une tâche complexe en raison de sa nature multidimensionnelle. En tant que champ d'action en constante évolution, elle conjugue une diversité de pratiques, de savoirs et d'enjeux sociaux. Cette complexité reflète à la fois les défis de la santé collective et son rôle central dans la construction des sociétés et la réponse aux enjeux sanitaires contemporains (Fournier et al., 2003).

a) Une origine fondée sur la prévention et l'organisation collective

- Winslow en 1920/1923 : C'est la définition initiale de la santé publique et qui met l'accent sur la prévention des maladies, l'organisation collective et l'amélioration des conditions de vie. Elle se concentre sur l'assainissement, le contrôle des maladies infectieuses et la création d'une infrastructure sociale garantissant un niveau de vie adéquat (Winslow, 1920, 1923).
- L'OMS en 1952 : Sa définition reprend et enrichit celle de Winslow en introduisant le concept de "droit inné à la santé et à la longévité", élargissant ainsi la portée morale et sociale de la santé publique (L'O.M.S., 1952).

b) Une prise en compte des besoins collectifs et systémiques

- Les professionnels en 1988 : Les citations des praticiens mettent en avant une vision pragmatique et opérationnelle de la santé publique, axée sur l'intervention précoce, la

prévention, et les actions collectives concrètes comme la vaccination et l'éducation sanitaire (Institute of Medicine (US) Committee for the Study of the Future of Public Health, 1988).

- Turshen en 1989 : Il ajoute une distinction conceptuelle entre les services publics et privés, ainsi qu'entre les approches individuelles et collectives. Cette perspective enrichit la compréhension des rôles et responsabilités dans la santé publique (Turshen, 1989).

c) Vers une dimension globale et intégrée

- Frenk en 1993 : il insiste sur l'approche populationnelle comme cadre de référence pour analyser et résoudre les problèmes de santé publique. Il déconstruit également l'idée que la santé publique soit limitée à un type de service ou de problème particulier (Frenk, 1993).
- Beauchamp & Steinbock en 1999 : Ces auteurs soulignent que la santé publique commence par une perspective populationnelle, ce qui ancre davantage cette discipline dans une approche systémique (Beauchamp & Steinbock, 1999).

d) Une vision moderne interconnectée

- "One Health" après 2000 : L'émergence du concept "One Health" élargit la santé publique en intégrant les interrelations entre la santé humaine, animale et environnementale. Cette perspective holistique reflète une prise en compte des menaces globales comme les pandémies ou le changement climatique, nécessitant une coordination interdisciplinaire (Cosmacini, 2005, 2016; Shephard, 2014; Berridge, 2016; *One health*, s. d.; Goupil-Sormany et al., 2023).

4.1.3. Les déterminants de la santé

La santé d'une population est influencée par une variété de facteurs qui vont au-delà des seules interventions médicales. Les déterminants de la santé forment un système complexe d'interactions entre caractéristiques individuelles, milieux de vie, systèmes sociaux et économiques, et contexte global, voir la figure 55. Ces facteurs peuvent agir de manière positive ou négative sur l'état de santé des individus et des communautés (Anctil, 2012).

4.2. Définition et rôle des établissements publics de santé

4.2.1. Définition des établissements de santé

Les établissements de santé occupent une place centrale dans les systèmes sanitaires en tant que structures dédiées à la prise en charge des besoins médicaux, curatifs, préventifs et notamment

la remise en état des patients. Cependant, la définition de ces établissements reste une tâche difficile et complexe en raison de leur nature conceptuelle évolutive et multidimensionnelle, qui repose sur deux dimensions fondamentales et complémentaires : institutionnelle et juridique d'une part, opérationnelle d'autre part. La première détermine leurs cadres légaux, leurs classifications, leurs responsabilités et leurs missions globales, en s'appuyant sur des normes internationales et des régulations nationales. La seconde, davantage fonctionnelle, se concentre sur leurs organisations, leurs services et leurs capacités à répondre aux attentes des patients et des populations. Ensemble, ces approches permettent de comprendre la diversité et le rôle stratégique des établissements de santé dans la promotion et la protection de la santé publique (Gilson, 2011).

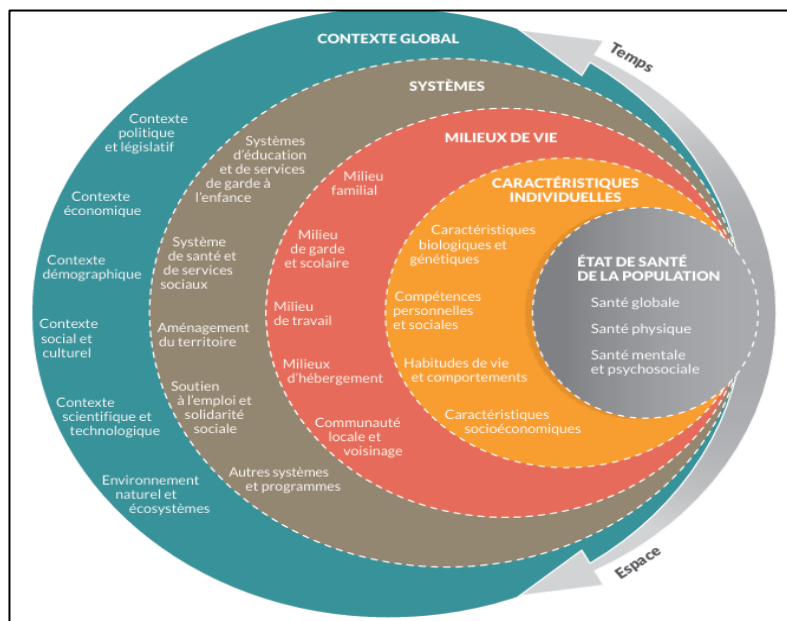


Figure 55 : Carte de la santé et ses déterminants

a) Définition institutionnelle et juridique

Les établissements de santé sont des entités qui jouent un rôle fondamental dans la mise en œuvre des politiques de santé au niveau mondial. Ils sont régis par des cadres juridiques qui varient selon les pays, mais qui partagent des principes communs (Kazmi, 1988).

- Dans le cadre international, l'OMS établit que les établissements de santé sont des composantes fondamentales des systèmes sanitaires. Ils sont structurés pour fournir des services de santé conformes à des standards internationaux, qui sont principalement axés sur les droits humains en matière d'accessibilité universelle à la santé, ainsi que sur les conditions garantissant la qualité des soins (Vonderheid & al-Gasseer, 2002; Vines, 2021; Malichenko, 2022).

- Dans le cadre national, les législations spécifient la nature juridique de ces établissements à travers des textes officiels, ce qui peut varier d'un pays à l'autre suivant la politique de santé adoptée et le contexte. Généralement, ces législations ont pour objectif de définir la responsabilité juridique et financière, et de préciser leurs typologies, ainsi que de délimiter la mission de chacun (Jovanović et al., 2015; Alzoubi & Attia, 2019; Vyaznikov, 2019; Vines, 2021; Кобышко et al., 2022; Kaduha, 2024; Pereira & Campbell, 2024).

Parmi les typologies définies par les législations nationales, on trouve la typologie sectorielle, qui distingue trois principaux secteurs de santé :

- Le secteur public : géré et financé par l'État, qui assure des missions d'intérêt général.
- Le secteur privé à but lucratif : géré par des entités privées dont l'objectif principal est le profit, tout en respectant des standards de qualité.
- Le secteur privé à but non lucratif : également appelé associatif ou donateur, qui n'est pas toujours adopté et qui est géré par des organisations non gouvernementales ou des institutions communautaires (Jovanović et al., 2015; Alzoubi & Attia, 2019; Vines, 2021; Pereira & Campbell, 2024; Code intégrale de la santé publique de la France, 2025).

b) Définition opérationnelle et fonctionnelle

D'un point de vue opérationnel, les établissements de santé sont des structures essentielles dédiées à la prise en charge globale de la santé humaine. Ils offrent une large gamme de services, adaptés à leur typologie et à leur attribution, allant de simples soins paramédicaux dans de petites salles de soins à des services médicaux et chirurgicaux avancés, voire à des missions d'éducation et de la recherche scientifique en médecine dans de grands centres hospitaliers comme les centres hospitalo-universitaires. Ces établissements visent à répondre aux besoins préventifs, curatifs, et éducatifs des populations, tout en assurant des environnements adéquats à la réhabilitation des patients et à la continuité des soins (Vyaznikov, 2019; Кобышко et al., 2022; Seijas et al., 2023; Sivan & Negrini, 2024).

Leur organisation est fondée généralement sur une structure interconnectée qui regroupe les quatre entités principales suivantes :

- Le bloc médical : où se déroule l'opération principale de la santé et qui comprend les services clés tels que les urgences, les unités médicales et chirurgicales, les blocs opératoires, et les unités de soins intensifs.

- Chambres des patients : Ces espaces sont pensés pour offrir un environnement propice à la réhabilitation, tout en permettant une surveillance médicale continue.
- Les espaces techniques : incluant les laboratoires, les services de stérilisation, d'imagerie médicale et d'autres infrastructures de soutien.
- L'administration : responsable de la gestion des ressources humaines, matérielles et financières, ainsi que de la coordination des activités (Seijas et al., 2023; Sivan & Negrini, 2024).

4.2.2. Définition des établissements publics de santé « EPS »

Les établissements publics de santé « EPS » sont des entités essentielles dans le système de santé mondial, jouant un rôle important dans la fourniture de services de santé à la population. Leur définition et leur fonctionnement peuvent varier selon les contextes nationaux, mais plusieurs caractéristiques communes les unissent (Kazmi, 1988).

4.2.2.1. Cadre Juridique et Institutionnel

Les EPS sont souvent définies comme des entités juridiques publiques créées par l'État pour garantir l'accès aux soins de santé. Dans de nombreux pays, ils sont considérés comme des personnes morales de droit public, dotées d'une autonomie administrative et financière, mais soumis au contrôle gouvernemental pour assurer la qualité des soins et le respect des normes sanitaires.

La création d'EPS se fait généralement par décret ou législation spécifique, qui définit leurs missions, leur organisation et leur mode de financement. À l'international, des organisations comme l'International Association of National Public Health Institutes (IANPHI) fournissent des cadres pour aider les pays à créer et renforcer leurs instituts nationaux de santé publique, qui peuvent inclure des EPS (Rosenfeld et al., 2020; Desta et al., 2022; Myhre et al., 2022; Zuber et al., 2023; Code intégrale de la santé publique de la France, 2025).

4.2.2.2. Rôle dans le système de santé publique

Les EPS jouent un rôle important tant à l'échelle internationale que nationale. À l'échelle internationale, ils collaborent avec des organisations comme l'OMS pour coordonner les réponses aux crises sanitaires, harmoniser les efforts face aux pandémies et établir des normes communes (Javed & Chattu, 2020; Jit et al., 2021; Lee et al., 2022; Humenyuk, 2023; Bauernfeind et al., 2024; Barros et al., 2024). À l'échelle nationale, ils assurent la coordination des systèmes de santé, garantissent l'accès aux soins pour tous, notamment les populations vulnérables, et contribuent à la formation des professionnels de santé ainsi qu'à la recherche

médicale (Swamy et al., 2012; Brusaferrero & Tricarico, 2017; Desta et al., 2022; Zuber et al., 2023). Le tableau 7 dans l'annexe 1 résume les rôles clés et les initiatives des EPSs.

5. L'architecture hospitalière

5.1. Définition de l'architecture hospitalière

L'architecture hospitalière peut être définie comme la branche de l'architecture qui désigne l'ensemble des principes, des concepts et des pratiques architecturales appliqués spécifiquement aux établissements de santé, tels que les hôpitaux, les cliniques, les centres de soins et autres structures médicales. Elle s'inscrit dans une approche multidimensionnelle qui intègre des considérations fonctionnelles, techniques, esthétiques, sociales, et environnementales tout en répondant à des normes sanitaires strictes et. Elle vise à créer des environnements adaptés aux avancées technologiques et médicaux tout en tenant compte du confort et du bien-être des patients et des visiteurs, aussi que de l'efficacité du personnel médical. Elle reflète également les valeurs sociétales et les contextes historiques à travers l'intégration urbaine (Horsburgh, 1995; Richardson, 1999; Dilani, 2000; Astley et al., 2015; Kolesnikova & Zakharevska, 2023; Jesku, 2024; Muhamad et al., 2024; Santos et al., 2024).

5.2. Principaux évolutions de l'architecture hospitalière

Les évolutions idéologiques et typologiques de l'architecture hospitalière reflètent les changements profonds des attentes et des besoins de la société en matière de santé et de bien-être. De la conception des premiers hôpitaux, centrée sur la simple prise en charge des malades, aux structures modernes intégrant des notions de confort, de durabilité et de technologie, l'architecture hospitalière a évolué pour répondre à des enjeux sanitaires, sociaux et environnementaux croissants, voir la figure 1 de l'annexe 1.

5.2.1. L'hôtel-Dieu médiéval « L'hôpital Mystique »

L'architecture hospitalière du Moyen Âge était marquée par l'hôpital « mystique », notamment l'Hôtel-Dieu, qui servait à la fois de refuge pour les pauvres et de lieu de soins. Ces hôpitaux étaient gérés par des institutions religieuses et conçus pour soigner l'âme autant que le corps. Les malades étaient accueillis dans de vastes salles communes, souvent sous de hauts plafonds voûtés, symbolisant la protection divine. L'hôpital médiéval, tel que l'Hôtel-Dieu de Beaune, voir la figure 56, s'inscrit dans une tradition où la spiritualité et la charité étaient au cœur de l'architecture (Lacanna, 2014; LABADIE, 2015; solange, 2017; Diercxsens, 2022).

Dans cette période, l'accent était mis sur la proximité spirituelle avec les églises, souvent intégrées dans le bâtiment même, renforçant l'idée de guérison à travers la foi. Le modèle

architectural était simple, linéaire, avec une salle unique qui accueillait les patients, comme l'illustre l'exemple typique de l'Hôtel-Dieu de Tonnerre, voir la figure 57 (Diercxsens, 2022).



Figure 56 : Hôtel-Dieu de Beaune ; source : (Hôtel-Dieu - Hospices de Beaune - Beaune, s.d.)



Figure 57 : Hôtel-Dieu de tonnerre ; source : (Hôtel-Dieu de Tonnerre, s.d.)

Dans les régions du monde islamique, les Bîmâristâns ou Mâristân étaient des établissements comparables à l'Hôtel-Dieu, mais avec une orientation plus scientifique. Ces hôpitaux islamiques, notamment à Bagdad, Damas, Cordoba, Sevilla et Le Caire, étaient souvent situés à l'intérieur des villes et disposaient de bibliothèques et de salles de cours pour les médecins. Ils se distinguaient par une conception incluant des cours intérieures, des fontaines, et des jardins, apportant une dimension apaisante et thérapeutique pour les malades. Les influences islamiques dans l'architecture hospitalière prenaient en compte le bien-être holistique, reliant corps et esprit dans un cadre serein et réfléchi. Le Bîmâristân Nûr al-Dîn, à Damas, voir la figure 58, présente un exemple typique de l'architecture hospitalière islamique et qui distingue par son organisation en salles spécialisées et sa gestion rigoureuse des soins médicaux, voir la figure 59, intégrant des principes d'hygiène et de spécialisation, influençant indirectement l'évolution hospitalière en Europe par les échanges à travers les croisades (Cilliers & Retief, 2002; Gorini et al., 2004; Retief & Cilliers, 2010).



Figure 58 : Le Bîmâristân Nûr al-Dîn, à Damas ; Source : <https://syriaphotoquide.com/>

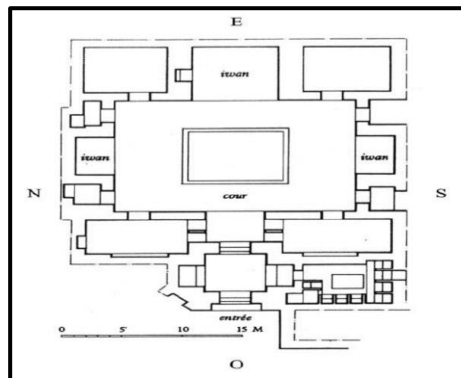


Figure 59 : Plan du Bîmâristân Nûr al-Dîn ;
Source : Gorini et al., 2004

5.2.2. L'hôpital réaliste « pavillonnaire » (1850 – 1930)

À la fin du XIX^e siècle, les progrès médicaux et scientifiques ont radicalement changé la manière de concevoir les hôpitaux. L'architecture pavillonnaire devient prédominante, offrant des bâtiments séparés en pavillons pour différentes spécialités médicales. Ce modèle d'hôpital visait à améliorer les conditions d'hygiène et de ventilation, des préoccupations centrales dans un contexte où la théorie des miasmes, maladies propagées par l'air impur, influençait encore la médecine (solange, 2017).

Les pavillons étaient souvent séparés par des jardins ou des espaces verts, facilitant l'aération naturelle, ce qui fait écho aux cours des Bîmâristâns islamiques où la nature jouait également un rôle thérapeutique. L'hôpital Lariboisière à Paris et Florence Nightingale, illustrés dans les figures 60 et 61 respectivement, sont deux exemples typiques de l'architecture pavillonnaire de cette époque. Inspiré par les concepts hygiénistes, l'organisation spatiale s'appuie sur une séparation des fonctions et des catégories de patients. Les pavillons sont des bâtiments autonomes isolés, reliés par des galeries ou des cours extérieures, favorisant une meilleure aération et éclairage naturels et un contrôle des maladies infectieuses (Cilliers & Retief, 2002; Gorini et al., 2004; Retief & Cilliers, 2010).

Cette époque voit aussi la naissance d'hôpitaux plus éloignés des centres urbains, un choix dicté par la volonté de se soustraire aux nuisances des villes industrielles croissantes. Cette séparation physique reflète une nouvelle manière de concevoir le rapport entre l'hôpital et la ville, où l'hôpital devient une entité plus autonome (solange, 2017; Diercxsens, 2022).

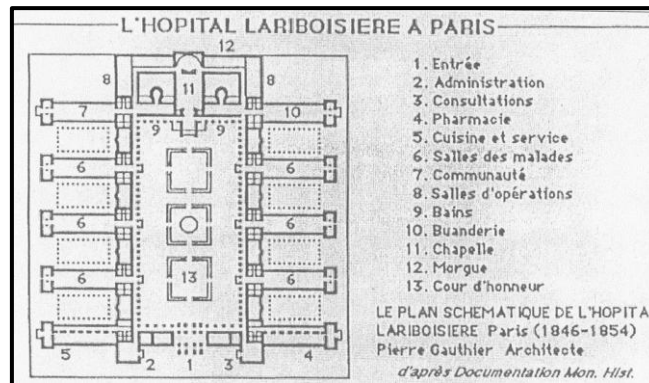


Figure 60 : L'hôpital Lariboisière à Paris ; Source : Diercxsens, 2022

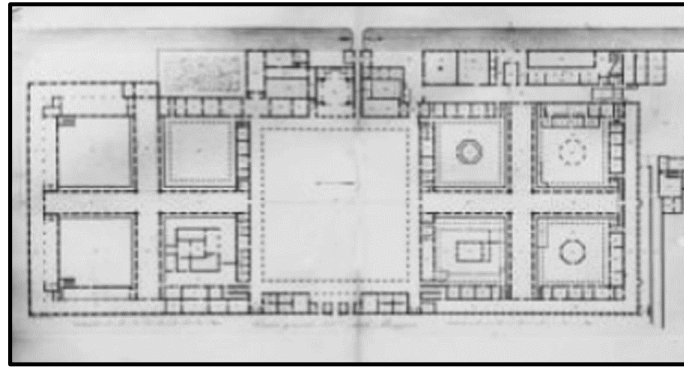


Figure 61 : Florence Nightingale ; Source : Alzoubi & Attia, 2019

5.2.3. L'hôpital médical « bloc » 1930 – 1970

Le modèle de l'hôpital en bloc s'est développé au XXe siècle avec les progrès de la médecine moderne. Ce type d'hôpital intègre les services médicaux sous un même toit, favorisant la centralisation des soins et facilitant l'accès aux équipements technologiques. Il s'agit de maximiser l'efficacité du personnel médical et de limiter les déplacements des malades à l'intérieur de l'hôpital (LABADIE, 2015; solange, 2017).

L'architecture hospitalière de cette époque se concentre sur des bâtiments massifs et compacts, souvent construits en hauteur pour optimiser l'espace urbain, marqué aussi par une implantation en dehors des centres-villes. Les hôpitaux des années 1960, comme l'hôpital mémorial France-États-Unis de Saint-Lô, voir la figure 62, illustrent cette transition vers des hôpitaux « machines », où l'accent est mis sur la rationalisation des soins et des espaces techniques (Beisson, 2004; solange, 2017).



Figure 62 : L'hôpital bloc mémorial France-États-Unis de Saint-Lô ; Source : <https://www.wikimanche.fr/>

5.2.4. L'hôpital technique « arbre en superposition » 1970 – 2020

À partir des années 1970, l'architecture hospitalière évolue pour s'adapter aux avancées technologiques, à la spécialisation des soins, et à la complexité croissante des infrastructures. Le modèle « hôpital technique », souvent comparé à un « arbre en superposition », repose sur une organisation verticale et une distribution fonctionnelle optimisée des espaces. Chaque étage est dédié à une spécialité médicale, tandis que les flux de circulation sont conçus pour minimiser les déplacements des patients et du personnel (solange, 2017). L'Hôpital Delta du groupe hospitalier CHIREC à Bruxelles, mis service en décembre 2017 après onze ans de réalisation, voir la figure 63, illustre parfaitement cette typologie. Sa structure en hauteur répartit les unités de soins sur plusieurs niveaux, avec des circulations différenciées pour les patients, le personnel, et les visiteurs, tout en intégrant les technologies médicales et informatiques les plus récentes (Lefébure, 2018).



Figure 63 : L'Hôpital Delta du groupe hospitalier CHIREC à Bruxelles ; Source : Lefébure, 2018

Cette période se caractérise par une hiérarchie fonctionnelle dans la disposition des services : les blocs opératoires, les services d'urgence et les laboratoires se trouvent aux niveaux inférieurs, facilitant l'accès rapide aux soins critiques, voir la figure 64, tandis que les unités d'hospitalisation occupent les étages supérieurs. Les hôpitaux de ce type favorisent l'efficacité opérationnelle en optimisant les déplacements verticaux et horizontaux à travers des réseaux complexes de couloirs et d'ascenseurs. De plus, les infrastructures techniques, telles que les chambres stériles, les systèmes de ventilation avancés et les circuits d'approvisionnement en

oxygène, sont intégrées pour répondre aux exigences croissantes des soins de santé modernes (Diercxsens, 2022).

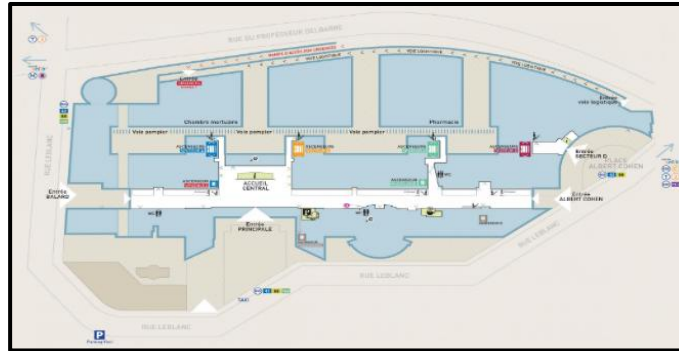


Figure 64 : Carte d'organisation spatiale de l'hôpital Georges Pompidou à Paris : <https://fr.map-of-paris.com/>

Sur le plan urbain, ces hôpitaux sont souvent implantés en périphérie des grandes villes, voir la figure 62, notamment en raison des contraintes foncières. Cependant, certains d'entre eux, comme l'Hôpital Georges Pompidou, voir la figure 65, se trouvent dans des zones stratégiques, proches des universités et des centres de recherche, facilitant ainsi la collaboration scientifique et médicale. Leur architecture modulaire permet une extension aisée, tout en assurant une connexion efficace avec les réseaux de transport urbain. Bien que leur intégration dans le tissu urbain historique soit moindre, ces hôpitaux s'inscrivent dans une logique de fonctionnalité et d'efficacité (Diercxsens, 2022; solange, 2017).



Figure 65 : l'Hôpital Georges Pompidou à Paris ; Source : <https://www.alamyimages.fr/>

Dans les pays islamiques, notamment ceux du Golfe, cette évolution s'accompagne d'une réinterprétation de l'architecture traditionnelle. Des éléments comme les cours intérieures, les fontaines, et les matériaux locaux sont intégrés pour préserver l'identité culturelle tout en répondant aux besoins médicaux modernes, voir la figure 66. Cela reflète une approche holistique des soins, inspirée des hôpitaux islamiques historiques, qui prenait en compte à la fois le bien-être physique et spirituel des patients (Alzoubi & Attia, 2019).



Figure 66 : L'hôpital universitaire du roi Abdullah en Jordanie ;
Source : <https://en.wikipedia.org/>

5.2.5. Le futur hôpital, l'hôpital de proximité (2020 ...)

Aujourd'hui, l'évolution des infrastructures hospitalières se base sur une réévaluation des modèles passés. Alors que le XXe siècle a vu l'émergence des hôpitaux en périphérie des villes, la tendance actuelle revient vers une implantation plus urbaine, favorisant un contact plus direct avec les patients. On distingue désormais une dualité dans les infrastructures : d'un côté, l'hôpital central, massif et technologiquement avancé, et de l'autre, des pôles de santé implantés dans les quartiers, offrant des soins plus spécialisés et centrés sur le bien-être du patient (Hoet, 1992; Lacanna, 2014).

Cette nouvelle typologie hospitalière repose sur un modèle hybride, alliant compacité et efficacité. L'hôpital pavillonnaire, caractéristique du passé, disparaît au profit de structures superposées et denses, combinant les caractéristiques des typologies « bloc » et « arbre ». Les espaces verts pensés pour le bien-être, deviennent secondaires, remplacés par des tracés clairs et des circulations optimisées. Les hôpitaux modernes privilégient désormais la rentabilité, l'informatisation, et la gestion des flux (Lacanna, 2014; LABADIE, 2015).

Ce modèle hospitalier se concentre sur une meilleure intégration dans le tissu urbain, combinant technologie de pointe et humanisation des soins. La décentralisation des infrastructures permet de rapprocher l'hôpital des populations locales à travers divers réseaux de transport tout en maintenant une connexion avec les grands centres hospitaliers pour les interventions spécialisées. Ces nouvelles structures tendent vers une modularité des espaces, capables de s'adapter rapidement aux évolutions technologiques et sanitaires. L'hôpital ZNA Stuivenberg, voir la figure 2 dans l'annexe 1, illustre cette tendance d'évolutions, avec des bâtiments compacts, optimisés pour l'efficacité énergétique et la connexion urbaine (Diercxsens, 2022).

L'accent est également mis sur la performance environnementale et le bien-être du patient à travers divers critères : acoustiques, visuels, psychologiques, sociaux, et de qualité de l'air. Ces préoccupations, longtemps délaissées au profit de la fonctionnalité pure, refont surface grâce aux principes du développement durable, alignés sur les recommandations de l'Agenda 21. Les

matériaux respectueux de l'environnement, l'efficacité énergétique et l'adaptabilité des espaces deviennent des impératifs de conception (Alzoubi & Attia, 2019; Diercxsens, 2022).

En outre, l'hôpital de proximité représente une solution idéale pour répondre aux défis contemporains, notamment le vieillissement de la population, les maladies chroniques, et la pression sur les infrastructures de santé. Ces hôpitaux sont pensés pour intégrer les dernières innovations technologiques tout en offrant un environnement de soins plus humain et connecté à la communauté locale (LABADIE, 2015; solange, 2017; Diercxsens, 2022), voir la figure 67.

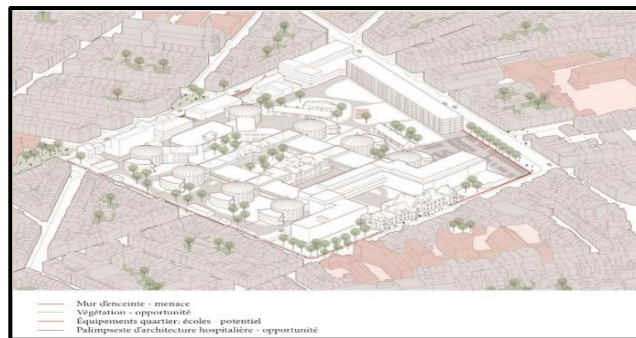


Figure 67 : L'hôpital ZNA Stuivenberg ; Source : Diercxsens, 2022

5.3. Définition architectural et contemporaine de l'hôpital

l'hôpital est un établissement qui s'occupe de la santé humaine ou les patients présentent la préoccupation principale, la guérison des patients hospitalisés est une opération complexe qui se déroule dans des unités de soins avec divers intervenants, principalement des médecins, des infirmiers et des techniciens, et divers espaces, notamment les espaces médicaux comme les chambres des patients, la salle des médecins, la salle des infirmiers, la salle des consultations, la salle des pansements, la pharmacie, le laboratoire ...etc., et des espaces de service comme les sanitaires, les salles de bains, la kitchenette et la lingerie ...etc., ces différents espaces sont équipés de manière spécifique avec des différents appareils de la surveillance comme les moniteurs, les téléviseurs, l'appareil de détection des fumes et de la coupure d'électricité, ils sont équipés aussi par des objets comme les lits et les chaises roulants, des tables et des chariots, et des outils comme les outils de nettoyage (Alzoubi & Attia, 2019; Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Althahab et al., 2022).

5.4. Typologies des hôpitaux

5.4.1. Selon le statut

La typologie des hôpitaux selon le statut repose sur une distinction fondamentale entre les hôpitaux civils et les hôpitaux militaires. Ces deux catégories d'établissements diffèrent principalement par leur mission, leur population cible, leur organisation, et leurs critères

d'implantation géographique, voir le tableau récapitulatif 8 dans l'annexe 1, (Morikawa, 1998; Childress, 2013; Dahlke et al., 2014; Haque, 2018; Barkley et al., 2020; Du et al., 2024).

a) Les hôpitaux civils

Les hôpitaux civils représentent le pilier des systèmes de santé modernes et sont destinés à la population générale. Leur objectif principal est d'assurer un accès universel aux soins médicaux. Ils sont implantés de manière stratégique pour maximiser leur accessibilité et leur efficacité, que ce soit dans les zones rurales ou urbaines. Ces établissements offrent une large gamme de services médicaux allant des soins primaires aux traitements spécialisés. En termes d'implantation, les hôpitaux civils sont situés dans des zones facilement accessibles, en fonction de la densité de population et des besoins sanitaires locaux, voir la figure 67. Ils sont également connectés aux infrastructures de transport afin de garantir un accès rapide pour les urgences et les consultations régulières (Kapologwe et al., 2020; Hu et al., 2024).

b) Les hôpitaux militaires

Les hôpitaux militaires sont conçus pour répondre aux besoins spécifiques des forces armées. En période de paix, ils sont principalement destinés aux militaires actifs, aux retraités, et à leurs familles. Cependant, en période de guerre ou de crise, leur mission s'élargit pour inclure les soins aux blessés en conflit, tout en pouvant, dans des cas exceptionnels, accueillir des civils. Leur implantation est hautement stratégique, privilégiant des zones loin de la densité urbaine et sécurisées, voir la figure 68, souvent à proximité des bases militaires ou des centres d'opérations. Cette localisation garantit à la fois leur protection et leur efficacité logistique. Les hôpitaux militaires se distinguent également par leur capacité à déployer des unités mobiles dans des zones de conflit ou lors de crises humanitaires (Morikawa, 1998; Dahlke et al., 2014; Trutyak et al., 2022; Kellermann et al., 2023).

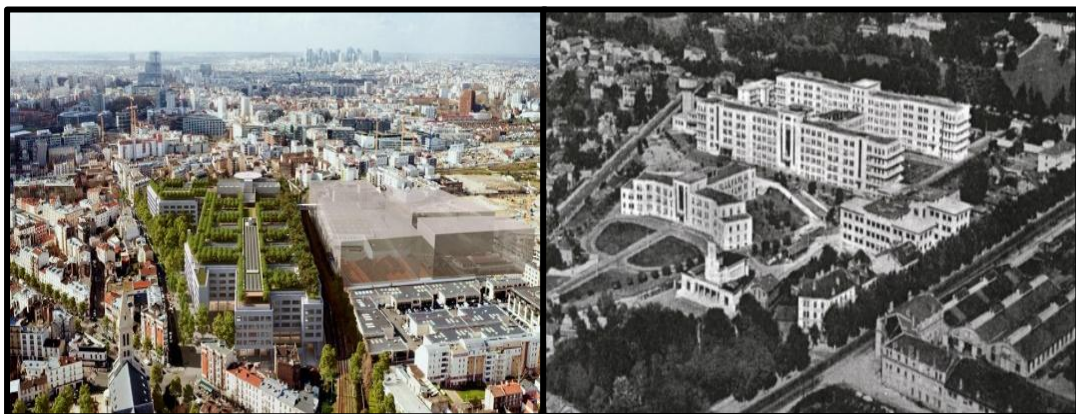


Figure 68 : Photos en perspectives, à gauche, Campus hospitalo-universitaire Saint-Ouen Grand Paris-Nord et à droite l'hôpital militaire Desgenettes à Lyon (Rhône) ; Source : <https://micheldesvignepaysagiste.com/> ; <https://museemilitairelyon.com/>

5.4.2. Selon le secteur

La typologie des structures de santé selon le secteur révèle des différences architecturales, économiques et fonctionnelles significatives. Ces distinctions découlent des priorités différentes de chaque secteur : les hôpitaux publics visent l'accessibilité universelle et le service public dans un cadre de contraintes budgétaires étatique, tandis que les hôpitaux privés cherchent à se distinguer par la qualité, l'attractivité et le confort, souvent dans une logique concurrentielle. Ces différences se manifestent dans les choix de conception et les stratégies d'implantation, le tableau 9 dans l'annexe 1 récapitule ces principaux différences, (Banerjee, 2013; Kruse et al., 2018; Kaabi et al., 2022; Montagu et al., 2022).

a) Les hôpitaux privés

Les hôpitaux privés se caractérisent par leur conception architecturale ambitieuse et leur flexibilité économique. Leur principal objectif est d'offrir des services de qualité et d'attirer une clientèle variée, ce qui influence directement leur design et leur organisation. Ces établissements privilégient souvent des matériaux haut de gamme, des espaces intérieurs élégants et des équipements à la pointe de la technologie. L'accent est mis sur le confort des patients et l'image de marque de l'établissement, voir la figure 69. Ils cherchent également à obtenir des certifications internationales comme Haute Qualité Environnementale « HQE » ou Leadership in Energy and Environmental Design « LEED » qui renforcent leur réputation et leur attractivité (Banerjee, 2013; Kavčič & Pahor, 2013; Kruse et al., 2018; Kaabi et al., 2022; Montagu et al., 2022).



Figure 69 : Des illustrations qui montrent la qualité architecturale adoptée à l'hôpital privé d'Aix Provence, à gauche l'espace de réception et à droite la chambre des patients ; Source : <https://www.118712.fr/>

En termes d'implantation, les hôpitaux privés adoptent des stratégies axées sur leur visibilité et leur potentiel commercial. Contrairement aux hôpitaux publics, leur localisation n'est pas nécessairement dans les centres-villes ou à proximité des réseaux de transport. Ils peuvent être situés dans des zones périphériques ou des banlieues, où l'environnement favorise leur apparence et leur visibilité. Ces emplacements facilitent souvent l'intégration d'une architecture

distinctive, voir figure 70, qui sert d'outil de communication visuelle et de publicité (Twahir, 2017; Guller & Varol, 2023; Baazeem et al., 2024).



Figure 70 : Des illustration qui montre le choix du site d'implantation à gauche et le l'architecture extérieur de l'hôpital privé d'Air Provence ; Source : <https://madeinmarseille.net/> ; <https://www.laprovence.com/>

La recherche scientifique reste toutefois limitée dans les hôpitaux privés. Grâce à leurs moyens financiers, ces établissements peuvent adopter des solutions innovantes sans contrainte budgétaire, réduisant ainsi leur dépendance à la recherche. Cette approche, axée sur la résolution rapide des problèmes et la mise à jour des infrastructures, rend les hôpitaux privés moins fréquemment étudiés dans le cadre de recherches académiques.

b) Les hôpitaux publics

En revanche, Les hôpitaux publics, sont soumis à des normes étatiques de conception souvent obsolètes, qui ne tiennent pas toujours compte des avancées technologiques ou des tendances architecturales contemporaines. Ces normes, associées à des contraintes budgétaires strictes, favorisent des projets orientés vers le "moins-disant" lors des appels d'offres, c'est-à-dire ceux qui minimisent les coûts de construction. Ce qui conduit à des bâtiments fonctionnels mais souvent dépourvus du design architectural et de confort. Les espaces intérieurs sont souvent marqués par une simplicité limitée à l'aspect fonctionnelle, voir la figure 71, sans décor ni effort particulier pour l'esthétique (Banerjee, 2013; Kruse et al., 2018; Kaabi et al., 2022).

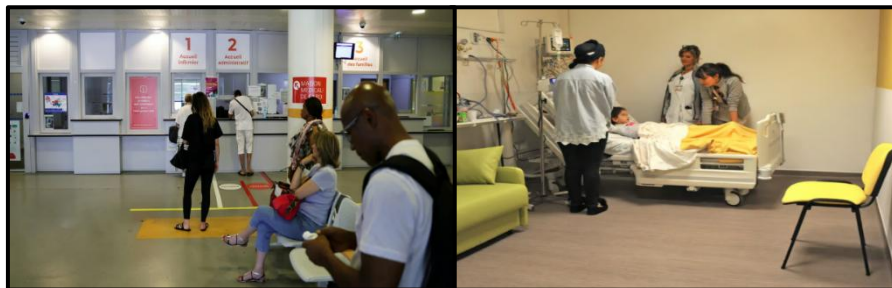


Figure 71 : Des illustrations qui montrent la simplicité de l'espace d'accueil à gauche et la chambre des patient à droite de l'hôpital public de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://www.laprovence.com/> ;

Cependant, les contraintes budgétaires et les choix fonctionnels peuvent entraîner des défauts techniques et organisationnels, voir la figure 72, nécessitant des réhabilitations post-

occupationnelle fréquentes, même pour des infrastructures considérablement récentes (Venkatraman & Lahariya, 2024).

L'emplacement des hôpitaux publics est stratégique suivant l'intégration, visant à garantir un accès universel. Ils sont implantés dans des zones urbaines ou périurbaines denses, à proximité des réseaux de transport et connectés à la ville pour faciliter l'accès des citoyens et des personnels soignants, voir la figure 73, (Twahir, 2017; Baazeem et al., 2024; Guller & Varol, 2023).



Figure 72 : une image qui montre des dégradations au niveau des matériaux et au niveau des équipements à l'hôpital de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/>



Figure 73 : Des illustration qui montre le choix du site d'implantation à gauche et le l'architecture extérieur de l'hôpital de la Timone AP-HM à Marseille ; Source : <https://etablissemments.fhf.fr/> ; <https://www.pharmacieduvillage.eu/>

Ces limitations font des hôpitaux publics un sujet de recherche privilégié. Les chercheurs s'intéressent à leur capacité à équilibrer coût et qualité, à intégrer des innovations malgré des contraintes budgétaires, et à répondre aux besoins d'une population croissante et diversifiée. Ces établissements offrent un champ d'étude pertinent pour analyser les défis contemporains en matière d'architecture hospitalière, de gestion des flux et d'adaptation aux normes modernes.

5.4.3. Selon l'ancienneté

La typologie des hôpitaux selon leurs anciennetés reflète des évolutions majeures dans les domaines architecturaux, technologiques et organisationnels. Les hôpitaux anciens, construits entre la seconde moitié du 19^e siècle et la première moitié du 20^e siècle, témoignent des réponses architecturales et médicales apportées aux crises sanitaires et aux guerres mondiales. En revanche, les hôpitaux récents, édifiés à partir de la seconde moitié du 20^e siècle, incarnent les

avancées modernes tout en soulevant des critiques liées à leur manque de considération pour les enjeux environnementaux et leur identité architecturale (Lorente & Martín-Gómez, 2017).

a) Les hôpitaux anciens

Les hôpitaux anciens, bâtis entre la seconde moitié du 19^e siècle et la première moitié du 20^e siècle, ont été conçus pour répondre aux besoins immédiats d'une époque marquée par les guerres, les crises sanitaires et les avancées de l'urbanisation. Ces bâtiments se caractérisent par une architecture classique ou néoclassique, où l'esthétique et l'ornementation jouaient un rôle central. Façades décorées, corniches, chapiteaux et autres éléments ornementaux intégraient les hôpitaux dans le paysage urbain de l'époque, leur conférant un rôle à la fois fonctionnel et symbolique (Valentinuzzi & Leder, 2009), voir la figure 74. Ces bâtiments se sont répandus au-delà de l'Europe, notamment en Afrique et en Asie, à travers les conquêtes coloniales (Lorente & Martín-Gómez, 2017).



Figure 74 : l'hôpital ancien Santa Maria Nuova à Florence en Italie ; Source : <https://www.alamy.it/>

Sur le plan organisationnel, les hôpitaux anciens présentent une structure rigide qui complique leur adaptation aux exigences contemporaines. Les matériaux utilisés, majoritairement traditionnels, sont à l'origine de dégradations fréquentes, mais offrent également des avantages environnementaux intéressants, notamment, les murs épais en pierre qui permettent une isolation thermique et acoustique naturelle, réduisant les besoins en énergie (Kristianova, 2017; Lorente & Martín-Gómez, 2017). Toutefois, leurs structures sans acier les rendent vulnérables aux séismes et aux charges dynamiques. Par ailleurs, l'introduction d'appareils médicaux modernes, souvent lourds et vibrants, nécessite des études et des renforcements structurels pour éviter des défaillances (Garg, 2024). Malgré ces limites, ces hôpitaux conservent une valeur patrimoniale importante, et les interventions de réhabilitation s'efforcent souvent de préserver leur identité historique tout en introduisant des améliorations techniques minimales (Wallis et al., 2019; Радченко, 2022).

b) Les hôpitaux nouveaux

Les hôpitaux nouveaux, construits à partir de la seconde moitié du 20^e siècle, traduisent les avancées architecturales, technologiques et médicales. Ces établissements incarnent une architecture de paix, marquée par une flexibilité fonctionnelle et une optimisation des espaces. L'utilisation de l'acier et du béton armé dans les structures a permis de concevoir des bâtiments en élévation, avec des portées importantes et des porte-à-faux, répondant aux normes antisismiques et permettant des réaménagements futurs en fonction des besoins (Lorente & Martín-Gómez, 2017; Garg, 2024).

Sur le plan esthétique, ces établissements privilégient une architecture fonctionnelle, parfois jugée froide et déshumanisée. Les éléments décoratifs des hôpitaux anciens ont été remplacés par des designs simples et standardisés (Valentinuzzi & Leder, 2009), voir la figure 75. Cependant, cette tendance évolue avec les hôpitaux contemporains, qui intègrent des façades en double peau, des murs rideaux, et des rappels à l'architecture traditionnelle comme les moucharabiehs. Ces solutions allient fonctionnalité, esthétique, et innovations technologiques, offrant des améliorations notables (Astley et al., 2015; Wallis et al., 2019; Радченко, 2022).

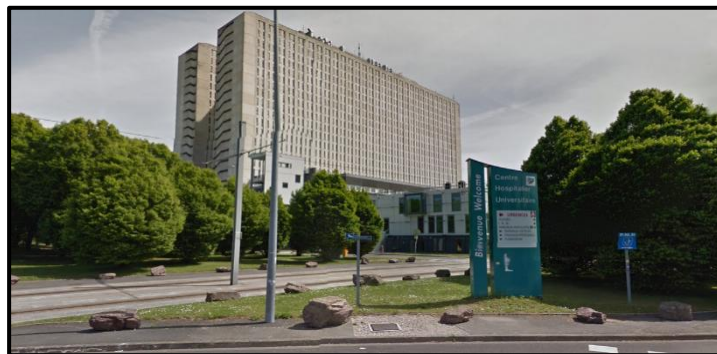


Figure 75 : L'hôpital bloc de Caen ; Source : <https://www.leparisien.fr/>

Cependant, ces hôpitaux sont critiqués pour leur manque de qualité environnementale. Contrairement aux hôpitaux anciens qui utilisaient des matériaux locaux et des techniques passives (murs épais, gestion naturelle de la lumière et de la ventilation), les hôpitaux nouveaux adoptent des matériaux industriels et des systèmes de climatisation gourmands en énergie. Ce manque d'intégration environnementale constitue une faiblesse majeure qui nécessite des améliorations, notamment pour répondre aux enjeux de durabilité et de confort (Kristianova, 2017).

5.4.4. Selon la fonction

La classification des structures de santé selon leur fonction regroupe une variété d'établissements allant des salles de soins primaires aux hôpitaux universitaires. Ces distinctions ne se limitent pas aux services offerts, mais prennent également en compte des

critères comme la taille, l'échelle d'activité et le rôle spécifique de chaque structure dans le système de santé. Ces typologies traduisent l'organisation progressive et hiérarchique des services médicaux et leur capacité à répondre à des besoins de santé variés et évolutifs. Cette classification permet d'appréhender non seulement la diversité des services offerts mais également les contraintes et atouts architecturaux propres à chaque type (Zamanian et al., 1^{apr.} J.-C.; Mays et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Рыбников et al., 2022).

a) Les centres des soins

Les centres des soins représentent des unités de base destinées à fournir des soins primaires et ponctuels à une population locale. Elles se concentrent sur des services simples, tels que les consultations générales, les vaccinations ou les premiers secours. Ces structures jouent un rôle essentiel, en particulier dans les zones rurales et sous-équipées.

Architecturalement, elles se caractérisent par des espaces compacts et fonctionnels, souvent limités à un étage d'une petite surface ou parfois à quelques étages, voir la figure 76. Leur échelle d'activité est locale, desservant une communauté spécifique. Leur simplicité architecturale et organisationnelle reflète leur mission de proximité, tout en réduisant les coûts d'implantation et de gestion (Zamanian et al., 1^{apr.} J.-C.; Mays et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Рыбников et al., 2022; Moscatelli, 2022).



Figure 76 : Centre des soins De Virieu à Bourgoin-Jallieu ; Source : <https://www.orsac.fr/>

b) Les polycliniques

Les polycliniques sont des structures intermédiaires offrant une gamme élargie de services médicaux. Elles regroupent plusieurs spécialités médicales, et sont généralement situées dans des zones urbaines ou semi-urbaines.

Ces établissements de taille moyenne, voir la figure 77, sont conçus pour accueillir un nombre important de patients. Leur organisation inclut des espaces dédiés aux consultations spécialisées, aux diagnostics et, dans certains cas, à des interventions mineures. Leur échelle

d'activité est sectorielle, desservant plusieurs localités ou quartiers (Zamanian et al., 1apr. J.-C.; Mays et al., 2010; Hutt et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Рыбников et al., 2022; Bezmyanny et al., 2024).



Figure 77 : Polyclinique Shifa à Jeddah ; Source : <https://shifajeddah.com/vision-mission/>

c) Hôpitaux généraux

Les hôpitaux généraux offrent une large gamme de services médicaux et chirurgicaux. Ces établissements polyvalents jouent un rôle central dans le système de santé en prenant en charge des pathologies variées, y compris les urgences.

Architecturalement, ils sont modulaires, avec des espaces dédiés à différents services tels que les diagnostics, les soins intensifs, ou encore l'hospitalisation. Ils sont souvent de grande taille, voir la figure 78, et leur échelle d'activité est généralement régionale, mais certains peuvent également fonctionner à l'échelle nationale. Ces hôpitaux doivent répondre à des flux importants de patients et de personnel, nécessitant une organisation fonctionnelle et flexible (Zamanian et al., 1apr. J.-C.; Mays et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Булах, 2019; Borsato & Carvalho, 2021; Рыбников et al., 2022).



Figure 78 : Centre hospitalière Pierre-Oudot à Bourgoin-Jallieu ; Source : <https://www.journees-ihf.com/>

d) Hôpitaux spécialisés

Les hôpitaux spécialisés se consacrent au traitement de pathologies spécifiques ou à des groupes de maladies, comme le cancer, les maladies mentales ou les affections respiratoires. Ils nécessitent une organisation spatiale adaptée aux besoins spécifiques de leurs patients.

Ces établissements, de taille moyenne à grande, voir la figure 79, s'intègrent dans un réseau de santé où les transferts de patients entre structures sont fréquents avec un rayon d'action généralement régional ou national, et leur mission inclut souvent des services de réhabilitation ou de soins de suite. La conception des hôpitaux spécialisés nécessite une coordination entre les architectes et les professionnels de santé, afin de répondre aux exigences techniques et organisationnelles propres à chaque spécialité (Zamanian et al., 1^{apr.} J.-C.; Mays et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Рыбников et al., 2022; van Wijngaarden et al., 2023).



Figure 79 : L'hôpital de Cancérologie de Lorraine ; Source : <https://www.unicancer.fr/>

e) Hôpitaux universitaires

Les hôpitaux universitaires sont les établissements de santé les plus grands et les plus complexes. En plus de leur rôle de soins, ils se consacrent à la recherche et à l'enseignement, ce qui les place au sommet de la hiérarchie des structures de santé.

Ces hôpitaux de très grande taille disposent d'équipements de pointe pour le diagnostic et la thérapie, voir la figure 80, tout en accueillant des étudiants et des chercheurs. Leur organisation spatiale intègre des espaces cliniques, des laboratoires, et des amphithéâtres, nécessitant une planification spécifique pour éviter les conflits entre ces différentes fonctions. Le rayonnement des hôpitaux universitaires est national et souvent international, en raison de leur rôle central dans le développement de nouvelles approches médicales et scientifiques (Zamanian et al., 1^{apr.} J.-C.; Mays et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Рыбников et al., 2022).



Figure 80 : l'hôpital universitaire Henri-Mondor à Créteil : <https://www.rabotdutilleul.com/>

5.5. L'architecture et la promotion de la santé : rôles et enjeux

L'architecture hospitalière joue un rôle clé dans la promotion de la santé en conciliant les exigences techniques et le bien-être des usagers. L'architecte agit comme médiateur, collaborant avec divers experts pour concevoir des espaces adaptés aux besoins médicaux et humains. L'environnement physique influence directement la santé des patients et du personnel, en optimisant des éléments comme la lumière, la ventilation et l'acoustique. Les principes d'aménagement hospitalier incluent la fluidité de circulation, l'accessibilité universelle, la modularité et l'intégration de technologies modernes. L'humanisation des espaces repose sur l'insertion d'espaces verts, des ambiances accueillantes et la réduction des nuisances sonores. Enfin, la durabilité et la résilience des hôpitaux s'appuient sur des pratiques écologiques et des structures capables de faire face aux crises sanitaires et catastrophes naturelles, voir l'annexe 1.

6. L'architecture hospitalière en Algérie : évolution et organisation

6.1. Aperçu général sur la santé en Algérie : Racines et évolution historique

6.1.1. Les racines historiques de la pratique médicale en Algérie

a) Période antique et préislamique

La pratique médicale en Algérie remonte à l'Antiquité. Dès 46 avant J.-C., la médecine était exercée sous l'influence des Numides. Juba Ier, roi de Numidie, employait le médecin Euphorbe. Ces premiers systèmes de soin étaient basés sur des connaissances empiriques et des traitements liés aux plantes médicinales locales (Quezel & Gast, 1997; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

b) Apports de la médecine Arabo-Islamique

L'arrivée de l'islam au VIIe siècle a transformé la pratique médicale en Afrique du Nord. Les médecins de cette époque, influencés par des figures comme Avicenne et Al-Razi, ont introduit des traitements organisés et des principes scientifiques dans les soins. Cependant, en Algérie, cette tradition s'est progressivement réduite sous l'effet des invasions successives et du déclin des structures administratives ottomanes, ce qui a confiné la médecine à une pratique populaire et traditionnelle (Baichi, s. d.; Bouaziz, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

6.1.2. Transformation radicale sous la colonisation française « 1830-1962 »

a) Naissance de la médecine moderne

Avec le débarquement de l'armée française en 1830, la médecine moderne occidentale a été introduite dans un cadre strictement militaire et colonial, voir la figure 81.

En 1831, l'école de médecine d'Alger fut créée par Baudens pour former des officiers de santé. En 1855, cette institution devint l'École de médecine et de chirurgie d'Alger, transformée en faculté mixte de médecine et de pharmacie en 1909. Bien que ces développements aient introduit la médecine moderne en Algérie, le système était largement biaisé (Huard, 1960; Baichi, s. d.; Bouaziz, s. d.; Clark, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

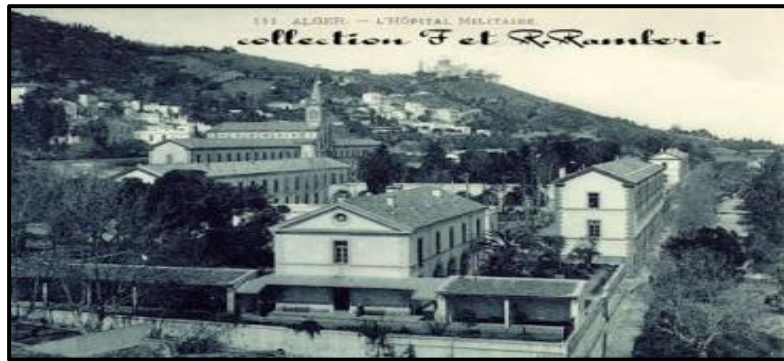


Figure 81 : transformation de la mosquée de Sidi Yacoub située à la porte de Bab El Oued ainsi que le magasin de poudre du Dey en hôpital militaire ;
Source : larbi Abid, 2008 . Bouaziz, s. d.

b) Disparités coloniales

Les infrastructures étaient conçues pour servir les Européens, avec une couverture minimale pour la population indigène. La majorité des soins fournis aux Algériens était gérée dans le cadre de l'Assistance Médicale Gratuite « AMG », souvent de qualité inférieure, voir les figures 82 et 83. Cette période a également été marquée par l'utilisation de la médecine comme outil politique. Les médecins de colonisation avaient pour mission non seulement de fournir des soins, mais aussi de pacifier les populations locales et de justifier la présence française (Huard, 1960; Baichi, s. d.; Bouaziz, s. d.; Clark, s. d.; larbi Abid, 2008; L. Abid & Medjahed, 2022; Bahlouli & Remaoun, 2012).



Figure 82 : Création des Bureaux Arabes pour contenir la population indigène ;
Source : Bouaziz, s. d.



Figure 83 : Construction de l'hôpital à Djelfa de 130 lits dans le cadre de séduction de la population du Sud Algérien en 1918 ; Source : Bouaziz, s. d.

c) Médecine coloniale et résistance

Malgré quelques initiatives éducatives destinées à former des médecins indigènes, voir la figure 84,85 et 86, les discriminations systémiques limitaient l'accès à une formation complète. Les Algériens devaient souvent se contenter de rôles subalternes ou étaient exclus des responsabilités médicales significatives (Huard, 1960; Baichi, s. d.; Bouaziz, s. d.; Clark, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

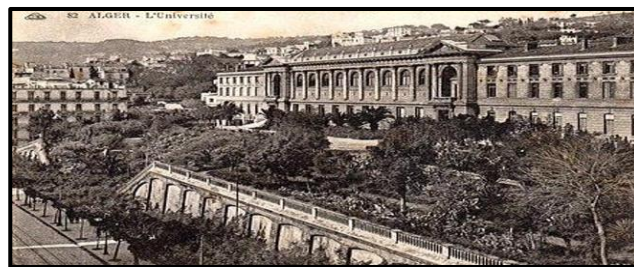


Figure 84 : Faculté de médecine d'Alger en 1906 ; Source : Bouaziz, s. d ; Abid & Medjahed, 2022



Figure 85 : Promotion 1902 des médecins de la colonisation ; Source : Bouaziz, s. d.



Figure 86 : Diplôme d'un médecin formé à l'université d'Alger pendant la colonisation ; Source : Bouaziz, s. d.

6.1.3. Défis de la santé au lendemain de l'indépendance « 1962-1972 »

a) Héritage colonial déséquilibré

Au lendemain de l'indépendance, l'Algérie hérita d'un système médical profondément inégalitaire. Les infrastructures sanitaires étaient concentrées dans les zones urbaines, et la répartition géographique était déséquilibrée. Sur les 2 500 médecins présents avant l'indépendance, seuls 600 restèrent, dont à peine 300 étaient Algériens (Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

b) Reconstruction nationale

Face à cette pénurie, la priorité fut donnée à la formation accélérée des professionnels de santé et à l'élargissement de l'accès aux soins dans les zones rurales. Parallèlement, des efforts massifs furent engagés pour lutter contre les maladies transmissibles, telles que la tuberculose et le paludisme. En 1974, l'instauration de la gratuité des soins a été un tournant majeur, permettant une démocratisation de l'accès à la santé tout en posant les bases d'un système national de santé (Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

6.1.4. Développement rapide et modernisation « 1973-1992 »

a) Expansion des infrastructures

La période entre 1973 et 1992 a été caractérisée par une expansion rapide des infrastructures médicales et une modernisation du système de santé. De nombreux hôpitaux et centres de santé ont été construits, et 13 centres hospitalo-universitaires « CHU » ont vu le jour, jouant un rôle central dans les soins, la formation et la recherche (Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

b) Transition épidémiologique

Parallèlement, une transition épidémiologique s'est amorcée, marquée par une diminution des maladies transmissibles grâce aux campagnes de vaccination et aux améliorations en matière d'hygiène publique. Cependant, cette période a également vu l'émergence de pathologies chroniques, telles que le diabète et les maladies cardiovasculaires, reflet des changements sociétaux et économiques (Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

6.1.5. Défis et réformes contemporains « 1993 à nos jours »

a) Double transition démographique et épidémiologique

La double transition démographique et épidémiologique a posé de nouveaux défis, notamment le vieillissement de la population et la prévalence accrue des maladies non transmissibles (larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

b) Réformes hospitalières basé sur « la promotion de la santé »

Depuis 1993, l'Algérie a engagé des réformes hospitalières majeures visant à moderniser le système de santé. Ces réformes incluent la réorganisation des hôpitaux, l'amélioration des équipements médicaux et l'accent mis sur la qualité et la sécurité des soins. (Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012; L. Abid & Medjahed, 2022).

c) Intégration du secteur privé

Bien que le secteur privé ait joué un rôle croissant dans l'offre de soins, cela a également accentué les inégalités d'accès pour les populations moins favorisées. Pour relever ces défis, des stratégies d'amélioration des soins primaires, de télémédecine et de formation continue ont été mises en avant, ainsi qu'à travers des subventions et des conventions établies avec les différentes institutions étatiques, notamment l'assurance social, et voir même non étatique, ce qui sert à réduire le prix des services fournis et parfois les rendent gratuits ou à coût symbolique, mais leur mise en œuvre reste réduite, notamment en ce qui concerne la catégorie de la pollution en chômage (larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012).

6.2. Politiques de santé et stratégies nationales en Algérie

6.2.1. Organisation et structure du système de santé : rigide et centralisé

a) Échelon central : le cadre décisionnel stratégique

L'échelon central est dominé par le Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière « MSPRH », qui représente l'autorité principale en matière de santé publique en Algérie, voir la figure 89 et la figure 9 dans l'annexe 1. Ce niveau a pour rôle de définir, d'évaluer et de superviser les politiques nationales de santé. Les principales missions du MSPRH, telles que définies dans le journal officiel de 2011, incluent :

- Élaboration de la politique nationale de santé : création de stratégies de prévention, de soins, et de lutte contre les maladies transmissibles et non transmissibles.
- Gestion et régulation des ressources : organisation du système national de santé, établissement des cartes sanitaires et planification des infrastructures.

- Supervision des institutions sous tutelle : Institut Pasteur, Pharmacie Centrale des Hôpitaux, Institut National de Santé Publique... etc.
- Réglementation : contrôle de l'exercice des professions de santé, élaboration de la politique pharmaceutique, et gestion des dispositifs médicaux (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

b) Échelon intermédiaire : coordination et adaptation régionale

L'échelon intermédiaire est assuré par :

- Les Conseils Régionaux de la Santé « CRS » : créés en 1995, ces organes consultatifs regroupent plusieurs wilayas et ont pour mission de :
 - Coordonner les actions sanitaires entre les différents secteurs.
 - Élaborer des programmes régionaux adaptés aux spécificités locales, basés sur les données épidémiologiques et les priorités nationales.
 - Suivre et évaluer les politiques sanitaires régionales.
- Les Observatoires Régionaux de la Santé « ORS » : également créés en 1995, ils jouent un rôle clé dans la collecte et l'analyse des données sanitaires, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées au niveau régional. Ils sont directement rattachés à l'Institut National de Santé Publique.

Ces structures régionales permettent de relayer les politiques nationales tout en les adaptant aux contextes spécifiques des cinq grandes régions sanitaires, voir la figure 87 : Centre, Est, Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

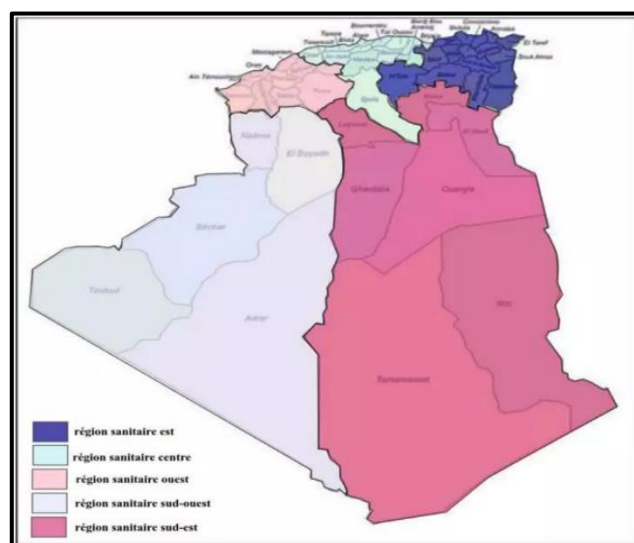


Figure 87 : les régions sanitaires en Algérie ; Source : Kirati, s. d.

c) Échelon local : mise en œuvre opérationnelle

Au niveau local, les Directions de la Santé et de la Population « DSP », présentes dans chaque wilaya, sont responsables de la mise en œuvre concrète des politiques sanitaires, voir la figure 88. Leurs missions incluent :

- La gestion des infrastructures sanitaires locales, telles que les Établissements Publics de Santé de Proximité « EPSP » et les Établissements Publics Hospitaliers « EPH ».
- La collecte de données pour alimenter les ORSs et le MSPRH.
- L'organisation des campagnes de santé publique, notamment en matière de vaccination et de prévention (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

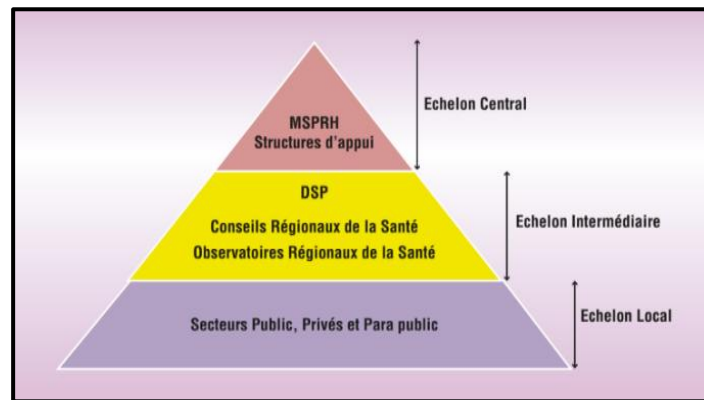


Figure 88 : pyramide des échelons sanitaire en Algérie ; Source : Institut National de Santé Publique, 2011

6.2.2. Organisation médicale du système de santé : filtrage des besoins médicaux

La hiérarchisation médicale repose sur une stratification des soins en niveaux, voir la figure 89, chaque niveau repose sur des infrastructures sanitaires adaptés à ses besoins, avec une relation et une collaboration entre les niveaux qui est concrétisée à travers l'évacuation des patients d'un niveau à l'autre à travers les ambulances (Iarbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012).

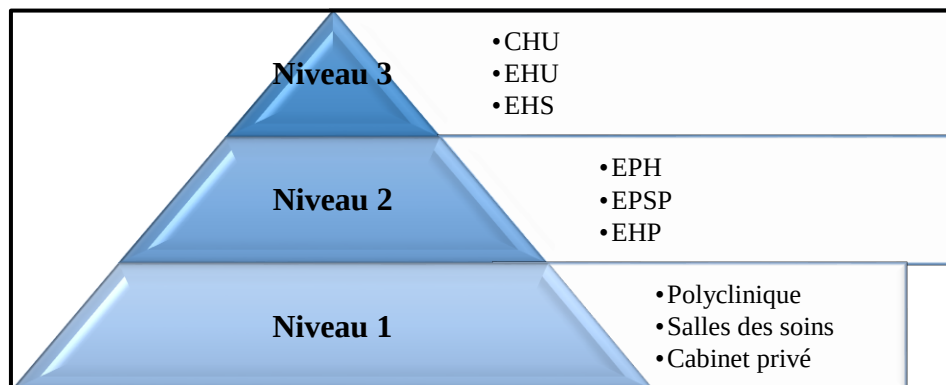


Figure 89 : organisations des niveaux des soins en Algérie ; Source : Bahlouli & Remaoun, 2012

Tel que :

- Niveaux 1 : Soins primaires : assurés par les salles de soins, centres de santé, polycliniques et Cabinets privés.
- Niveau 2 : Soins secondaires : pris en charge par les hôpitaux généraux et les hôpitaux de proximité, ainsi que les hôpitaux ou cliniques privés.
- Niveau 3 : Soins tertiaires : gérés par les centres hospitalo-universitaires « CHU » ou les établissements hospitalo-universitaires « EHU » et parfois par les hôpitaux spécialisés « EHS », surtout pour la prise en charge des cas complexes, avec des missions de recherche et de formation (larbi Abid, 2008; Bahlouli & Remaoun, 2012).

6.2.3. Organisation sectoriel et financement

a) Le secteur privé : aide et diversité d'offres

Le secteur privé en Algérie joue un rôle croissant dans l'offre de soins, complétant les insuffisances du secteur public. Il se compose de cliniques, laboratoires et cabinets médicaux, répondant aux besoins d'une population en quête de services rapides et de qualité supérieure. La fonction libérale du secteur lui permet de s'adapter aux lois du marché, avec des tarifs déterminés en fonction de la demande et de la concurrence. Cependant, cette liberté engendre des inégalités d'accès, avec des services concentrés dans les zones urbaines et peu accessibles pour les populations rurales.

Le financement du secteur privé repose sur des investissements individuels ou corporatifs, mais également sur des partenariats avec l'État pour certains programmes spécifiques, comme les campagnes de prévention. Bien qu'il contribue à diversifier l'offre de soins, il reste limité par une régulation insuffisante et un manque d'intégration dans la stratégie nationale (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

b) Le secteur parapublic : une participation limitée

Ce secteur est constitué de centres médicaux sociaux « CMS » financés par des entreprises publiques et des mutuelles. Bien que leur rôle soit limité, ces centres participent à la prise en charge de populations spécifiques, comme les travailleurs affiliés à des caisses sociales, en réduisant la pression sur les infrastructures publiques (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

c) Le secteur public : accessibilité universel et gratuité des soins

Le secteur public constitue le cœur du système de santé algérien et qui est basé sur la gratuité des soins. Depuis l'indépendance, l'État a investi massivement dans des infrastructures pour garantir l'accès universel aux soins. Organisé en trois niveaux : soins de base, hôpitaux généraux et centres hospitalo-universitaires ; il vise à assurer une couverture sanitaire complète et équitable. Cependant, le système souffre de défis structurels majeurs, tels qu'une mauvaise répartition géographique des infrastructures, un financement insuffisant, et une surcharge des hôpitaux (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012).

Depuis la réforme de 2018 « loi n° 18-11 », le système public a introduit des mécanismes pour renforcer les soins de proximité et la régulation, bien que la mise en œuvre sur le terrain reste limitée (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2018).

6.3. Importance des infrastructures public de santé

6.3.1. Infrastructure public : dominance et priorité

L'infrastructure publique représente le socle du système de santé algérien et est considérée comme un outil essentiel pour atteindre les objectifs nationaux en matière de santé publique. Depuis l'indépendance, l'État algérien a fait de la santé publique une priorité et une prédominance constitutionnelle, la Loi 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé, qui reste active jusqu'aujourd'hui, stipule que « *Le système national de santé est caractérisé par: la prédominance et le développement du secteur public* » ; ce qui a conduit à un investissement massif dans les infrastructures publiques pour garantir l'accès universel aux soins et assurer la prévention des maladies (OULD-KADA, 2010, 2023).

6.3.2. Infrastructures hospitalière public algérienne : Variété typologique

Le système de santé algérien repose sur un réseau diversifié d'infrastructures hospitalières, qui répondent à une stratification hiérarchique bien définie et à une variété de typologies adaptées aux besoins sanitaires de la population. En 2009, le pays comptait 7 681 infrastructures hospitalières et extra-hospitalières, réparties entre salles de soins, polycliniques, maternités, et hôpitaux publics, voir le tableau 1, reflétant une couverture sanitaire étendue (OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Ait-Mohand, 2017).

Chapitre II : l'établissement public hospitalier

Tableau 1 : nombre des hôpitaux public en Algérie en 2009 ; Source : OULD-KADA, 2010 ; Institut National de Santé Publique, 2011 ; Ait-Mohand, 2017

Nature	Infrastructures Extra-hospitalières				Infrastructures d'hospitalisation			
Typologies d'établissement	SS	POLY	MP	EPSP	EPH	EHS	CHU	EHU
Nombres (en 2009)	5258	1436	427	261	219	65	14	1
Nombre totale (2009)	7681							

a) Les salles ou centres de soins

Les salles de soins constituent le premier point de contact entre les citoyens et le système de santé. Ces unités, souvent situées dans les zones rurales et éloignées, voir la figure 90, offrent des soins de base tels que les consultations générales, la vaccination, et les premiers secours. Leur objectif principal est de fournir une couverture sanitaire minimale et d'assurer un lien direct avec les établissements de santé de niveau supérieur (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 90 : Deux exemples des salles de soins en Algérie, à gauche salles des soins Hanfoug Amar à el-Hassi-Batna et à droite salles des soins Baz Houssine à Djimla-Jijel

b) Etablissements publics de la santé de proximité « EPSP »

Les EPSPs regroupent des structures légères comme les salles de soins et les polycliniques, voir la figure 91. Ces établissements visent à rapprocher les soins de la population en offrant une prise en charge rapide des cas simples et des services préventifs. Leur rôle est particulièrement important dans les régions rurales et locales. Ils représentent un niveau intermédiaire dans la hiérarchie des soins locaux. Elles regroupent des services variés tels que la médecine générale, la pédiatrie, et la médecine préventive. Les EPSPs jouent un rôle essentiel dans le désengorgement des hôpitaux, en prenant en charge les consultations spécialisées et les soins ambulatoires (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 91 : établissement public de santé de proximité El Yasmine- Seddikia ; Source : <https://candz.dz/>

c) Etablissements publics hospitalières « EPH/EHP »

Les EPHs assurent la prise en charge des soins secondaires, notamment les urgences, les hospitalisations générales, et les interventions chirurgicales, voir la figure 92. Ils constituent le support opérationnel des services hospitaliers en Algérie (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 92 : L'EPH El Hakim Okbi Guelma

d) Etablissements hospitalières spécialisés « EHS »

Les EHSs répondent aux besoins spécifiques dans des domaines médicaux tels que la cancérologie, la psychiatrie, ou la neurochirurgie, voir la figure 93. Ces établissements offrent des traitements spécialisés et accueillent des cas complexes qui nécessitent une expertise avancée (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 93 : Centre Anti Cancer CAC de Sétif ; Source : <https://www.algerie62.dz/>

e) Centres hospitalo-universitaires « CHU »

Les CHUs jouent un triple rôle dans le système de santé algérien : fournir des soins tertiaires, former les professionnels de santé, et mener des recherches médicales. Ces structures sont localisées dans les grandes villes, voir la figure 94, et sont souvent perçues comme des centres d'excellence (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 94 : CHU Ibn Rochd-Annaba ; Source : <https://elwatan-dz.com/>

f) L'établissement hospitalo-universitaire « EHU »

L'EHU, implanté principalement à Oran, voir la figure 95, est une infrastructure unique qui combine les missions des CHU avec des projets spécifiques de recherche et de spécialisation (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).



Figure 95 : EHU à Oran ; Source : <https://www.horizons.dz/>

6.3.3. Rôle et missions dans le régime sanitaire

Les infrastructures publiques de santé jouent un rôle fondamental dans le système de santé algérien. Elles sont conçues pour répondre à plusieurs missions, en lien direct avec les objectifs nationaux de santé publique. Ces missions s'articulent autour de trois axes principaux : la prestation de soins, la prévention des maladies, et le soutien aux politiques nationales de santé (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

a) Rôle principal dans l'accès universel aux soins

Les infrastructures publiques, dominées par les EPSP, les EPH et les CHU, assurent une couverture sanitaire universelle à travers tout le territoire. Leur rôle est de garantir un accès équitable aux soins pour tous les citoyens, en mettant un accent particulier sur :

- Les soins primaires : Offrir des services de proximité tels que la vaccination, la médecine générale et les consultations pédiatriques.
- Les soins spécialisés : Fournir des services médicaux et chirurgicaux dans des domaines variés, tels que la cardiologie, l'oncologie, ou la psychiatrie.
- Les urgences médicales : Gérer les cas d'urgences grâce à un réseau bien structuré incluant des salles d'urgence dans les hôpitaux et des unités mobiles (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

b) Rôle dans la prévention et la santé publique

Les infrastructures publiques sont les principaux acteurs dans la mise en œuvre des programmes de prévention. Elles participent activement à :

- La lutte contre les épidémies : Surveillance et gestion des maladies transmissibles telles que le paludisme ou la tuberculose.
- Le dépistage précoce : Organisation de programmes nationaux pour détecter les maladies chroniques, comme le diabète et les cancers.
- La promotion de la santé : Campagnes de sensibilisation sur des thématiques comme l'hygiène, la nutrition, et la santé maternelle (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

c) Mission de soutien aux politiques nationales

Les infrastructures publiques jouent un rôle clé dans l'exécution des politiques de santé définies par le MSPRH. Cela inclut :

- L'alignement sur la carte sanitaire : Répartition stratégique des établissements en fonction des besoins régionaux.
- La réduction des disparités régionales : Construction de nouvelles infrastructures dans les zones sous-desservies.
- Le soutien à la recherche et à la formation : Les CHU, en particulier, sont impliqués dans la formation des professionnels de santé et dans la recherche médicale pour

améliorer les pratiques et les traitements (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7. Importance des établissements publics hospitaliers « EPH »

7.1. La base opérationnelle des stratégies sanitaires nationales

Les EPHs occupent une position stratégique dans le système de santé algérien, en tant que principal fournisseur de soins hospitaliers généraux et spécialisés à l'échelle local. Ils représentent aussi le niveau intermédiaire entre soins primaires et les soins tertiaires. Leur rôle est essentiel pour atteindre les objectifs de la politique nationale de santé, notamment l'accessibilité et la qualité des soins (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7.2. Missions principaux et services fournis : médicaux, chirurgicaux et formation

Les EPHs assurent une variété de services médicaux et chirurgicaux, allant des urgences aux hospitalisations prolongées. Parmi leurs missions clés :

- Soins médicaux généraux et spécialisés : Diagnostic, traitement, et suivi des maladies courantes et chroniques.
- Interventions chirurgicales : Services de chirurgie générale, obstétrique, et orthopédie, entre autres.
- Formation : Les EPHs participent également à la formation des étudiants en médecine et en soins infirmiers, en collaboration avec les CHU (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7.3. Relation avec la population locale et la ville

7.3.1. Intégration avec dans la ville

Les EPHs sont souvent situés dans des zones stratégiques des villes, facilitant l'accès pour les populations environnantes. Leur implantation vise également à renforcer le tissu urbain, en intégrant des services de santé dans des quartiers à forte densité démographique (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7.3.2. Missions adaptés aux besoins de la ville et la population locale

Les EPHs adaptent leurs services aux caractéristiques de leur région. Le nombre des EPHs dans une ville peut être au moins un, parfois plus selon les données démographiques de la population, ce qui l'attribue une vaste application dans le pays. Une autre adaptation par rapport aux données épidémiologiques de la ville peut être prise en considération, notamment :

- En milieu urbain : prise en charge des maladies chroniques et gestion des urgences.
- En milieu industriel : divers services liés aux accidents de travail.
- En milieu rural : médecine préventive et les soins de base (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7.4. Relations avec les autres infrastructures sanitaires

7.4.1. Pole opérationnel local : sommet de la santé local

Les EPHs représentent souvent la structure sanitaire la plus avancée au niveau local. En tant que tels, ils sont considérés comme le sommet de la pyramide sanitaire locale, avec des responsabilités qui dépassent la simple prestation de soins :

- Coordination locale des soins :
 - Les EPHs supervisent les Établissements Publics de Santé de Proximité (EPSP) et d'autres structures locales comme les salles de soins et les polycliniques.
 - Ils agissent comme des centres de référence pour les cas nécessitant une expertise ou des équipements non disponibles dans les structures de base.
 - Ils servent également de points d'entrée pour les patients nécessitant une prise en charge hospitalière ou des interventions complexes.
- Gestion des urgences :
 - Les EPHs sont souvent équipés d'unités d'urgence qui permettent une réponse immédiate aux accidents et maladies aiguës.
 - Ils assurent un accès rapide aux soins spécialisés pour les populations locales.
- Soutien logistique et technique :
 - En tant que pôle, les EPHs fournissent un soutien aux structures locales en termes de personnel médical, d'équipements spécialisés, et de médicaments.
 - Ils sont également impliqués dans la formation continue du personnel travaillant dans les EPSPs (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA,

2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

7.4.2. Rôle d'intermédiaire : filtrage et évacuation

Les EPHs jouent un rôle essentiel en tant qu'intermédiaires dans le système de santé algérien. Ils assurent un double rôle de filtrage et d'évacuation, garantissant une prise en charge adaptée des patients et une répartition efficace des ressources médicales.

➤ Filtrage :

- Les EPHs reçoivent les patients référés par les EPSPs et les structures de soins primaires pour des traitements ou des diagnostics plus avancés.
- Leur fonction de filtrage permet de traiter localement les cas qui ne nécessitent pas une expertise hautement spécialisée, évitant ainsi une surcharge des CHUs.
- Les pathologies courantes, les interventions chirurgicales générales et les hospitalisations de courte durée sont généralement gérées au niveau des EPHs.

➤ Évacuation :

- Les EPHs assurent également la réorientation des patients vers des structures de niveau supérieur, comme les CHUs ou les EHSs, lorsque les cas nécessitent une expertise ou des équipements non disponibles localement.
- Ce processus est essentiel pour garantir une prise en charge optimale des cas complexes, tout en maintenant l'efficacité des ressources locales.
- Les évacuations sont organisées en coordination avec les CHUs, souvent pour des spécialités telles que la neurochirurgie, la cancérologie, ou les soins intensifs.

➤ Lien entre les niveaux de soins :

- Les EPH jouent un rôle de liaison dynamique entre les soins primaires et les soins tertiaires.
- En tant que points d'interconnexion, ils participent également à la collecte et au transfert d'informations médicales, ce qui facilite une prise en charge coordonnée et efficace (Kirati, s. d.; Baichi, s. d.; larbi Abid, 2008; OULD-KADA, 2010; Institut National de Santé Publique, 2011; Bahlouli & Remaoun, 2012; Ait-Mohand, 2017; OULD-KADA, 2023).

Conclusion

L'établissement public hospitalier joue un rôle central dans l'organisation des systèmes de santé en garantissant un accès équitable aux soins et en répondant aux besoins croissants des populations. Sa structuration repose sur un cadre juridique et administratif rigoureux qui définit ses missions, ses modes de gestion et son intégration dans le paysage sanitaire national. En tant qu'acteur clé du service public, il s'inscrit dans une dynamique d'amélioration continue pour répondre aux évolutions médicales, technologiques et sociétales.

Au-delà de sa fonction première de soins, l'hôpital public participe activement à la formation des professionnels de santé et à la recherche médicale, contribuant ainsi à l'innovation et à l'amélioration des pratiques hospitalières. Son rôle dépasse donc le simple accueil des patients puisqu'il influence directement les politiques de santé publique et la répartition territoriale des services médicaux.

L'architecture hospitalière et l'aménagement des espaces de soins sont également des éléments déterminants dans l'efficacité des établissements hospitaliers. L'organisation spatiale, la gestion des flux, l'ergonomie des espaces et l'intégration des nouvelles technologies influencent la qualité des soins et le confort des patients. Aujourd'hui, l'hôpital doit répondre à des exigences croissantes en matière de durabilité, d'accessibilité et d'humanisation des espaces, ce qui impose une adaptation permanente des infrastructures aux enjeux contemporains.

Ainsi, l'étude des établissements publics hospitaliers permet de mieux comprendre leur impact sur le territoire, leur évolution et les défis qu'ils doivent relever. Entre exigences économiques, avancées technologiques et transformations démographiques, ces structures doivent sans cesse s'adapter pour assurer un équilibre entre performance, accessibilité et qualité des soins. L'amélioration de l'organisation hospitalière et de l'architecture des espaces de santé constitue donc un enjeu majeur pour l'avenir des systèmes de soins et la prise en charge des populations.

Chapitre III : Le confort acoustique dans le bâtiment hospitalier « État de l'art »

Introduction

Le confort acoustique dans les bâtiments hospitaliers constitue un enjeu majeur pour le bien-être des patients, l'efficacité du personnel soignant et la qualité des soins prodigués. En effet, les hôpitaux sont des environnements où le bruit, souvent sous-estimé, peut avoir des conséquences néfastes sur la santé, le rétablissement des patients et la concentration du personnel médical. L'augmentation constante des niveaux sonores dans les établissements de santé, due aux équipements médicaux, aux interactions humaines et aux infrastructures, nécessite une prise de conscience et une gestion rigoureuse.

Ce chapitre propose un état de l'art du confort acoustique hospitalier en abordant les sources du bruit, ses impacts sur les usagers et les approches réglementaires et normatives en vigueur. Il a mis en lumière les défis liés à la pollution sonore en milieu hospitalier et explore les solutions d'atténuation envisageables pour garantir un environnement propice aux soins et à la récupération des patients.

1. Phénomène du bruit dans le monde : défis et enjeux

Le bruit constitue aujourd'hui une problématique environnementale et sociétale majeure à l'échelle mondiale. Défini comme un son indésirable ou nuisible, il affecte aussi bien la qualité de vie des populations que la santé publique. L'urbanisation croissante, l'industrialisation et l'intensification des transports ont engendré une augmentation significative des niveaux sonores dans les espaces de vie et de travail. Toutefois, cette problématique n'est pas nouvelle : dès l'Antiquité, des mesures étaient prises pour limiter les nuisances sonores.

1.1. Une problématique historique et contemporaine

Les sociétés humaines ont toujours cherché à réduire les nuisances sonores afin de préserver la qualité de vie des populations. Dès l'Antiquité, des règles étaient imposées à Rome pour réduire le bruit des chariots circulant sur les pavés. De même, au Moyen Âge, certaines villes européennes interdisaient la circulation nocturne des calèches afin de garantir la tranquillité publique.

Aujourd'hui, la pollution sonore est un problème omniprésent, amplifié par :

- L'essor du trafic routier : la multiplication des véhicules motorisés, l'utilisation de moteurs diesel bruyants et la congestion urbaine contribuent à des niveaux sonores élevés.

- Les infrastructures de transport : les aéroports, les lignes ferroviaires et les voies express sont sources de nuisances majeures, touchant des millions de riverains.
- Les activités industrielles et urbaines : les chantiers de construction, les usines, les équipements de loisirs et les dispositifs électroménagers domestiques génèrent des bruits constants, affectant les environnements résidentiels et professionnels (Berglund et al., 1999).

1.2. Enjeu de santé publique

L'OMS classe le bruit environnemental parmi les principaux agents nuisibles pour la santé humaine, avec des répercussions néfastes sur le bien-être physiologique et psychologique des individus exposés, voir le tableau 2. Parmi les effets délétères recensés, on distingue :

- Les troubles auditifs : une exposition prolongée à des niveaux sonores élevés entraîne une perte auditive progressive, des acouphènes et une hyperacousie, affectant la perception sonore et la communication sociale.
- Les effets physiologiques : des études épidémiologiques ont établi une corrélation directe entre l'exposition au bruit et l'augmentation du stress, de l'hypertension artérielle ainsi que des troubles cardiovasculaires, pouvant mener à des complications graves.
- Les conséquences psychologiques et cognitives : la pollution sonore perturbe le sommeil, engendre de l'anxiété, altère les capacités de concentration et réduit la productivité, notamment en milieu professionnel et scolaire (Berglund et al., 1999).

Tableau 2 : les effets des différentes nuisances sonore sur la santé humaine en chiffres ; Source : (RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023)

Nuisances / Pathologies	Très ennuyé	Sommeil très perturbé	Cas de maladies cardiaques	Décès prématurés
Circulation routière	14 400 000	3 700 000	33 600	8 900
Trafic ferroviaire	3 100 000	1 600 000	5 600	1 500
Trafic aérien	900 000	200 000	2 000	200

1.3. Le bruit en chiffres clés

L'évolution de la gestion de la pollution sonore en Europe, de 1999 à 2017, révèle à la fois des avancées notables et des défis persistants. L'initiative de la directive 2002/49/CE et les rapports subséquents ont permis de structurer une réponse collective, mais l'aggravation des expositions

entre 2002 et 2012 rappelle que la lutte contre le bruit demeure un chantier complexe, voir la figure 96, nécessitant des efforts renouvelés pour garantir une qualité de vie optimale aux citoyens.

1.3.1. Contexte initial « 1999 » : Un état des lieux préoccupant

À la fin du XXe siècle, la pollution sonore était déjà reconnue comme un enjeu de santé publique majeur en raison de son impact croissant sur les populations urbaines. En 1999, une étude menée à l'échelle européenne a révélé des chiffres préoccupants sur l'exposition au bruit environnemental, en particulier celui lié au trafic routier :

- 40 % de la population de l'Union européenne étaient exposés à des niveaux de bruit dépassant 55 dB(A) en journée, seuil à partir duquel des nuisances sonores peuvent être ressenties de manière significative.
- 20 % des citoyens européens subissaient des niveaux excédant 65 dB, une intensité considérée comme dangereuse pour la santé à long terme.
- 30 % des habitants étaient exposés à des niveaux nocturnes supérieurs à 55 dB, entraînant des perturbations du sommeil et des risques accrus de troubles cardiovasculaires et métaboliques.

Dans les pays en développement, la situation était encore plus critique. Les relevés effectués en milieu urbain le long des axes de circulation les plus fréquentés montraient des niveaux de bruit atteignant 75 à 80 dB sur une période de 24 heures, bien au-delà des seuils recommandés par les organismes internationaux.

Ces chiffres, déjà alarmants en 1999, ont incité à une prise de conscience progressive et à la mise en place de premières réglementations à l'échelle nationale et internationale pour mieux encadrer la gestion du bruit (Berglund et al., 1999).

1.3.2. La directive européenne 2002/49/CE et la collaboration des États membres

Consciente de l'urgence d'une action concertée, l'Union européenne a adopté en 2002 la directive 2002/49/CE, marquant une avancée significative dans la lutte contre la pollution sonore. Cette directive établissant un cadre réglementaire visant :

- Élaborer des cartes stratégiques du bruit permettant d'évaluer l'exposition des populations.
- Mettre en place des plans d'action pour réduire les nuisances sonores.

- Assurer une mise à jour quinquennale des données afin d'adapter les politiques publiques.

Cette approche collaborative, impliquant les 27 États membres, a permis d'harmoniser les stratégies nationales et de reconnaître le bruit comme une problématique influençant directement la qualité de vie (*DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN*, 2002).

1.3.3. Le premier rapport officiel de 2007

En 2007, la Commission européenne a publié son premier rapport officiel sur l'exposition au bruit, confirmant l'ampleur du phénomène et ses conséquences sur la santé publique. Ce rapport a notamment mis en évidence que :

- Le bruit du trafic routier constitue la principale source de pollution sonore.
- Les nuisances ferroviaires et aériennes suivraient en termes d'impact, bien que de manière moindre.
- Une minorité de la population était affectée par le bruit industriel, bien que ce facteur ne soit pas négligeable.

Ces résultats ont renforcé la nécessité de poursuivre et d'intensifier les efforts réglementaires pour mieux contrôler les nuisances sonores et limiter leurs effets négatifs (*RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT*, 2023).

1.3.4. Aggravation des tendances « 2012 » : L'échec relatif des politiques

Les données recueillies en 2012 ont révélé une aggravation des tendances, en particulier concernant l'exposition au bruit du trafic routier. Comparé aux chiffres de 2002, plus de 20 millions de personnes supplémentaires étaient exposés à un niveau sonore supérieur ou égal à 55 dB, portant le total à 95 millions de citoyens européens affectés.

- L'exposition au bruit ferroviaire et industriel a également augmenté, bien que de façon moins marquée.
- À l'inverse, l'exposition au bruit des avions a connu une légère diminution, probablement en raison de l'amélioration des technologies aéroportuaires et de la réglementation sur les trajectoires de vol.

Ces résultats ont mis en évidence les limites des politiques mises en place, soulignant la nécessité d'adopter des mesures plus strictes et mieux adaptées aux réalités urbaines en constante évolution (*RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT*, 2023).

1.3.5. Stabilisation relative « 2017 » : Un équilibre précaire et fragile

Les chiffres de 2017 ont montré une relative stabilisation de la situation sonore en Europe. Si l'exposition au bruit restait préoccupante, la progression enregistrée en 2012 semblait avoir été contenue.

- Une augmentation modérée du nombre de personnes exposées à des niveaux sonores élevés a été constatée, mais à un rythme moindre que lors de la décennie précédente.
- Cette tendance pourrait être obtenue aux mesures réglementaires mises en place et aux progrès technologiques dans le secteur des transports et de l'urbanisme.

Toutefois, cette stabilisation ne signifie pas que la problématique soit résolue. Le bruit environnemental demeure un défi de santé publique majeur, nécessitant un renforcement constant des stratégies d'atténuation et une vigilance accumulée dans les années à venir (RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023).

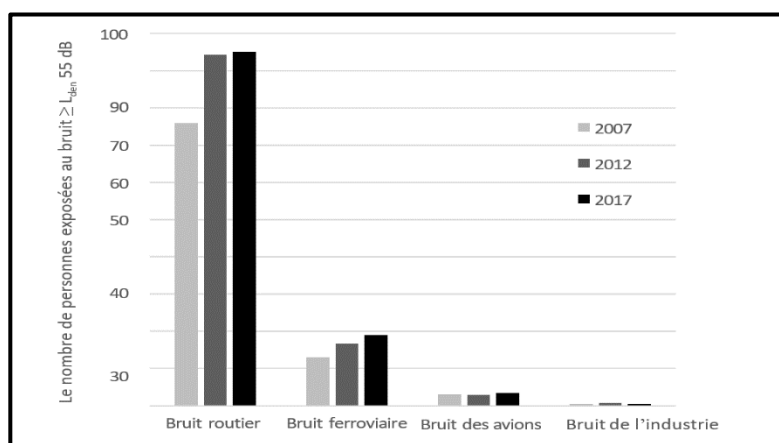


Figure 96 : le nombre de personnes, en millions, exposées au bruit depuis 2002 à 2023 selon le rapport de la commission du parlement européen ; Source : (RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT, 2023)

1.4. Les normes du bruit : un chaos international

De nombreuses études ont mis en évidence la diversité des normes internationales et européennes en matière d'isolation acoustique, notamment en ce qui concerne les descripteurs, les exigences réglementaires et les valeurs limites adoptées. Les travaux scientifiques de Birgit Rasmussen et de Maria Machimbarena, centrés sur le secteur du logement, ont particulièrement illustré cette hétérogénéité à travers l'analyse des différents descripteurs acoustiques, des systèmes de classification et des seuils réglementaires appliqués.

Dans ce perspective, l'initiative COST TU0901, menée sous la présidence de ces chercheurs, visait à établir une approche commune et harmonisée à l'échelle internationale pour l'évaluation de l'isolation acoustique des bâtiments. Ce programme, qui a réuni la participation de 35 pays,

a mis en lumière le manque de cohérence et la grande disparité des exigences acoustiques en vigueur. Il a ainsi abouti à la proposition de descripteurs standardisés et d'un système de classification allant de la classe A à la classe F, couvrant l'isolation aux bruits aériens, aux bruits d'impact ainsi que l'isolation des façades. Ces efforts ont servi de fondement à l'élaboration de la norme internationale ISO 19488, publiée en 2021. Toutefois, bien que ces initiatives constituent une avancée majeure en matière d'harmonisation des critères acoustiques, leur application demeure essentiellement académique, avec une mise en œuvre encore limitée et inégale à l'échelle internationale (Rasmussen, 2010, 2012; Machimbarrena et al., 2014; Rasmussen & Machimbarrena, 2014; Bourekba et al., 2023).

1.5. Les défis du contrôle du bruit

Malgré son impact reconnu, la pollution sonore reste souvent sous-estimée en raison de plusieurs obstacles :

- Manque de sensibilisation : les conséquences sanitaires du bruit sont encore peu connues du grand public et des décideurs.
- Difficultés d'évaluation : la variabilité des niveaux sonores et la diversité des sources de bruit rendent la mesure et la gestion du phénomène complexes.
- Application inégale des réglementations : les normes acoustiques varient d'un pays à l'autre et leur mise en application est souvent lacunaire.
- Coûts économiques élevés : l'adoption de matériaux absorbant et l'aménagement des infrastructures requièrent des investissements importants (Berglund et al., 1999; *DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN*, 2002; *RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT*, 2023).

2. Le confort acoustique dans les hôpitaux: un état de question de vulnérabilité

2.1. Problématique accrue et faible réaction

Les niveaux de bruit dans les hôpitaux continuent de croître de manière alarmante, mettant en évidence une problématique de plus en plus pressante, mais encore insuffisamment reconnue à l'échelle globale. Depuis 1960, les données montrent une progression constante des niveaux sonores dans les établissements hospitaliers, avec des valeurs qui atteignent aujourd'hui des seuils préoccupants. En 1960, les niveaux moyens « L_{Aeq} » mesurés étaient de 57 dBA pendant la journée et 42 dBA pendant la nuit, des valeurs déjà au-dessus des recommandations de l'OMS pour les environnements de soins. Cependant, en 2007, ces chiffres ont augmenté pour atteindre 72 dBA en journée et 60 dBA la nuit. La situation a continué de s'aggraver, et en 2015, les

niveaux maximaux mesurés « L_{AFmax} » ont enregistré des pics de 106 dBA, à la fois pendant le jour et la nuit, ce qui équivaut à des bruits de forte intensité similaires à ceux d'un concert (Busch-Vishniac et al., 2005; Joseph & Ulrich, 2007; Fredriksson et al., 2015).

Malgré ces augmentations spectaculaires, une prise de conscience globale reste limitée. Un rapport de l'Organisation mondiale de la santé publié en 2018 a révélé qu'à peine 4 % des études et des interventions sur le bruit en Europe concernaient les hôpitaux. Ce chiffre met en évidence une inadéquation flagrante entre l'ampleur du problème et les efforts déployés pour y remédier, en particulier dans les pays développés, où des moyens techniques et financiers pourraient être mobilisés pour améliorer la situation (Basner & McGuire, 2018; WHO, Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018).

2.2. Impact nocif du bruit sur la santé et le bien-être des usagers de l'hôpital

Le bruit constitue un facteur nuisible qui affecte directement la santé des différents usagers de l'hôpital, qu'il s'agisse des travailleurs, des visiteurs ou des patients. Ses effets varient selon les catégories d'usagers, mais convergent vers une même problématique : une atteinte à la qualité de vie et au bon fonctionnement des espaces hospitaliers.

2.2.1. Impact sur les visiteurs

Les visiteurs jouent un rôle important dans le processus de guérison des patients, en leur apportant un soutien moral et émotionnel. Cependant, les environnements hospitaliers bruyants altèrent leur expérience et leur bien-être.

Une étude récente a montré que les niveaux sonores élevés créent une atmosphère stressante pour les visiteurs (Paiva et al., 2019), rendant leurs interactions avec les patients plus difficiles et moins efficaces. Ce stress peut également nuire à leur santé mentale, particulièrement dans les situations émotionnellement sensibles, comme lors de visites à des patients en soins intensifs.

2.2.2. Impact sur les travailleurs

Les professionnels de santé sont parmi les plus exposés aux nuisances sonores, en raison de la nature dynamique et exigeante de leur environnement de travail. Les études montrent que cette exposition prolongée entraîne des conséquences notables :

- Stress professionnel accru : Le bruit amplifie les niveaux de stress chez les travailleurs hospitaliers, notamment lorsqu'ils doivent accomplir des tâches nécessitant une concentration élevée. En 2013, Wayne et Ryherd ont démontré que le bruit peut interférer

avec les processus cognitifs, entraînant une fatigue mentale et une diminution de la capacité à prendre des décisions rapides et efficaces (Waye & Ryherd, 2013).

- Baisse de productivité et erreurs médicales : Les niveaux sonores élevés dans les hôpitaux réduisent la productivité des soignants et augmentent les risques d'erreurs médicales. Ces erreurs peuvent survenir en raison de la mauvaise communication entre les équipes médicales dans des environnements bruyants (Loupa et al., 2019).
- Troubles de santé liés au bruit : Une étude menée aux Pays-Bas en 2020 a révélé que :
 - 38 % des travailleurs hospitaliers souffrent de maux de tête liés au bruit,
 - 32 % se disent insatisfaits de la qualité sonore de leur environnement de travail,
 - 36 % dénoncent un manque d'intimité acoustique, ce qui affecte leur concentration et leur confort (Eijkelenboom et al., 2020).

2.2.3. Impact sur les patients

Les patients, en tant que population la plus vulnérable dans l'environnement hospitalier, subissent les effets les plus graves des nuisances sonores.

- Troubles du sommeil et ralentissement de la récupération : Le sommeil est un facteur clé du processus de guérison. Cependant, les bruits d'alarmes, de conversations, ou d'équipements médicaux perturbent le sommeil des patients, ralentissant leur rétablissement. Deux études récentes confirment que cette perturbation est l'une des causes principales de la prolongation des séjours hospitaliers (Nassur, 2018; Y.-T. Lin et al., 2020).
- Effets physiologiques graves : Les études révèlent que l'exposition prolongée au bruit est associée à une augmentation des risques de troubles cardiovasculaires tels que l'hypertension artérielle. Ces effets sont particulièrement préoccupants pour les patients souffrant de pathologies cardiaques ou chroniques (Basner & McGuire, 2018; Mahdjoub-Assaad, 2018; Münzel et al., 2018).
- Impact psychologique et anxiété : le bruit peut aggraver les troubles psychologiques chez les patients, augmentant leur niveau d'anxiété et nuisant à leur bien-être général, notamment dans les unités psychiatriques ou de soins palliatifs (Jensen et al., 2019).

2.3. Les principales sources du bruit

Les hôpitaux sont des environnements complexes où le bruit provient d'une diversité de sources internes et externes. Ces sources peuvent être regroupées selon leur origine : humaine, mécanique, technologique ou environnementale.

2.3.1. Sources humaines

- Conversations : Les discussions entre le personnel médical, les patients et les visiteurs dans les couloirs ou les chambres génèrent une grande partie des nuisances sonores. Leur intensité dépend de la densité d'occupation et des horaires.
- Déplacements : Les bruits de pas, l'utilisation de chariots ou de fauteuils roulants sur des sols durs augmentent le niveau sonore ambiant, notamment dans les couloirs.
- Comportements accidentels : Chocs et impacts, la fermeture brutale des portes, la chute d'objets ou le déplacement de mobilier peut générer des bruits soudains et perturbateurs (Eijkelenboom et al., 2020; Lo Castro et al., 2022; Kulkarni, 2023; Elafifi et al., 2024).

2.3.2. Sources technologiques et mécaniques

- Appareils électroniques : Les bips, alarmes et vibrations des téléphones portables, tablettes et ordinateurs utilisés par le personnel et les patients augmentent la pollution sonore.
- Alarmes et notifications médicales : Les alarmes des moniteurs cardiaques, des pompes à perfusion et des respirateurs émettent des signaux sonores fréquents et parfois incessants, indispensables pour la sécurité mais perturbateurs.
- Interphones et systèmes de communication : Les messages diffusés par haut-parleurs ou interphones, souvent en boucle, créent une atmosphère bruyante.
- Équipements médicaux : L'utilisation d'équipements comme les scanners, IRM, respirateurs artificiels, et dispositifs de stérilisation produit des sons mécaniques constants ou intermittents.
- Systèmes de ventilation et climatisation (CVC) : Les bruits de fonctionnement des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation, surtout en cas de mauvais entretien, représentent une source continue de bruit de fond.
- Motorisations : Les moteurs, les portes automatiques et les annonces sonores associées aux ascenseurs ajoutent des nuisances dans les espaces partagés (Eijkelenboom et al., 2020; Lo Castro et al., 2022; Kulkarni, 2023; Elafifi et al., 2024).

2.3.3. Sources environnementales

- Bruit extérieur : Les hôpitaux situés dans des zones urbaines denses sont exposés au bruit du trafic routier, ferroviaire ou aérien. Les ambulances, avec leurs sirènes d'urgence, représentent une source majeure dans ces contextes.

- Espaces verts ou zones ouvertes : Dans certains cas, les bruits provenant des jardins ou des espaces publics adjacents (jeux, rassemblements) peuvent affecter les zones sensibles.
- Travaux de construction ou d'entretien : Les rénovations ou réparations dans ou autour de l'hôpital entraînent des niveaux sonores élevés pendant des périodes prolongées (Eijkelenboom et al., 2020; Lo Castro et al., 2022; Kulkarni, 2023; Elafifi et al., 2024).

3. Etude et évaluation du confort acoustique dans le bâtiment hospitalier.

3.1. Sujet d'intérêt multidisciplinaire, d'actualité et de technologie de pointe

La qualité sonore dans les hôpitaux constitue un sujet d'étude à forte transversalité scientifique, mobilisant des chercheurs issus de disciplines variées. Cette multidisciplinarité s'explique par les nombreuses dimensions qu'implique cette problématique, notamment la santé des patients, leur bien-être, l'efficacité des soins prodigués, ainsi que la performance des infrastructures hospitalières.

L'analyse d'un corpus filtré en 33 articles publiés entre 2015 et 2020 met en lumière cette interdisciplinarité. Elle se reflète dans la diversité des domaines d'études des auteurs ainsi que dans les revues scientifiques où ces travaux ont été diffusés, avec une prédominance notable des publications dans des revues liées aux sciences médicales et architecturales, voir la figure 97 et le tableau 13 dans l'annexe 2. Cette répartition témoigne de l'importance de la qualité sonore, influençant à la fois les pratiques médicales, les environnements de soins, et les approches de conception architecturale (de Lima Andrade et al., 2021).

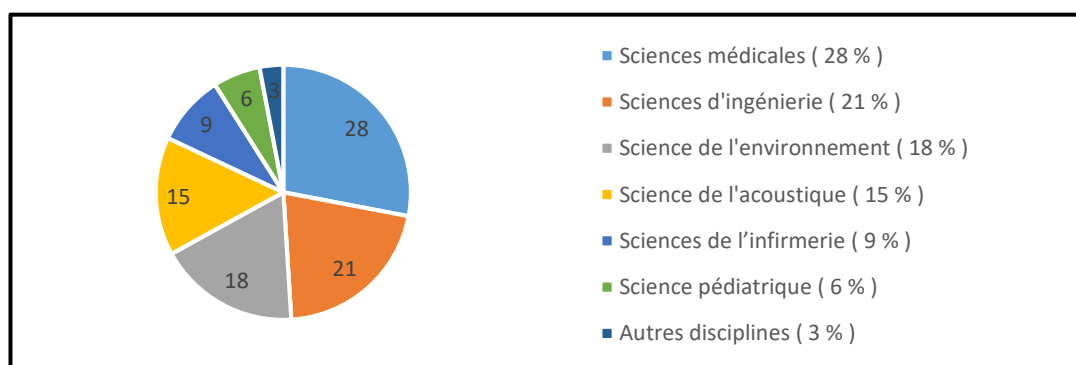


Figure 97 : Domaines de connaissances des revues scientifiques qui ont publié les articles liés à l'acoustique des hôpitaux et inclus dans l'étude de De Lima Andrade publié en 2021 ; Source : de Lima Andrade et al., 2021

3.2. Prise en charge scientifique et communautaire du phénomène

La prise en charge de la qualité sonore dans les hôpitaux varie significativement entre les pays développés et les pays en voie de développement. Ces disparités découlent de facteurs socio-

économiques, politiques et culturels, ainsi que des priorités différentes en matière de santé publique et d'infrastructures.

3.2.1. Pays développés : prise de conscience du phénomène et actions stratégiques

Dans les pays développés, la qualité sonore dans les hôpitaux fait l'objet d'une attention particulière, témoignant d'une prise de conscience collective et d'une collaboration renforcée entre les différents acteurs concernés. Selon Wallis et al. En 2019, sur les 76 articles examinés, 33 % des recherches ont été menées en Europe et 38 % en Amérique du Nord, ce qui souligne l'importance accordée à cette problématique dans ces régions. Ces résultats sont corroborés par Da Lema Andrade et al. En 2021, qui constatent que, sur les 33 études analysées, 42 % proviennent d'Europe et 12 % d'Amérique du Nord, voir les figure 98 et 99, reflétant ainsi l'intérêt croissant porté à ce phénomène, et particulièrement en Europe (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

Cette dynamique repose sur des efforts collectifs visant à échanger des informations et des expériences pour mieux comprendre et réguler le bruit dans les hôpitaux. À l'échelle nationale, des textes réglementaires spécifiques ont été développés pour encadrer cette problématique. À l'échelle communautaire, notamment dans l'Union européenne, des initiatives conjointes ont été mises en place pour harmoniser les approches et renforcer les stratégies de réduction du bruit dans les établissements de santé.

3.2.2. Les pays en voie de développement : absence sensible au phénomène

Dans les pays en voie de développement, l'attention portée à la qualité sonore dans les hôpitaux reste très limitée. Wallis et al. En 2019 rapportent que seulement 2 % des recherches recensées proviennent d'Afrique, 5 % d'Amérique du Sud et 5 % d'Océanie, tandis que l'étude de Da Lema Andrade et al. En 2021 ne recense aucune contribution provenant du continent africain. En Asie et en Amérique du Sud, ces recherches représentent respectivement 24 % et 18 % des articles analysés (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021), voir les figures 98 et 99.

Ce manque de prise en charge s'explique par des priorités différentes, orientées vers des enjeux fondamentaux tels que l'accès aux soins et la lutte contre des maladies graves. Contrairement aux pays développés, ces régions manquent souvent de collaborations structurées et de cadres réglementaires spécifiques pour aborder la problématique du bruit hospitalier. Cela entraîne une faible sensibilisation des acteurs locaux et un déficit d'initiatives visant à partager des expériences ou à adopter des stratégies communautaires de régulation du bruit dans les hôpitaux.

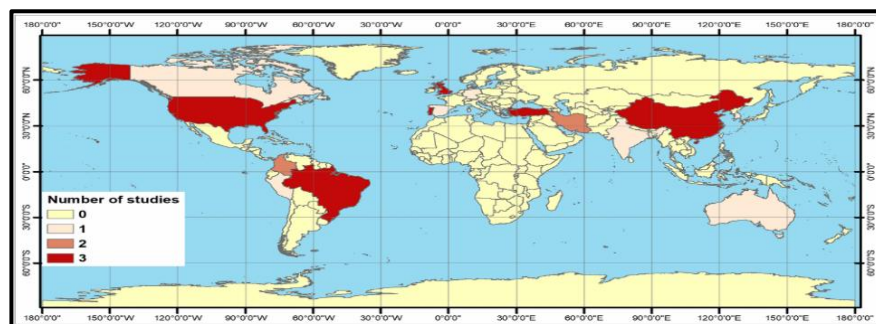


Figure 98 : nombres des études sur l'acoustique dans les hôpitaux inclus dans l'étude de de Lima Andrade et leurs répartition géographique ; Source : de Lima Andrade et al., 2021

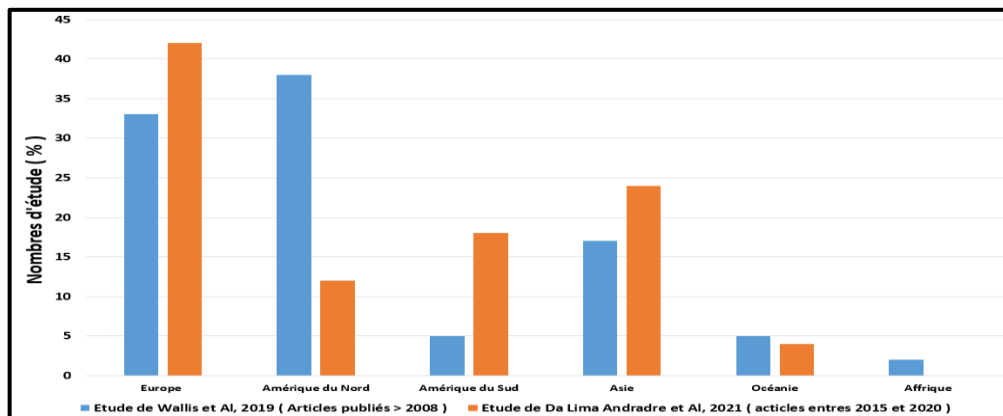


Figure 99 : Nombre des travaux scientifiques qui concernent l'acoustique dans les hôpitaux en fonction de leurs répartition géographique ; Source : Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021

3.3. Champ d'application des études : Indoor / Outdoor

L'analyse des orientations des études révèle une répartition des recherches entre les environnements intérieurs et extérieurs des hôpitaux, mettant en lumière des approches distinctes selon le contexte de mesure. La littérature mentionne que 82 % des études ont porté sur les niveaux sonores à l'intérieur des bâtiments hospitaliers, tandis que 15 % se concentrent sur les environnements extérieurs, et 3 % combinent des mesures à l'intérieur et à l'extérieur (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

3.3.1. Etude Outdoor

Les études effectuées à l'extérieur des hôpitaux visent principalement à établir des cartes acoustiques, voir la figure 10 dans l'annexe 2, qui servent d'outils de diagnostic et d'évaluation du bruit urbain. Ces recherches permettent d'identifier les niveaux sonores atteignant les façades des bâtiments hospitaliers, souvent influencés par des sources extérieures comme la circulation routière ou les activités urbaines environnantes. Bien que représentant une part moindre des études (15 %), ce type de recherche est essentiel pour analyser les nuisances sonores extérieures qui peuvent affecter le confort acoustique des occupants et l'environnement immédiat de l'hôpital (Fiedler & Zannin, 2015; Zannin & Ferraz, 2016; Coskun et al., 2022).

3.3.2. Etude Indoor

Les mesures à l'intérieur des hôpitaux, représentant la majorité des recherches (82 %), visent à évaluer les niveaux de confort acoustique des patients et du personnel médical. Un environnement intérieur calme contribue non seulement à la réduction du stress physique et mental des professionnels de santé, mais également à l'amélioration du processus de rétablissement des patients (Mousavi & Sohrabi, 2018). Les sources de bruit typiques incluent les équipements médicaux, les conversations, et les bruits d'activité interne.

Cependant, Les études menées sur le bruit hospitalier ont principalement porté sur les zones où les patients sont les plus vulnérables, accordant une attention particulière aux espaces critiques tels que les unités de soins intensifs et les chambres d'hospitalisation, voir la figure 100. Parmi l'ensemble des recherches réalisées à l'intérieur des établissements hospitaliers, 26 % ont été consacrées aux unités de soins intensifs néonataux, où les nouveau-nés prématurés nécessitent un environnement acoustique contrôlé pour favoriser leur développement. De plus, 22 % des études ont été menées dans différentes unités de soins intensifs destinées aux patients en état critique, mettant en évidence la nécessité de limiter les nuisances sonores pour optimiser la qualité des soins (de Lima Andrade et al., 2021).

En parallèle, 19 % des recherches ont porté sur plusieurs espaces hospitaliers, incluant les circulations et les locaux techniques, soulignant l'impact du bruit global à l'intérieur des établissements. Par ailleurs, 22 % des études ont évalué les niveaux sonores dans les salles privées et les salles d'attente, révélant l'importance du confort acoustique dans ces espaces dédiés au repos et à la prise en charge des patients ambulatoires. Enfin, 11 % des recherches ont exploré l'acoustique des salles d'urgence, des centres de perfusion et des cliniques dentaires, où les niveaux sonores peuvent être particulièrement élevés en raison des interactions fréquentes entre les soignants et les patients, ainsi que de l'utilisation d'équipements spécifiques (de Lima Andrade et al., 2021).

Dans une revue de la littérature sur le bruit hospitalier, Wallis a souligné en 2019 que 70 % des études disponibles concernaient les mesures effectuées dans les unités de soins intensifs, confirmant ainsi l'intérêt porté à ces espaces où le contrôle acoustique joue un rôle clé dans la qualité des soins. Le reste des recherches s'est concentré sur d'autres services hospitaliers, illustrant la diversité des contextes acoustiques rencontrés et l'importance d'une approche globale pour l'amélioration du confort sonore dans les établissements de santé (Wallis et al., 2019).

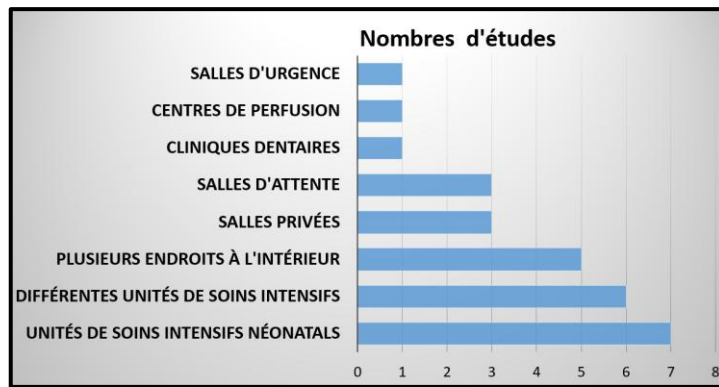


Figure 100 : le nombres d'études acoustiques en fonction de l'endroit dans les hôpitaux ; Source : de Lima Andrade et al., 2021

3.3.3. Combinaison Indoor/Outdoor

Certaines études combinent les mesures intérieures et extérieures (3 %), offrant une analyse complète des sources de bruit, qu'elles soient internes ou externes. Bien que ces approches soient plus complexes, elles permettent de mieux comprendre les facteurs de stress acoustique affectant l'hôpital dans sa globalité, des nuisances urbaines à l'impact des activités internes (Ramadhan & Talal, 2015; Zannin & Ferraz, 2016).

3.4. Evaluation du bruit dans le bâtiment hospitalier

L'évaluation du bruit dans les bâtiments hospitaliers est une étape essentielle pour mieux comprendre les dynamiques sonores complexes de ces environnements, en identifier les sources et proposer des solutions adaptées. Cette évaluation peut se structurer autour de trois approches principales : qualitative, quantitative, et intégrée, combinant ces deux méthodes.

3.4.1. Evaluation qualitative : enquêtes et questionnaires

L'évaluation qualitative se concentre sur la perception subjective du bruit par les usagers, en tenant compte de leurs ressentis, besoins et expériences. Cette méthode repose sur l'utilisation d'enquêtes, de questionnaires et d'entretiens ciblant les différents groupes d'usagers, notamment le personnel médical, les patients et les visiteurs.

L'approche qualitative met en lumière des aspects souvent ignorés par les seules mesures acoustiques. Elle explore la manière dont les individus perçoivent le bruit, les effets psychologiques et physiologiques qu'il engendre, ainsi que l'impact sur leurs activités quotidiennes. Les enquêtes permettent de recueillir des données sur la gêne ressentie, les sources identifiées comme les plus dérangeantes et les moments de la journée où les nuisances sont les plus intenses. Ces informations sont essentielles pour établir un lien direct entre l'environnement sonore et la qualité de vie des usagers (Thomas et al., 2009).

En outre, cette méthode facilite l'identification des zones critiques dans les hôpitaux, telles que les services d'urgence, les unités de soins intensifs ou les salles d'attente, où les niveaux sonores peuvent compromettre la concentration du personnel ou la récupération des patients (Shiers et al., 2015; Fangel Skov et al., 2023). Elle constitue également un outil précieux pour sensibiliser les parties prenantes et mobiliser les ressources nécessaires à l'amélioration acoustique. Cependant, les limites de cette méthode résident dans son caractère subjectif, dépendant des variations interindividuelles et culturelles des perceptions sonores (X. Lin & Chen, 2024; SHAILJA SONI & PRANJAL, 2024).

3.4.2. Evaluation quantitatif : Descripteurs d'évaluation

L'évaluation quantitative s'appuie sur des mesures physiques des niveaux sonores et sur des normes acoustiques établies. Elle offre une analyse objective des intensités et des caractéristiques du bruit dans les bâtiments hospitaliers. Cette méthode est indispensable pour évaluer l'efficacité des infrastructures en matière de contrôle du bruit et pour diagnostiquer les performances acoustiques des espaces.

a) Quantification statistique

La quantification statistique implique l'utilisation de descripteurs acoustiques standards pour caractériser le bruit. Parmi ces indicateurs, le niveau sonore équivalent pondéré A « L_{Aeq} » est largement utilisé pour mesurer l'exposition moyenne au bruit sur une période donnée. D'autres descripteurs comme le L10, L50 et L90 permettent d'évaluer la variabilité sonore, en identifiant respectivement les niveaux dépassés 10 %, 50 % et 90 % du temps. Ces indicateurs permettent de quantifier le bruit et de déterminer la prévalence des pics sonores et des niveaux de bruit de fond (Neitzel et al., 2009).

Les mesures acoustiques sont souvent réalisées à l'aide de sonomètres et sont analysées à travers des outils logiciels dédiés. La quantification statistique sert à comparer les niveaux sonores observés aux limites réglementaires et aux recommandations internationales. Elle permet aussi d'identifier les moments critiques, comme les heures de pointe dans les services hospitaliers, où les niveaux sonores peuvent dépasser les seuils tolérables (X. Lin & Chen, 2024; SECCHI et al., 2024).

Cette méthode est particulièrement utile pour les évaluations post-occupationnelles, où elle sert à surveiller le bruit en conditions et en temps réelles et à documenter l'évolution sonore sur une période donnée. Cependant, un inconvénient majeur de la méthode statistique réside dans son inapplicabilité avant l'occupation des espaces. Elle dépend de l'activité humaine et des

équipements en fonctionnement, ce qui limite son usage pour l'évaluation des performances du bâtiment, notamment, lors de la phase de conception ou avant l'ouverture du bâtiment (Neitzel et al., 2009; ARENAS et al., 2024).

b) Quantification de la performance du bâtiment

La performance acoustique des bâtiments hospitaliers est évaluée en examinant les capacités d'isolation et de réduction sonore des matériaux et des éléments de construction. Les tests d'isolation acoustique sont réalisés conformément aux normes conventionnelles comme l'ISO, qui spécifie les méthodes de mesure in situ des performances des murs, portes, fenêtres et autres éléments architecturaux (Hall, 2009; Secchi et al., 2022).

Cette approche évalue l'efficacité des structures pour empêcher la transmission du bruit entre les espaces. Notamment, l'isolation entre un couloir et une chambre de patient est un indicateur clé pour préserver la tranquillité nécessaire au repos des malades. Les performances des systèmes de ventilation, des revêtements de sol et des plafonds acoustiques sont également prises en compte, car ils influencent directement la réverbération et la propagation du son dans les espaces ouverts.

La quantification de la performance acoustique offre une base technique pour recommander des interventions, telles que l'installation de portes à isolation renforcée, le remplacement de fenêtres ou l'utilisation de matériaux absorbants (Hall, 2009; Secchi et al., 2022).

Cependant, cette méthode présente également des limites. Les tests réalisés en laboratoire ou in situ peuvent parfois produire des données imprécises en raison de parasites sonores ou d'un mauvais calibrage des équipements. De plus, dans les environnements sensibles comme les hôpitaux, l'utilisation d'appareils générant du bruit peut perturber les activités médicales ou les patients. Enfin, cette approche se concentre uniquement sur les performances du bâtiment en tant qu'entité physique, sans prendre en compte les interactions humaines ou les activités quotidiennes (Hall, 2009; Busch-Vishniac, 2022).

3.4.3. Évaluation intégrée : combinaison entre Qualitative/Quantitative

L'évaluation intégrée combine les approches qualitative et quantitative pour fournir une vision globale des nuisances sonores. Cette méthode est particulièrement adaptée aux environnements hospitaliers, où les interactions entre les perceptions subjectives et les mesures objectives sont complexes.

L'évaluation intégrée repose sur l'analyse conjointe des données issues des enquêtes et questionnaires, des mesures acoustiques et des caractéristiques architecturales du bâtiment. Par exemple, les résultats des enquêtes qualitatives peuvent être corrélés aux mesures quantitatives pour déterminer si les zones identifiées comme bruyantes par les usagers correspondent aux niveaux sonores mesurés. Cela permet de valider ou d'affiner les hypothèses sur les sources de bruit et leur impact (Secchi et al., 2022).

De plus, cette approche facilite la hiérarchisation des priorités d'intervention en fonction des besoins spécifiques des usagers et des contraintes techniques du bâtiment. Elle constitue également un outil précieux pour la communication entre les équipes techniques, les gestionnaires hospitaliers et les usagers, en rendant les résultats accessibles et compréhensibles (Secchi et al., 2022; Coiado et al., 2022; Chen, 2022; Sweitzer, 2022; Fangel Skov et al., 2023; Eghomwanre et al., 2023; Lenzi et al., 2024).

3.5. Lutte contre le bruit dans les hôpitaux : le cadre normatif

La lutte contre le bruit dans les hôpitaux repose sur un cadre normatif visant à garantir un environnement sonore adapté aux besoins des patients, du personnel soignant et des visiteurs. Ce corpus normatif se divise en deux catégories principales : les normes recommandataires et les normes réglementaires.

3.5.1. Normes recommandataires

Les normes recommandataires, très souvent élaborées par des institutions internationales comme l'OMS, constituent des lignes directrices facultatives. Leur application n'est ni obligatoire ni juridiquement contraignante, car elles ne sont pas intégrées dans les cadres légaux nationaux. Ces normes, souvent perçues comme très strictes, visent à optimiser le confort acoustique et à promouvoir un bien-être sonore supérieur. Cependant, leur caractère exigeant peut expliquer leur marginalisation auprès des législations nationales, dans l'autre cas, les pénalités ne sont pas appliquées. Malgré cette limitation, elles représentent un référence d'étude, et un idéal à atteindre pour garantir des conditions acoustiques optimales, particulièrement dans les environnements hospitaliers sensibles (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Bourekba et al., 2023).

3.5.2. Normes réglementaires

Les normes réglementaires, en revanche, sont impératives et revêtent un caractère obligatoire. Définies par des textes législatifs ou des codes officiels, elles incluent des dispositions précisant les sanctions applicables en cas de non-respect. Ces normes sont élaborées par des organismes

étatiques en collaboration avec des institutions nationales spécialisées. Bien qu'elles soient généralement moins exigeantes que les normes recommandataires, elles sont adaptées aux réalités économiques et sociales du pays concerné. Leur objectif principal est de garantir un minimum de confort acoustique tout en tenant compte des priorités nationales et des contraintes locales. Elles assurent ainsi un équilibre entre les exigences techniques et la faisabilité pratique dans les établissements hospitaliers (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Bourekba et al., 2023).

4. Recueil du corpus normatif : L'expérience internationale et étrangère

Une norme acoustique est un référentiel technique établissant des critères spécifiques pour encadrer la qualité sonore acceptable dans un contexte donné. Qu'elles soient recommandataires ou réglementaires, Ces normes sont définies par un ou plusieurs descripteurs acoustiques mesurables, accompagnés de valeurs limites, permettent d'assurer des niveaux de bruit compatibles avec le bien-être et la santé des usagers.

4.1. Normes basées sur des descripteurs statistiques

4.1.1. Normes à caractère recommandataire

Depuis les années 1980, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis en avant la problématique du bruit, notamment dans les environnements hospitaliers, où il représente un facteur critique impactant le bien-être des patients et le bon fonctionnement des soins. Les premières directives spécifiques de l'OMS, publiées en 1995 et mises à jour en 1999, établissent des valeurs limites pour les niveaux sonores dans les hôpitaux afin de protéger les patients et le personnel contre les effets nuisibles du bruit (Berglund et al., 1999).

Ces recommandations précisent que, dans les chambres des patients, le niveau sonore en « L_{Aeq} » ne doit pas excéder 30 dBA la nuit, avec un niveau maximum en « L_{Amax} » limité à 40 dBA. Pendant la journée et en soirée, le « L_{Aeq} » doit également rester en dessous de 30 dBA. Dans les salles où les patients sont soignés ou observés, le bruit en « L_{Aeq} » ne doit pas dépasser 35 dBA en raison de la sensibilité accrue des patients au stress acoustique. Ces seuils, mesurés avec des instruments réglés sur le mode "Fast", visent à limiter les perturbations du sommeil, les gênes, et les interférences avec la communication, tout en assurant un confort acoustique minimal (Berglund et al., 1999).

Toutefois, l'approche de l'OMS reste globale et ne définit pas de valeurs limites spécifiques pour les bruits provenant de sources extérieures aux hôpitaux. De plus, elle n'établit pas de seuils différenciés selon les espaces fonctionnels des établissements hospitaliers, contrairement

à certaines normes, comme celle du Royaume-Uni, qui spécifient des niveaux limites en fonction des différentes zones hospitalières, voir le tableau 12 dans l'annexe 2. Cette absence de spécificité, combinée à l'ancienneté des directives, souligne la nécessité d'une révision afin de mieux refléter la diversité et la complexité des environnements hospitaliers contemporains et d'intégrer les avancées en acoustique dans les infrastructures de santé (Berglund et al., 1999; *Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics*, 2013).

Cependant, les recommandations de l'OMS restent une référence essentielle pour les études acoustiques et un objectif à atteindre afin de garantir des conditions sonores optimales, notamment dans les environnements hospitaliers sensibles. L'étude menée par De Lima Andrade sur le bruit hospitalier a révélé que 45 % des chercheurs s'appuient sur les directives de l'OMS. Cependant, d'autres privilégient différentes normes. Parmi eux, 15 % utilisent les recommandations de l'*United States Environmental Protection Agency* « EPA », probablement en raison de leur approche moins stricte que celle de l'OMS et de leur prise en compte des niveaux sonores extérieurs. L'EPA préconise un L_{Aeq} intérieur de 45 dBA en journée et 35 dBA la nuit, ainsi qu'un L_{Aeq} extérieur de 55 dBA, identique pour les périodes diurne et nocturne (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

Par ailleurs, 12 % des chercheurs s'appuient sur les recommandations de l'*American Academy of Pediatrics* « AAP », qui établit uniquement des seuils pour les niveaux sonores intérieurs et fixe une limite en L_{Aeq} de 45 dBA en continu, soit jour ou nuit. D'autres études se fondent sur les recommandations du *National Institute for Occupational Safety and Health* « NIOSH », qui préconise un L_{Aeq} intérieur de 40 dBA en journée et 35 dBA la nuit (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

D'autres auteurs adoptent les directives de l'International Noise Council « INC », qui différencient les niveaux sonores équivalents « L_{Aeq} » en trois périodes : 45 dBA en journée, 40 dBA en soirée et 20 dBA la nuit, faisant de cette norme l'une des plus exigeantes pour la période nocturne (Althahab et al., 2022).

En outre, certaines normes, comme la norme du *Consensus Committee for Neonatal Intensive Care Unit Design*, fixent des seuils plus tolérants. Celle-ci recommande un « L_{Aeq} » intérieur de 65 dBA à la fois pour la période diurne et nocturne. La même contrainte du L_{Aeq} de 65 dBA a été recommandée par la norme Sud-Africaine mais en ce qui concerne uniquement le bruit extérieur, ceci est aussi durant tous les périodes du jour (Berglund et al., 1999).

En Asie, la norme chinoise présente aussi une tolérance considérable avec une recommandation d'un L_{Aeq} intérieur de 55 dBA, mais seulement concernant la période du jour. Cependant la norme Iranienne adopte les même valeurs limites du Royaume-Uni et du United States Environmental Protection Agency, la seule différence réside dans le L_{Aeq} extérieur pendant la nuit, en se positionnant entre les deux recommandations avec une valeur limite de 45 dBA. Cette tolérance chinoise est probablement due aux contexte démographique chinoise (de Lima Andrade et al., 2021).

Le tableau 3 présente un aperçu des principales normes acoustiques internationales à titre recommandataire utilisées pour l'étude du bruit dans les hôpitaux.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des principales normes recommandataires utilisées pour l'étude du bruit dans les hôpitaux ; Source : (Wallis et al., 2019; Machimbarrena et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Althahab et al., 2022; Bourekba et al., 2023)

Normes recommandataires	WHO	NIOSH	INC	CC	EPA	AAP	UK	AUS	GB	IR	ECU	ZA
Intérieur / Jour	35	40	45	65	45	45	45	45	55	45	45	
Intérieur / Nuit	30	35	20	65	35	45	35	45		35	45	
Extérieur / Jour		55			55		55			55		65
Extérieur / Nuit		50			35		55			45		65

WHO: World Health Organization; **NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health; **INC:** International Noise Council; **CC:** Consensus Committee for Neonatal Intensive Care Unit Design; **EPA:** United States Environmental Protection Agency; **AAP:** American Academy of Paediatrics; **UK:** United Kingdom, Department of Health. Health Technical Memorandum, 2013; **AUS:** Australian Standards; **GB:** Chinese GB/T 51153-2015 standard; **IR:** Iranian Standards; **ECU:** Ecuadorian Construction Standard - NEC 11, 2011; **ZA:** South Africa, WHO 1999 (Source: Andrade et Al., 2021, Althahab et Al., 2022).

4.1.2. Normes à caractère réglementaire

La réglementation du bruit dans les établissements hospitaliers demeure globalement limitée. Une revue de la littérature révèle que peu de pays disposent de cadres réglementaires spécifiques pour ces environnements particulièrement sensibles, malgré leur importance pour le bien-être physique et psychologique des patients et des professionnels de santé. Toutefois, certains pays, notamment en Europe de l'Ouest, ont adopté des réglementations visant à encadrer les niveaux sonores dans les hôpitaux, bien que leur portée et leur rigueur varient considérablement (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Rasmussen et al., 2023).

a) Réglementation en Europe

Au Portugal, le décret-loi n°9/2007 fixe un seuil de L_{Aeq} intérieur de 55 dBA durant toute la journée, témoignant ainsi d'une certaine tolérance réglementaire vis-à-vis du bruit en milieu hospitalier. En revanche, l'Espagne adopte une approche plus stricte avec le décret royal n°1367/2007, qui impose des limites de 40 dBA en journée et 30 dBA la nuit à l'intérieur des hôpitaux. Ces deux pays, cependant, ne prévoient pas de réglementation spécifique pour les

niveaux sonores à l'extérieur des établissements hospitaliers (*Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, 2007*).

L'Italie, à l'inverse, se focalise exclusivement sur la régulation du bruit extérieur. Le décret ministériel du 14 novembre 1997 établit des seuils de 50 dBA en journée et 40 dBA la nuit dans les zones extérieures des hôpitaux, sans mention de valeurs limites pour l'environnement intérieur (*Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana, 1997*).

En Turquie, qui est très souvent considérée dans la littérature comme un pays géographiquement européen, la réglementation sur le bruit hospitalier se concentre exclusivement sur l'environnement intérieur. À travers la loi de 2017 du Ministère de l'Environnement et de l'Urbanisation, des limites strictes ont été établies, reflétant une approche rigoureuse en matière de confort acoustique. Cette réglementation fixe un L_{Aeq} de 34 dB pour toutes les périodes de la journée, une valeur plus contraignante que les recommandations de l'OMS pour les environnements hospitaliers (*BİNALARIN GÜRÜLTÜYE KARŞI KORUNMASI HAKKINDA YÖNETMELİK BİRİNCİ BÖLÜM, 2017*).

b) Réglementation en Amérique du Sud

Dans les pays en développement, la réglementation du bruit hospitalier est encore plus lacunaire. L'étude de Maria Machimbarrena, présentée lors de la conférence InterNoise 2019, a analysé les cadres réglementaires des dix plus grands pays d'Amérique du Sud et a mis en évidence la rareté des normes spécifiques aux hôpitaux. Seuls trois pays disposent d'une réglementation, avec des approches divergentes (Machimbarrena et al., 2019).

Au Brésil, la norme NBR 10152:1987 établit une valeur limite de L_{Aeq} intérieur de 35 dBA, qui est restée présente même après sa révision en 2017. En revanche, certaines municipalités, comme Curitiba, ont introduit des seuils locaux pour le bruit extérieur à travers la loi municipale n°10625/2002, imposant des limites de 55 dBA en journée et 45 dBA la nuit (*NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acustico, 1997; Curitiba, Lei 10625 : DISPÕE SOBRE RUÍDOS URBANOS, PROTEÇÃO DO BEM ESTAR E DO SOSSEGO PÚBLICO, 2002; NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acustico, 2017*).

En Colombie, le ministère de la Santé, via la loi n°8321/1983, exige un L_{Amax} intérieur de 55 dBA sans distinction de période temporelle, mais aucune réglementation n'encadre le bruit extérieur des établissements hospitaliers. À l'inverse, le Pérou impose un seuil de 50 dBA pour le bruit extérieur en journée, sans restriction pour la nuit (Machimbarrena et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021).

c) Réglementation en Afrique

Les références réglementaires sur le bruit hospitalier en Afrique sont rares dans la littérature. Néanmoins, la Tunisie dispose d'une réglementation municipale adoptée le 22 août 2000 par le maire de Tunis, qui fixe des limites de 45 dBA en journée et 35 dBA la nuit pour le bruit extérieur des établissements hospitaliers (*ARRETE DU PRESIDENT DE LA COMMUNE MAIRE DE TUNIS, DU 22 AOÛT 2000 RELATIF AUX NUISANCES SONORES*, 2000).

Le tableau 4 synthétise les principales réglementations nationales relatives au bruit hospitalier et qui permet aussi d'illustrer ces disparités et de faciliter l'analyse comparative.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des principales normes réglementaires utilisées pour l'étude du bruit dans les hôpitaux ; Source : (Wallis et al., 2019; Machimbarrena et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021; Bourekba et al., 2023)

Normes recommandataires	TN	IT	RD	PT	TR	BR	CL	CO	PR
Intérieur / Jour			40	55	34			55	
Intérieur / Nuit			30	55	34	35		55	
Extérieur / Jour	45	50					55		50
Extérieur / Nuit	35	40					45		
TN : Décret du Président de la commune, Maire de Tunis, du 22 août 2000 ; IT : Décret ministériel du 14 novembre 1997 (Italie) ; RD : Décret royal espagnol 1367/2007 ; PT : Décret-loi portugais n°9/2007 ; TR : Ministère turc de l'Environnement et de l'Urbanisation, 2017 ; BR : Normes brésiliennes (NBR 10152/1987) ; CL : Loi municipale de Curitiba n°10625/2002 ; CO : Résolution 8321 du 4 août 1983, Ministère de la Santé, Colombie ; PR : Normes environnementales nationales du Pérou sur le bruit.									

4.2. Normes basées sur la performance acoustique du bâtiment

Les normes acoustiques applicables aux bâtiments hospitaliers montrent des lacunes importantes au niveau international et même au sein de régions développées comme l'Europe. Les travaux de Birgit Rasmussen, qui est un auteur pionnière en ce qui concerne les normes de l'acoustique du bâtiment, ont révélé ces insuffisances. Dans ses recherches, menées depuis 2008 concernant les normes acoustiques en Europe, voir dans le monde, Rasmussen a identifié seulement huit pays européens : Danemark, Angleterre, France, Italie, Norvège, Portugal, Espagne et la Turquie ; qui disposent de normes acoustiques spécifiques aux performances acoustiques des hôpitaux. Parmi ces huit pays, le Danemark et l'Angleterre utilisent ces normes dans un cadre recommandataire, et les six pays restants l'utilisent dans un cadre réglementaire et mandataire (Machimbarrena et al., 2019; Rasmussen et al., 2021, 2023).

4.2.1. Normes liées à l'isolation du bruit aérien

Les normes acoustiques liées au performance d'isolation acoustique aérien traite le sujet autour de la chambre de patient, en normalisant l'isolation aérienne entre deux chambres adjacentes, et entre la chambre du patient et le couloir, car ils constituent les deux espaces qui influencent directement le bien être du patient, la personne la plus vulnérable dans l'hôpital. Les normes

relatives à l'isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes se distinguent selon deux paramètres : le descripteur acoustique adopté et son valeur limite (Rasmussen et al., 2021, 2023), voir les tableaux 5,6,7 et 8.

a) Isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes

Parmi les huit pays étudiés, seuls le Danemark et la Norvège utilisent un même descripteur, « R'_w », et adoptent une exigence identique avec une valeur limite fixée à 48 dB (*Règlement de construction du Danemark : Conditions sonores*, 2018; *Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*, 2019).

Pour les six autres pays, ils utilisent le même descripteur mais de façon déférentes. Trois d'entre eux, à savoir l'Angleterre, l'Italie et le Portugal, utilisent le descripteur « $D_{nT,w}$ », mais avec des seuils distincts : 47 dB en Angleterre, 50 dB en Italie et 45 dB au Portugal (*Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 1997; *Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho, Portugal*, 2008; *Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics*, 2013; *Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 2022).

Deux autres pays, la France et la Turquie, adoptent également le « $D_{nT,w}$ », mais avec un terme d'adaptation du spectre « $D_{nT,w} + C$ ». Toutefois, leurs exigences diffèrent : 42 dB en France et 52 dB en Turquie, cette dernière présentant ainsi la réglementation la plus stricte parmi les pays étudiés (*BİNALARIN GÜRÜLTÜYE KARŞI KORUNMASI HAKKINDA YÖNETMELİK BİRİNCİ BÖLÜM*, 2017; *Réglementations Acoustiques des Bâtiments.*, 2017).

L'Espagne applique un descripteur similaire intégrant un terme d'adaptation du spectre, mais dans une plage de fréquences spécifique allant de 100 Hz à 5000 Hz, avec une valeur limite fixée à 50 dB (Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, 2007; *Documento Básico HR Protección frente al ruido*, 2019).

Tableau 5 : les principales normes d'isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023)

Isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes								
Pays	Danemark	Angleterre	France	Italie	Norvège	Portugal	Espagne	Turquie
Descripteur	R'_w	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C$	$D_{nT,w}$	R'_w	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C_{100-5000}$	$D_{nT,w} + C$
Valeurs limites (dB) ≥	48	47	42	50	48	45	50	52

b) Isolation acoustique aérienne entre la chambre et le couloir

Pour l'isolation acoustique entre la chambre du patient et le couloir, parmi les huit pays étudiés, quatre pays ont adopté le descripteur « R'_w ». Ce choix suppose que la principale séparation

entre ces deux espaces est la paroi, laquelle intègre très souvent une porte et, dans certains cas, une fenêtre, voir le tableau 6.

Parmi ces quatre pays, le Danemark, et la Norvège utilisent directement ce descripteur « R'_w », mais avec des seuils réglementaires distincts : 35 dB au Danemark et 34 dB en Norvège. Cependant, l'Angleterre utilise le descripteur « R_w » qui évalue l'isolation acoustique aérienne sans tenir compte la transmission latérale, la valeur limite de l'Angleterre est de 30 dB. En outre, L'Espagne applique le même descripteur en ajoutant un terme d'adaptation du spectre sur une plage de fréquences spécifique de 100 Hz à 5000 Hz « $R_A \approx R_w + C_{100-5000}$ ». La valeur limite adoptée en Espagne est de 30 dB, dans le cas d'une séparation incluant une porte (Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, 2007; *Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics*, 2013; *Règlement de construction du Danemark : Conditions sonores*, 2018; *Documento Básico HR Protección frente al ruido*, 2019; *Byggniteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*, 2019).

Les quatre autres pays utilisent le descripteur « $D_{nT,w}$ ». L'Italie et le Portugal l'emploient directement avec une exigence commune fixée à 30 dB. Cependant, la France et la Turquie ajoutent un terme d'adaptation du spectre « $D_{nT,w} + C$ », mais avec des seuils distincts : 27 dB en France et 38 dB en Turquie, cette dernière se distinguant une fois de plus par son niveau d'exigence plus élevé (*Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 1997; *Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro*, 2007; *Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho*, Portugal, 2008; *BİNALARIN GÜRÜLTÜYE KARŞI KORUNMASI HAKKINDA YÖNETMELİK BİRİNCİ BÖLÜM*, 2017; *Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 2022; *Réglementations Acoustiques des Bâtiments.*, 2017).

L'analyse des normes étudiées révèle que deux pays, le Danemark et l'Espagne, adoptent des descripteurs différents pour l'isolation entre deux chambres adjacentes et celle entre la chambre et le couloir. Cependant, les autres pays conservent un même descripteur dans les deux cas, bien qu'aucun d'eux ne maintienne une valeur limite identique pour ces deux configurations.

Tableau 6 : les principales normes d'isolation acoustique aérienne entre la chambre du patient et le couloir ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023)

Isolation acoustique aérienne entre la chambre du patient et le couloir								
Pays	Danemark	Angleterre	France	Italie	Norvège	Portugal	Espagne	Turquie
Descripteur	R'_w	R_w	$D_{nT,w} + C$	$D_{nT,w}$	R'_w	$D_{nT,w}$	$R_w + C_{100-5000}$	$D_{nT,w} + C$
Valeurs limites (dB) $\geq$	35	30	27	30	34	30	30	38

4.2.2. Normes liées à l'isolation du bruit d'impact

Pour l'isolation du bruit d'impact dans les hôpitaux, les huit pays inclus dans l'étude se répartissent en deux groupes distincts selon le descripteur utilisé :

- $L'_{n,w}$: il est basé sur l'aire d'absorption équivalente et qui est adopté par quatre pays, avec des valeurs limites parfois identiques comme le cas du Danemark et le Norvège, et parfois d'autres variables.
- $L'_{nT,w}$: il est basé sur le temps de réverbération et qui est adopté par les quatre pays restants, également parfois identiques comme le cas de l'Angleterre et l'Espagne et parfois d'autres avec des seuils différents.

Cette variabilité des méthodes d'évaluation et des valeurs limites témoigne le manque d'harmonisation internationale, chaque pays adaptant ses normes aux spécificités de ses environnements hospitaliers et à ses politiques sanitaires propres (Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, 2007; *Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics*, 2013; *Règlement de construction du Danemark : Conditions sonores*, 2018; *Documento Básico HR Protección frente al ruido*, 2019; *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*, 2019).

Tableau 7 : les principales normes d'isolation acoustique du bruit d'impact ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023)

Isolation acoustique du bruit d'impact								
Pays	Danemark	Angleterre	France	Italie	Norvège	Portugal	Espagne	Turquie
Descripteur	$L'_{n,w}$	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w}$	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$
Valeurs limites (dB) ≤	58	65	60	53	58	65	65	54

4.2.3. Normes liées à l'isolation de la façade

Parmi les huit pays étudiés, uniquement quatre pays ont des descripteurs liés à l'évaluation de la performance d'isolation acoustique de la façade. Pour les quatre pays restants uniquement des descripteurs statistiques, comme L_{den} ou L_{Aeq} intérieur, ont été adopté, ces derniers réglemente le niveau du bruit incident sur la façade à travers son évaluation à l'intérieur mais cela peut être difficile à cause des sources multiples qui peuvent influencer le niveau sonore intérieur. Pour l'isolation acoustique de la façade, trois descripteurs ont été utilisé, voir le tableau 8 (*Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 1997; *Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro*, 2007; Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de

calidad y emisiones acústicas, 2007; *Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho, Portugal*, 2008; *Réglementations Acoustiques des Bâtiments.*, 2017; *Documento Básico HR Protección frente al ruido*, 2019; *Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana*, 2022).

Tableau 8 : les principales normes d'isolation acoustique de la façade ; Source : (Rasmussen et al., 2021, 2023)

Descripteurs	Pays	Valeurs limites	Conditions
$D_{nT,A,tr}$	France	30	En fonction du type de la voie sa distance de la façade. Elle peut atteindre 45 dB.
$D_{2m,nT,w}$	Italie	45	Indépendamment du niveau extérieur
	Portugal	28	Augmente à 33 dB en fonction de la zone de l'hôpital
$D_{2m,nT,Atr} \approx D_{2m,nT,w} + C_{tr,100-5000}$	Espagne	30	• 30 dB si $L_{day} \leq 60$ dB • 32 dB si $L_{day} \leq 65$ dB • 37 dB si $L_{day} \leq 70$ dB • 42 dB si $L_{day} \leq 75$ dB • 47 dB si $L_{day} > 75$ dB

5. Problématique du bruit en Algérie : Etat des lieux nationaux

5.1. Etudes du bruit extérieur

La problématique du bruit en Algérie s'inscrit dans une dynamique similaire à celle liée à l'échelle mondiale, avec parfois des conditions encore plus préoccupantes. L'Algérie, pays vaste et contrasté, se divise en deux grandes régions :

- Le Nord méditerranéen : caractérisé par une forte densité démographique sur un territoire relativement restreint.
- Le Sud saharien : où l'étendue des espaces désertiques entraîne une faible concentration de population.

Cette répartition a un impact direct sur la situation acoustique nationale, avec des disparités marquées entre les régions urbaines denses du Nord et les zones moins peuplées du Sud.

5.1.1. Situation du bruit dans le Sud Algérien

Une étude récente menée à Biskra en 2018, l'une des principales villes du Sud algérien, a analysé les niveaux sonores dans six typologies résidentielles distinctes, La figure 101 montre les variations en fonction des typologies d'habitats et en fonction des jours de la semaine ainsi qu'en fonction de différentes stations de mesure.

Cette étude a révélé que le $L_{Aeq,1min}$ varie entre 54 dB et 76 dB durant les jours de la semaine, alors que le niveau $L_{Aeq,1min}$ du weekend est relativement plus faible et qui varie entre 50 dB et 74 dB (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018).

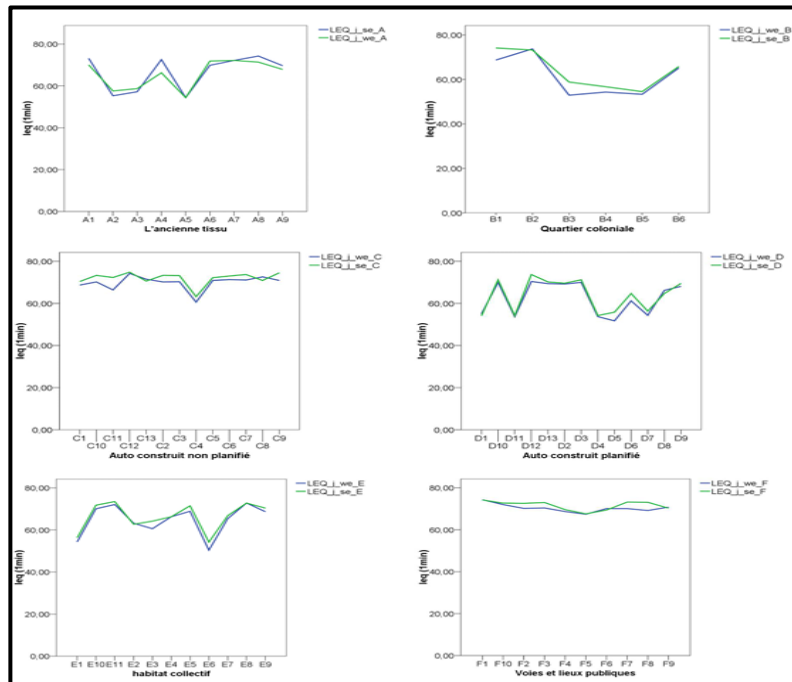


Figure 101 : la différence entre le niveau d'intensité sonore mesuré le weekend et les jours de semaine ; Source : (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018)

L'analyse des résultats de mesure met en évidence une problématique sonore préoccupante en Algérie, notamment en milieu urbain. Les données révèlent que 55 % du temps de la semaine, les niveaux sonores relevés dans les zones résidentielles dépassent le seuil réglementaire algérien de 70 dB, un niveau critique aux effets néfastes sur la santé, notamment en termes de stress et de troubles du sommeil. Bien que les niveaux enregistrés pendant le week-end soient légèrement plus bas, 45 % des mesures continuent de dépasser ce seuil, voir la figure 102, indiquant une exposition persistante aux nuisances sonores même lors des périodes supposées plus calmes.

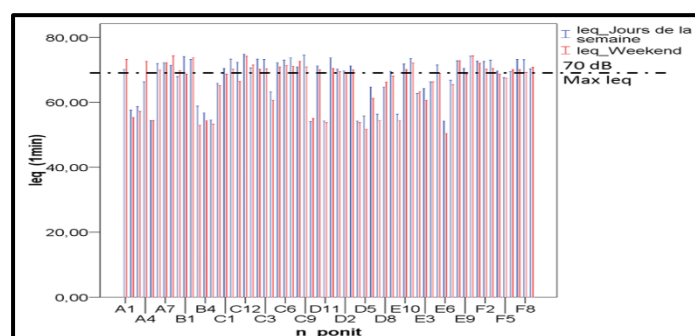


Figure 102 : Fluctuations de l'intensité sonore sur l'ensemble du paysage urbain ; Source : (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018)

L'analyse globale, incluant l'ensemble des stations de mesure et quartiers étudiés, montre que 90 % de la population est exposée à des niveaux sonores dépassant les 55 dB recommandés à l'échelle internationale pendant les jours de la semaine, et 81 % pendant le week-end, voir la

figure 11 dans l'annexe 2. Ce dépassement des normes internationales souligne une problématique sonore généralisée, impactant directement la qualité de vie des habitants.

Dans les quartiers auto-construits dans un cadre non planifié, la situation est encore plus critique. L'absence d'organisation urbaine une exposition permanente au bruit, avec 100 % de la population concernée par des niveaux sonores supérieurs aux 55 dB recommandés à l'échelle internationale, aussi bien en semaine que le week-end. Ce constat met en lumière les effets de l'urbanisation incontrôlée et l'absence de politiques de gestion du bruit adaptées à ces environnements (Bouzir, 2018; Bouzir & Zemmouri, 2018).

5.1.2. Situation du bruit dans le Nord Algérien

Dans le nord de l'Algérie en 2022, une enquête a été portée sur un échantillon de 80 logements situés dans un tissu urbain dense à Guelma, au nord-est du pays, a permis d'évaluer la perception subjective du bruit par les habitants. Les résultats révèlent que 70 % des participants jugent la situation sonore désagréable, mettant ainsi en évidence un inconfort généralisé. Parmi les principales sources de nuisance, le bruit routier est cité par 50 % des répondants comme un facteur perturbateur majeur, tandis que 47 % déclarent avoir déposé des plaintes concernant les nuisances sonores liées au voisinage (Boulemaredj & Haridi, 2022, 2023).

L'impact du bruit est particulièrement marqué en fonction des périodes de la journée : 70 % des habitants déclarent être dérangés par le bruit durant la journée, tandis que 30 % signalent une gêne nocturne, ce qui confirme la persistance du problème sur l'ensemble du cycle journalier. Cette enquête met ainsi en lumière le caractère subjectif de la perception du bruit, où l'exposition prolongée influence directement la qualité de vie et le bien-être des résidents.

Par ailleurs, une analyse a été menée afin d'évaluer la conscience publique face aux effets du bruit sur la santé et aux cadres réglementaires existants. Il en ressort que 65 % des répondants ne sont pas conscients des impacts négatifs du bruit sur la santé, tandis que 58 % ne savent pas qu'il existe une réglementation nationale sur le bruit. Ces résultats traduisent un manque d'information et de sensibilisation sur la problématique du bruit, renforçant ainsi la nécessité d'actions de prévention et de régulation plus efficaces.

Afin de compléter cette étude subjective par une analyse objective, une campagne de mesures acoustiques In-Situ a été réalisée selon un protocole rigoureusement défini, intégrant des paramètres temporels et spatiaux précis. D'abord une évaluation préliminaire a été effectuée pour bien déterminer le protocole principal, voir la figure 103, et par la suite l'application du protocole principale.



Figure 103 : Image satellitaire de la cartographie sonore de la cité Champs de Manoeuvre via Noise Capture0 ; Source : (Boulemaredj & Haridi, 2022; Boulemaredj, 2023)

Les résultats obtenus durant le week-end, période généralement plus calme, confirment les tendances observées lors de l'enquête subjective. Les niveaux sonores mesurés en $L_{Aeq,1min}$ varient entre 51 dB et 70 dB, ce qui reste relativement élevé pour un environnement résidentiel. Cependant, durant les jours de la semaine, où l'activité urbaine est plus intense, les niveaux relevés sont nettement plus élevés, oscillant entre 70 dB et 89 dB. Ces valeurs dépassent largement le seuil admissible de 70 dB fixé par la réglementation algérienne pour les zones résidentielles et les nuisances de voisinage, voir figure 104.

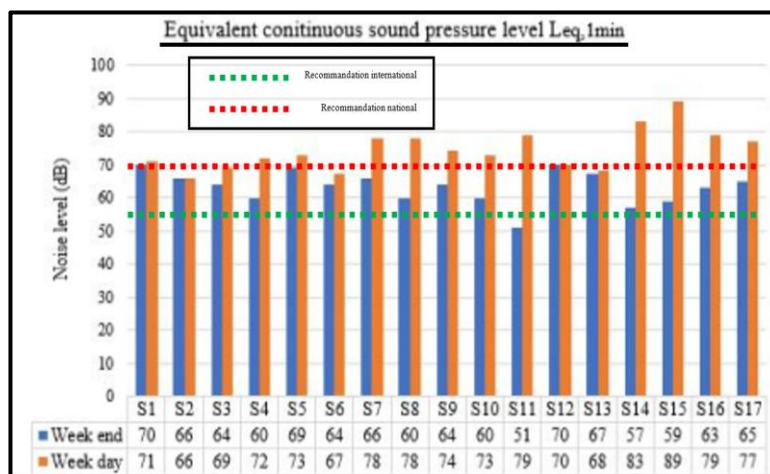


Figure 104 : Les fluctuations du $L_{Aeq,1min}$ dans les 17 stations de mesure ; Source : (Boulemaredj & Haridi, 2022; Boulemaredj, 2023)

Ces résultats démontrent une réalité sonore préoccupante dans les zones urbaines du nord algérien, où les niveaux sonores dépassent les seuils réglementaires, affectant ainsi significativement la qualité de vie des habitants. L'ensemble de ces observations souligne l'urgence d'une gestion acoustique urbaine plus rigoureuse, incluant des stratégies d'atténuation du bruit et une sensibilisation accrue des citoyens aux enjeux de la pollution sonore (Boulemaredj & Haridi, 2022, 2023).

5.2. Études de l'acoustique du bâtiment

5.2.1. L'acoustique dans le bâtiment résidentiel

a) Les maisons traditionnelles

L'étude sur l'acoustique dans les maisons traditionnelles en Algérie remonte en 2003 à travers une étude sur le confort sonore dans les maisons traditionnelles, une typologie spécifique au contexte ancien algérien et qui demeurent habitables grâce aux différents action de restauration et de réhabilitation, cette typologie marquée par les impasses qui désertent généralement deux à trois maisons qui désigne acoustique comme « Stop bruit ». Ces maisons sont situées dans des zones denses bruyantes marquées par les marchés publics et les activités artisanales et commerciales, ce qui divers les sources du bruit, voir la figure 105.

Cependant, l'architecture traditionnelle ou bien l'architecture introvertie présente une qualité sonore relativement bonne grâce à sa conception isolée avec l'extérieur et la seule connexion se fait à travers les patios, en favorisant l'intimité par rapport à l'extérieur. Cette architecture a permis de mesurer un niveau sonore moyenne de 42 dBA dans l'espace d'accueil sous forme de vestibule et qui sert comme un piège à son, voir la figure 105, de ce fait, l'espace intérieur est totalement dissocié du monde extérieur, on entend que le bruit favorable des femmes, parfois des animaux domestiques ainsi que les ruissèlements des eaux des fontaines interne (Benzagouta-debache & Filali, 2003; Debache-Benzagouta & Filali, 2004).

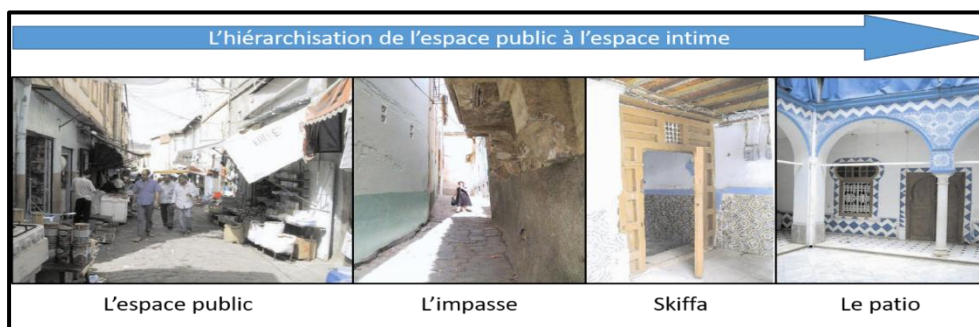


Figure 105 : la hiérarchisation des espaces dans La médina de Constantine ; Source : (Benzagouta-debache & Filali, 2003; Samira & Salah, 2004)

L'étude des parcours sonores dans plusieurs maisons traditionnelles de la médina met en évidence l'influence de la configuration spatiale et des matériaux de construction sur la perception et la réduction du bruit. Trois maisons situées à Rahbat Essouf, Droudj Ramah et sur la place de Sidi Djellis ont fait l'objet de mesures acoustiques afin d'évaluer l'atténuation progressive des nuisances sonores entre l'espace public et l'intérieur domestique.

Les mesures effectuées dans ces trois maisons illustrent la capacité de la morphologie urbaine et de l'architecture traditionnelle à filtrer et atténuer les nuisances sonores, voir le tableau 9.

L'intensité du bruit varie selon l'environnement et l'implantation de la maison. Le parcours sonore suit une logique de sectorisation de l'espace : des rues publiques bruyantes aux impasses et vestibules atténuant progressivement le bruit, pour aboutir à des patios où le calme prévaut.

Tableau 9 : Atténuation du bruit en fonction de la hiérarchisation des espace de l'espace public à l'espace privé ; Source : (Benzagouta-debache & Filali, 2003)

Hiérarchie des espaces	Maison de Rahbat Essouf	Maison de Droudj Ramah	Maison sur la Place de Sidi Djellis
1-Milieu de la place	71 dBA	/	69 dBA
2- Ruelle d'accès	68 dbA	67 dBA	63 dBA
3- Impasse	55 dBA	49 dBA	57 dBA
4- Skiffa	49 dbA	43 dBA	45 dBA
5- Patio	46 dBA	42 dBA	43 dBA
6- Pièce du rez-de-chaussée	/	43 dBA	Ente 41 et 43 dBA

L'acoustique joue un rôle important dans la perception des espaces traditionnels, renforçant la distinction entre l'intérieur et l'extérieur, et préservant l'intimité des habitants. Ce phénomène repose en grande partie sur plusieurs stratégies architecturales :

- Les matériaux : L'usage de murs en maçonnerie massive absorbe et dissipe les ondes sonores, limitant leur intrusion.
- Les finitions : Le badigeonnage traditionnel crée des surfaces rugueuses hautement absorbantes.
- Les ouvertures : Les petites fenêtres limitent la pénétration du bruit extérieur.
- Les entrées en chicane : Ces structures agissent comme des sas acoustiques.
- Les planchers en bois : Leur composition hétérogène offre une isolation efficace contre les bruits d'impact.

L'organisation spatiale et les matériaux de construction des maisons traditionnelles de la médina permettent une réduction progressive des nuisances sonores, assurant un environnement domestique paisible malgré l'intensité des activités urbaines extérieures. Cette approche architecturale mériterait d'être étudiée et réinterprétée dans la conception des espaces contemporains afin d'améliorer le confort acoustique en milieu urbain (Benzagouta-debache & Filali, 2003; Debache-Benzagouta & Filali, 2004).

En 2010, une autre étude a été menée sur une maison traditionnelle ottomane située à 80 mètres de l'autoroute Alger-Ouest. Cette recherche s'est appuyée sur des mesures in situ afin d'évaluer le bruit extérieur, le bruit intérieur ainsi que la performance d'isolation de la façade (Gramez, 2010).

Les relevés effectués en journée ont révélé un L_{Aeq} de 63 dBA à une distance de 12 mètres de l'axe routier, et de 60 dBA à seulement 2 mètres de la façade exposée à l'autoroute, voir les figures 106 et 107. Ces valeurs restent conformes à la réglementation acoustique algérienne, qui fixe un seuil maximal de 70 dBA pour ce type d'environnement. Cependant, le propriétaire de la maison perçoit un gêne sonore significatif dû au trafic et envisage l'installation d'une barrière végétale dans l'espoir d'atténuer l'impact du bruit routier. Cette démarche illustre l'importance des recommandations internationales, qui préconisent un niveau sonore ne dépassant pas 55 dBA pour garantir un confort acoustique optimal.

Afin d'évaluer objectivement la capacité d'isolation de la façade, des mesures complémentaires ont été réalisées en comparant le niveau sonore extérieur à celui perçu à l'intérieur du bâtiment, voir la figure 108. Les résultats ont mis en évidence un niveau de 70 dBA à l'extérieur, contre 41 dBA à l'intérieur, indiquant ainsi une isolation acoustique de façade D_{nA} de 29 dBA (Gramez, 2010).

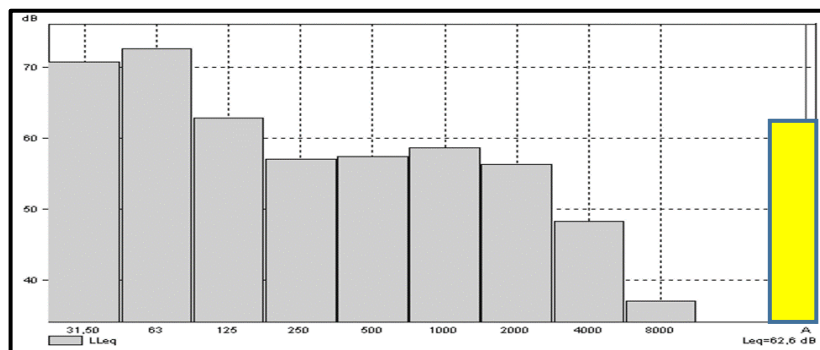
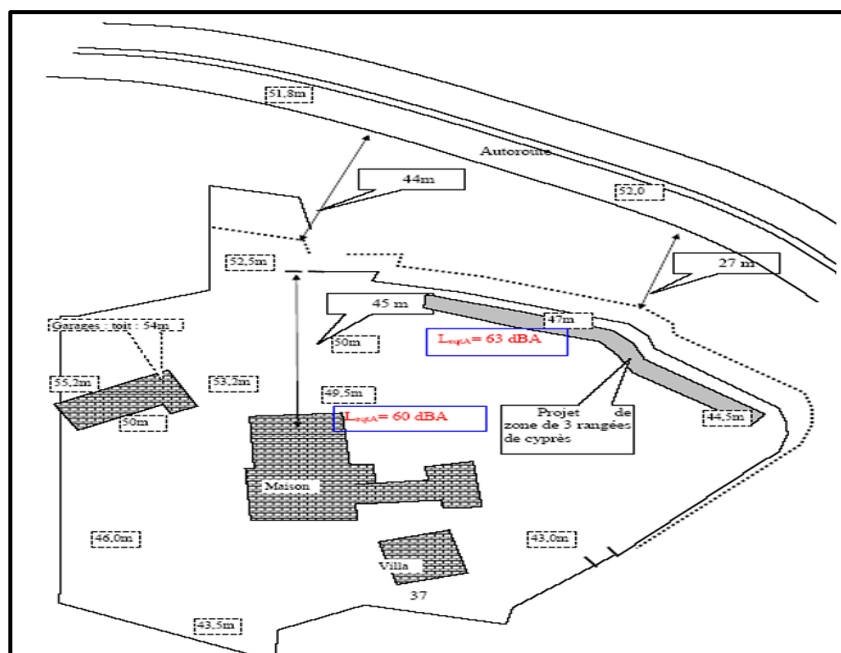


Figure 106 : Niveau de pression acoustique continu pondéré A mesuré dans le jardin ; Source : (Gramez, 2010)



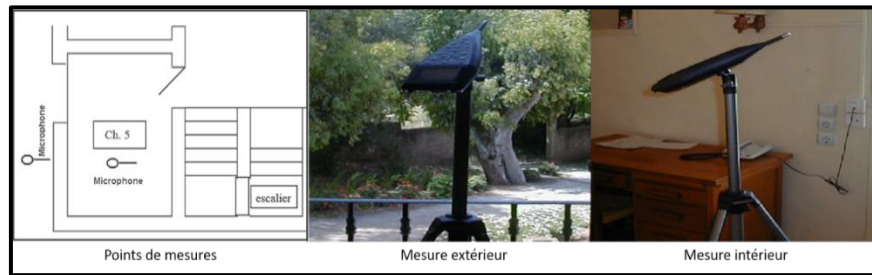


Figure 108 : Les points de mesures de l'isolation de la façade ; Source : (Gramez, 2010)

b) Le logement collectif social

Une étude en 2021 conduite sur les performance d'isolation acoustique dans le logement collectif social qui sont construits avec la technique du tunnel de coffrage, voir la figure 109. L'étude met en évidence l'absence de réglementation acoustique locale et la nécessité de fixer des normes pour assurer un confort sonore adéquat (Gramez et al., 2021).



Figure 109 : Vue extérieure du site d'étude ; Source : (Gramez et al., 2021)

Cette étude est motivée à cause des nombreuses plaintes liées aux nuisances sonores dans les logements sociaux, elle vise à évaluer et classifier objectivement l'isolation acoustique de ces bâtiments en effectuant des mesures In-Situ sur différents types de bruits :

- Isolation aux bruits aériens
- Isolation aux bruits d'impact
- Isolation des façades

Les mesures ont été effectuées sur des bâtiments collectifs récents situés en périphérie d'Alger. L'analyse repose sur les normes internationales ISO 16283-1, 16283-2 et 16283-3. Les résultats montrent que, voir la figure 110 :

- L'isolation aux bruits aériens, entre les pièces et les appartements, classifié D et qui est jugée insuffisante, avec des performances proches des valeurs minimales recommandées.
- L'isolation aux bruits d'impact est particulièrement mauvaise, classifié F, avec des valeurs élevées de transmission sonore, provoquant un inconfort notable.
- L'isolation des façades offre un niveau de protection acoustique acceptable, classifié C, mais reste en dessous des normes internationales.

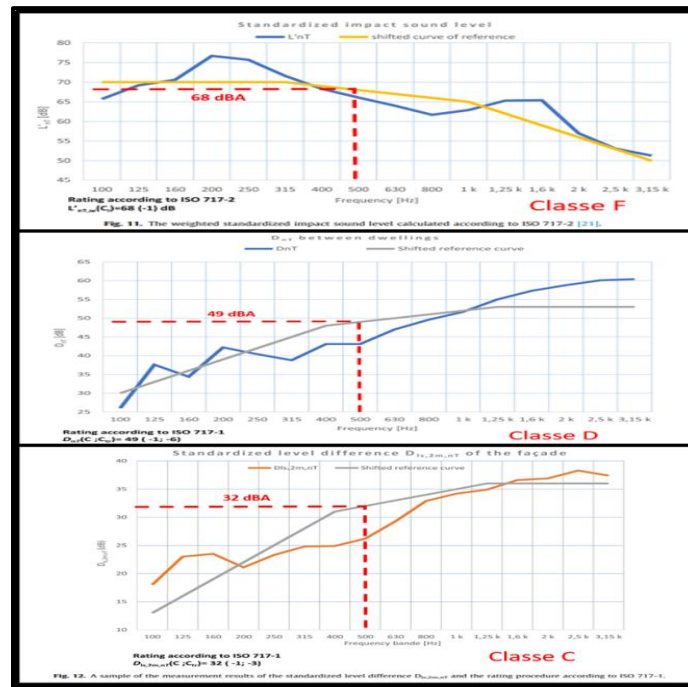


Figure 110 : les résultats de l'isolation acoustique aérienne, d'impact et de la façade ; Source : (Gramez et al., 2021)

De plus, l'étude souligne l'urgence d'une réglementation acoustique en Algérie pour encadrer la construction des logements sociaux. Il est recommandé d'intégrer des matériaux et techniques d'isolation plus performants afin d'améliorer le confort acoustique des habitants et de prévenir les conflits de voisinage liés au bruit (Gramez et al., 2021).

5.2.2. L'acoustique dans le bâtiment public à caractère cognitif

a) L'acoustique dans le bâtiment religieux « La mosquée »

En 2016, une première étude en ce qui concerne ce type de bâtiment a été effectuée, elle s'intéresse à la qualité acoustique des mosquées et à l'importance d'une bonne conception architecturale pour garantir une intelligibilité optimale du discours religieux. Les mosquées, en tant qu'espaces dédiés à la prière et à la transmission du savoir, ont nécessairement un environnement sonore adéquat pour assurer une écoute claire et intelligible des sermons et des récitations coraniques. Pourtant, ces aspects acoustiques sont souvent négligés lors de la conception des édifices, entraînant des problèmes de réverbération excessive et une mauvaise diffusion du son (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Filali, 2016).

Pour répondre à cette problématique, l'auteur a réalisé une analyse approfondie en utilisant des outils de simulation numérique, notamment le logiciel « EASE 4.4 », afin de modéliser l'acoustique de deux mosquées en Algérie, Ibn-Elarabi et Ennoor, voir la figure 111. L'objectif était d'évaluer la propagation sonore et d'identifier les déficiences liées au temps de réverbération, un paramètre clé influençant l'intelligibilité de la parole. La méthodologie repose

sur une approche en plusieurs étapes : une première phase de modélisation géométrique des mosquées en 3D, suivie d'une étude détaillée des matériaux de construction et de leurs propriétés acoustiques. La simulation du temps de réverbération a ensuite permis d'établir un diagnostic précis de la qualité sonore dans ces espaces.

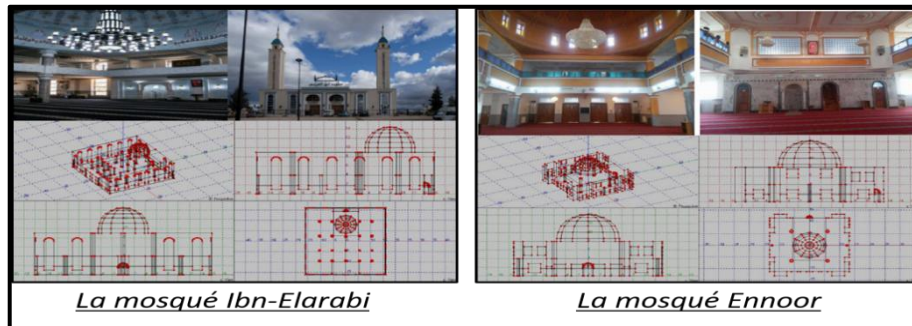


Figure 111 : Photos des mosquées, cas d'études et ses modélisations ; Source : (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Fillali, 2016)

Les résultats obtenus révèlent que le temps de réverbération mesuré dans ces mosquées dépasse les seuils recommandés pour assurer une écoute claire. Dans la mosquée Ibn-Elarabi, la réverbération à 500 Hz atteint 3,27 secondes, alors que les normes proposent une valeur optimale d'environ 2,4 secondes pour un édifice de ce volume. De même, la mosquée Ennoor présente un temps de réverbération de 2,95 secondes, confirmant une insuffisamment acoustique maîtrisée. Ce phénomène s'explique en grande partie par l'utilisation de matériaux fortement réfléchissants tels que le marbre, la faïence et le plâtre, qui accentuent la persistance du son et nuisent à l'intelligibilité des discours prononcés.

L'étude propose une optimisation des surfaces intérieures afin de réduire la réverbération excessive. Plusieurs modifications ont été testées en intégrant des matériaux plus absorbants, tels qu'une moquette spécifique à haute absorption et un plâtre acoustique. Après ces corrections, les simulations montrent une nette des performances acoustiques, avec une réduction du temps de réverbération à 1,9 seconde, garantissant ainsi une bien meilleure clarté du son, voir la figure 112.

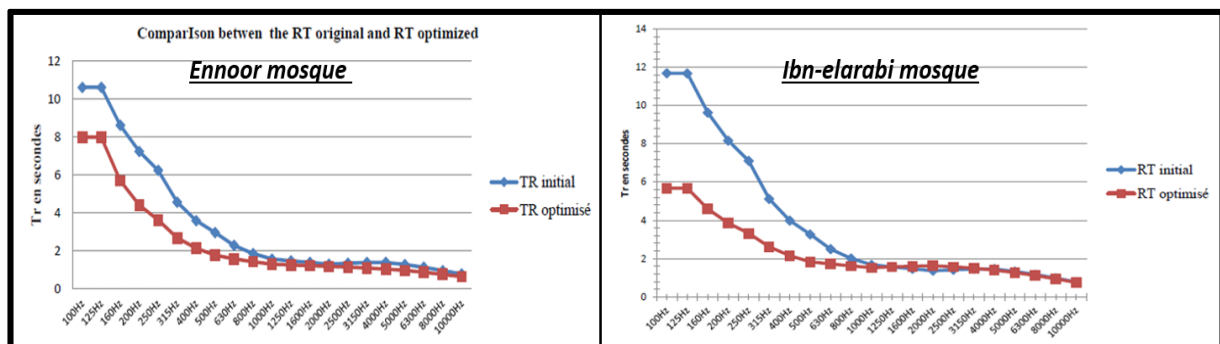


Figure 112 : les résultats de l'optimisation du RT dans les deux mosquées par rapport aux résultats mesurés ; Source : (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Fillali, 2016)

L'étude souligne l'importance de l'acoustique dans la conception des mosquées et met en avant la nécessité de prendre en compte ces critères dès la phase de conception architecturale. L'utilisation de revêtements absorbants, la réorganisation des surfaces réfléchissantes et une meilleure disposition des éléments architecturaux sont autant de solutions qui permettent d'optimiser la diffusion sonore. Cette recherche met en évidence l'intérêt des outils de simulation numérique dans l'amélioration du confort acoustique des espaces de culte et ouvre la voie à une meilleure intégration des paramètres sonores dans la conception des bâtiments religieux (Benmaghsoula, 2016; Benmaghsoula & Filali, 2016).

A travers une première publication en 2023 et ensuite en 2025, une autre étude portée sur les mosquées a été effectuée, cette étude examine l'impact de l'occupation sur l'acoustique de la mosquée Jedid d'Alger en utilisant une simulation acoustique géométrique. Cette mosquée, construite en 1660 sous influence ottomane, présente une architecture imposante avec des surfaces fortement réfléchissantes qui influencent la propagation du son, voir la figure 113. L'étude commence par un étalonnage du modèle acoustique en conditions inoccupées, révélant une acoustique non diffuse de l'espace. Ensuite, l'occupation est intégrée dans la simulation afin d'évaluer son effet sur divers paramètres acoustiques, voir la figure 114 (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025).

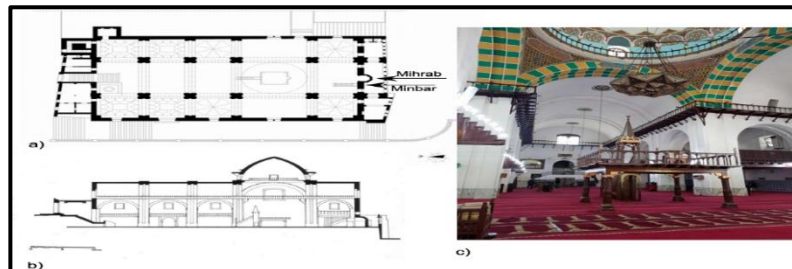


Figure 113 : présentation de la mosquée Jedid ; Source : (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025)

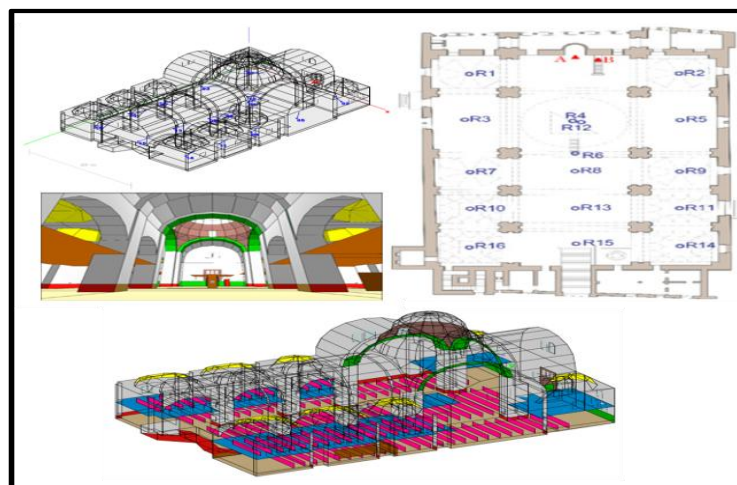


Figure 114 : Modélisation et simulation de la mosquée Jedid à l'aide du CATT-Acoustic « CATT-A, v. 9.1g » ; Source : (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025)

Les résultats montrent que l'absorption sonore due aux fidèles modifie significativement la réverbération. En particulier, le temps de réverbération « T_{30} » passe de 3,4 secondes à 2,4 secondes dans les fréquences médianes une fois la mosquée occupée. Les variations sont moindres dans les fréquences aiguës et graves en raison de la répartition des matériaux absorbants, notamment les tapis qui recouvrent le sol. L'indice de clarté « C_{50} » subit des variations plus faibles, environ 1,4 dB en moyenne, ce qui indique une influence limitée de l'occupation sur l'intelligibilité du discours. En revanche, le temps d'intelligibilité précoce « EDT » diminue d'environ 1 seconde, ce qui traduit un notable du confort acoustique.

L'étude met également en évidence l'importance du modèle utilisé pour représenter les fidèles dans la simulation. En effet, au lieu d'un simple bloc absorbant, l'approche retenue consiste à modéliser les fidèles sous forme de surfaces verticales « baffles » dont les propriétés d'absorption sont dépendantes en fonction de la posture des occupants, debout ou assis. Cette méthode permet d'obtenir une correspondance plus précise avec les mesures effectuées in situ.

Cette recherche illustre l'impact significatif de l'occupation sur l'acoustique des mosquées et met en avant la nécessité d'adopter des modèles adaptés pour représenter les fidèles dans les simulations. L'absorption acoustique concentrée sur le sol et l'effet de la posture des occupants sont des paramètres essentiels à considérer pour une meilleure modélisation de ces espaces de culte (Benferhat et al., 2023; Ladaoui Benferhat & Debache Benzagouta, 2023; Martellotta et al., 2025).

b) L'acoustique dans le bâtiment de conférence

En 2017, une autre étude a été portée sur le bâtiment public à caractère conférencier, cette étude souligne les performances acoustiques d'une salle de conférence située dans un bâtiment public récent, voir la figure 115. L'étude se concentre sur plusieurs paramètres essentiels au confort acoustique, notamment le bruit ambiant intérieur et extérieur, l'isolation acoustique intérieure et le temps de réverbération (Gramez & Boubenider, 2017).



Figure 115 : photo de la salle de conférence analysée ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)

L'objectif principal de cette étude est de comparer les mesures acoustiques aux recommandations des normes nationales et internationales afin d'évaluer la qualité sonore de la salle de conférence. L'analyse repose sur :

- Mesures du bruit ambiant dans différentes conditions (CVC éteint et allumé).
- Évaluation de l'isolement des parois séparant la salle de conférence des espaces techniques.
- Analyse du temps de réverbération, essentielle pour l'intelligibilité de la parole.

Les mesures ont été réalisées à l'aide du système Brüel & Kjaer et des normes ISO 717-1 et ISO 16283-1 ont été utilisées comme références pour l'évaluation des performances acoustiques.

L'étude révèle que le niveau de bruit ambiant varie considérablement en fonction de l'état de fonctionnement des systèmes de ventilation et de climatisation (HVAC). Lorsque ces derniers sont éteints, le niveau de pression acoustique mesuré est de 32 dBA, une valeur conforme aux seuils recommandés et considérée comme acceptable pour une salle de conférence. En revanche, dès que les systèmes de ventilation sont activés, le bruit ambiant augmente significativement pour atteindre une fourchette comprise entre 49 et 52 dBA, voir la figure 116. Ce niveau sonore dépasse les valeurs limites généralement admises, qui se situent entre 35 et 40 dBA pour assurer une communication claire et intelligible. Cette hausse du bruit de fond est directement liée à la proximité immédiate de la salle des machines, où le niveau sonore mesuré atteint 68 dBA, générant une nuisance importante qui se propage jusqu'à la salle de conférence en raison d'une isolation insuffisante.

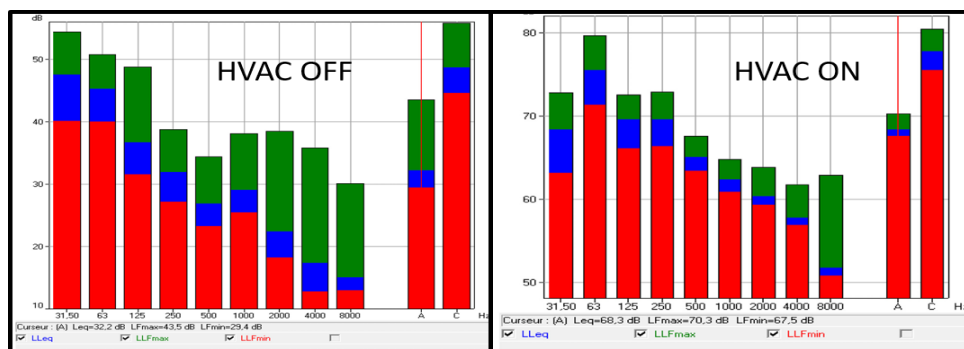


Figure 116 : L_{Aeq} lorsque le HVAC est actif et non actif ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)

L'évaluation de l'isolation acoustique met en évidence des déficiences majeures, voir la figure 117. Les mesures effectuées montrent que l'indice d'affaiblissement acoustique apparent de la cloison séparant la salle technique et la salle de conférence est de seulement 21 dB. Cette valeur est bien inférieure aux exigences minimales qui recommandent un indice d'au moins 50 dB pour limiter efficacement la transmission des bruits entre espaces adjacents. La conception des

parois, constituées de plaques de plâtre BA13 montées sur une ossature métallique avec une isolation en laine de verre, ne permet pas d'atténuer suffisamment les nuisances sonores. De plus, la présence d'une porte ordinaire accentue encore la transmission du bruit, réduisant ainsi l'efficacité globale de l'isolation phonique de la salle.

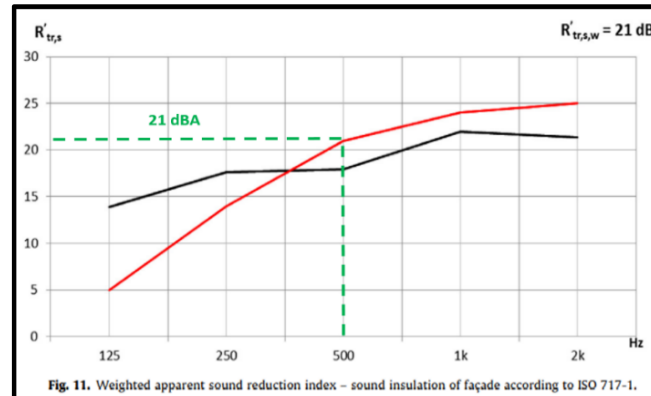


Figure 117 : Isolation de la paroi extérieure ou de la façade ;
Source : (Gramez & Boubenider, 2017)

L'analyse du temps de réverbération confirme également la mauvaise qualité acoustique de l'espace. Les mesures réalisées indiquent une valeur moyenne de 1,27 seconde, ce qui excède le seuil recommandé d'un maximum de 1 seconde pour une salle de conférence, voir la figure 118. Cette réverbération excessive est attribuée aux matériaux de finition utilisés dans la salle, notamment les surfaces vitrées, les plaques de plâtre peintes et le marbre, qui ont un fort pouvoir réfléchissant et limitent l'absorption sonore. Cette caractéristique amplifie les échos et réduit l'intelligibilité de la parole, rendant la communication verbale difficile, en particulier pour les auditeurs situés à l'arrière de la salle.

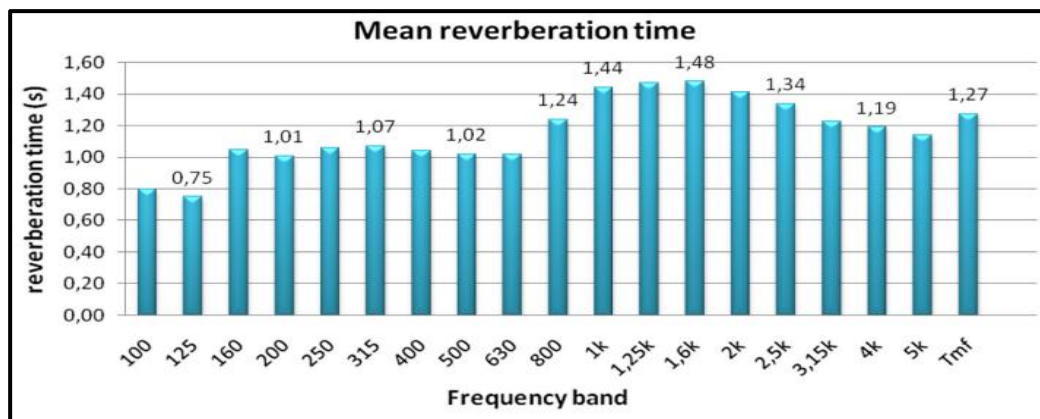


Figure 118 : les résultats des mesures du temps de réverbération ; Source : (Gramez & Boubenider, 2017)

Cette étude met en lumière les lacunes acoustiques d'une salle de conférence dont la conception n'a pas suffisamment pris en compte les exigences sonores nécessaires à un espace de communication orale. Ces résultats soulignent l'importance d'intégrer les critères acoustiques

dès la phase de conception des bâtiments afin d'éviter les désagréments liés aux nuisances sonores et d'assurer un environnement adapté à son usage prévu (Gramez & Boubenider, 2017).

c) L'acoustique des salles de classe

Une étude publiée en 2024 qui s'intéresse à la caractérisation acoustique et à l'optimisation des conditions sonores dans les salles de classe de la Faculté d'Architecture de Constantine, en Algérie. La qualité acoustique des espaces d'enseignement joue un rôle important dans la transmission des connaissances et l'intelligibilité de la parole. Pourtant, dans de nombreuses salles de cours, des problèmes tels qu'un temps de réverbération excessif et un bruit de fond élevé altèrent le confort auditif et nuisent aux échanges entre enseignants et étudiants (Benmaghsoula, 2024).

Afin de mieux comprendre ces problématiques, l'auteur a mené une étude comparative sur deux salles de classe aux configurations architecturales similaires, mais présentant des hauteurs de plafond différentes, ce qui impacte leur volume et leurs propriétés acoustiques, voir les figures 119 et 120. À l'aide du logiciel « EASE 4.4 », des simulations ont été réalisées pour analyser plusieurs paramètres acoustiques, notamment le temps de réverbération « T_{60} », la clarté de la parole « C_{50} » et l'intelligibilité « STI ».



Figure 119 : Photos des deux classes comprises dans l'étude ; Source : (Benmaghsoula, 2024)

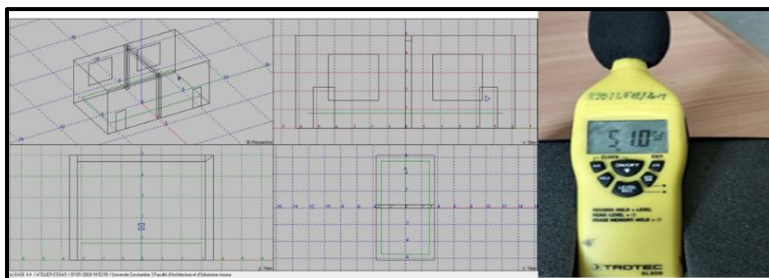


Figure 120 : Matériel et logiciel mobilisé dans l'étude ; (Benmaghsoula, 2024)

Les résultats obtenus montrent que dans leur état initial, les deux salles présentes étaient des temps de réverbération bien supérieurs aux normes recommandées. Pour la salle ayant la plus grande hauteur sous plafond, le T_{60} atteignait 5,38 secondes, tandis que pour l'autre, il était de 3,42 secondes, alors que la valeur optimale pour un bon confort acoustique dans une salle de

classe est d'environ 0,7 seconde. Cette réverbération excessive engendrait un effet d'écho, rendant la parole moins intelligible et entraînant une fatigue auditive pour les étudiants.

La clarté de la parole « C_{50} », paramètre essentiel pour mesurer la perception des sons, affichait des valeurs moyennes de -7 dB dans les deux salles, indiquant une faible distinction entre les sons directs et réverbérés. Quant à l'indice d'intelligibilité « STI », il était de 0,2 dans la salle la plus grande et de 0,35 dans la plus petite, alors que la valeur minimale recommandée pour un bon confort d'écoute est 0,6. Ces résultats confirment que l'acoustique des salles était insuffisante pour garantir une bonne transmission de la parole.

Des corrections acoustiques ont été proposées afin de réduire la réverbération et d'améliorer l'intelligibilité. Les solutions retenues comprenaient :

- L'installation d'un faux plafond acoustique dans la salle la plus grande, afin de réduire son volume et d'absorber une partie des réflexions sonores.
- L'ajout de panneaux absorbants sur les murs opposés aux fenêtres, pour limiter les réflexions parasites et améliorer la diffusion du son.
- L'optimisation du choix des matériaux, avec l'utilisation de surfaces plus absorbantes pour compenser la prédominance des matériaux réfléchissants présents initialement.

Après l'application de ces corrections, de nouvelles simulations ont été réalisées pour vérifier leur efficacité. Les résultats montrent une nette des performances acoustiques. Le temps de réverbération « T_{60} » a été réduit à 0,63 seconde dans la salle la plus grande et à 0,55 seconde dans l'autre, atteignant ainsi des niveaux conformes aux recommandations pour les espaces d'enseignement. La clarté de la parole « C_{50} » est passée de -7 dB à 1,61 dB pour la première salle et à 1,27 dB pour la seconde, traduisant une meilleure perception des sons directs. Enfin, l'indice d'intelligibilité « STI » a progressé pour atteindre 0,58 et 0,57, se rapprochant de la valeur optimale de 0,6, voir les figures 121 et les tableaux 10 et 11.



Figure 121 : Le temps de réverbération avant et après corrections dans les classes ; Source : (Benmaghsoula, 2024)

Tableau 10 : la Clarté C50 avant et après corrections dans les deux classes : (Benmaghsoula, 2024)

C50 values of A and B classroom	Classroom A before correction	Classroom A after correction	Classroom B before correction	Classroom B after correction
Average values of C50	-7.01 dB	1.61dB	-7.07 dB	1.27dB
Minimum C50values	-7.90 dB	0.43 dB	-7.67 dB	0.46 dB
Maximum C50values	-1.96 dB	7.63 dB	-2.57 dB	6.75 dB

Tableau 11 : STI avant et après corrections dans les deux salles ; Source : (Benmaghsoula, 2024)

STI values before and after correction	Classroom A before correction	Classroom A after correction	Classroom B before correction	Classroom B after correction
Average values of STI	0.206	0.587	0.351	0.576
Minimum STI values	0.192	0.566	0.337	0.559
Maximum C50values	0.311	0.716	0.437	0.676

Cette étude démontre que l'acoustique des salles de classe peut être significativement améliorée par des interventions ciblées sur des simulations numériques. L'utilisation de panneaux absorbants et la réduction du volume des salles permettent de limiter la réverbération et d'optimiser l'intelligibilité de la parole, contribuant ainsi à un meilleur confort auditif et à une transmission plus efficace des connaissances. Ces résultats soulignent l'importance d'intégrer l'acoustique dès la phase de conception des espaces d'enseignement afin de garantir des conditions optimales pour les étudiants et les enseignants (Benmaghsoula, 2024).

5.3. Phénomène du bruit dans le bâtiment hospitalier

Le bruit en milieu hospitalier est une problématique étudiée à l'échelle internationale, en raison de son impact direct sur la qualité des soins, le bien-être des patients et les conditions de travail du personnel soignant. De nombreuses recherches menées dans les pays développés ont démontré que les niveaux sonores dans les hôpitaux dépassent largement les recommandations et souvent même les réglementations, ce qui compromet le repos des patients, augmente le stress des soignants et nuit à la communication au sein des services hospitaliers.

Si la situation est déjà alarmante dans les systèmes de santé les plus avancés, elle ouvre une question fondamentale sur l'état des hôpitaux dans les pays où l'acoustique architecturale est un paramètre ignoré ou sous-estimé lors de la conception et de la rénovation des établissements hospitaliers. En Afrique et dans le Maghreb, la littérature scientifique sur cette thématique demeure extrêmement limitée, et les rares études existantes se concentrent essentiellement sur les aspects thermiques et fonctionnels des infrastructures hospitalières, sans prendre en compte le rôle fondamental du confort acoustique.

En Algérie, l'acoustique architecturale a fait l'objet de plusieurs études, mais celles-ci se sont essentiellement concentrées sur deux types de bâtiments : les logements résidentiels, où

l'isolation phonique et l'exposition aux nuisances sonores urbaines ont été largement abordées, et les bâtiments publics à vocation éducative et cognitive, où l'accent a été mis sur l'impact du bruit sur la concentration et la performance des apprenants. Cependant, le bâtiment hospitalier, un environnement critique où le silence et le contrôle du bruit sont essentiels, n'a jamais été examiné ni même considéré comme un objet de recherche en Algérie.

Cette absence d'études est d'autant plus préoccupante que le bruit en milieu hospitalier affecte directement les populations vulnérables, nécessitant des conditions optimales de repos et de soins. Contrairement aux bâtiments résidentiels ou éducatifs, où les nuisances sonores peuvent perturber le confort ou l'apprentissage, le bruit excessif dans un hôpital peut retarder la guérison des patients, générer des erreurs médicales dues à un manque de concentration du personnel et altérer la communication entre soignants et malades.

Ainsi, la pertinence de cette recherche repose sur la nécessité de combler un vide scientifique en réalisant une première évaluation du phénomène du bruit dans les hôpitaux algériens. Cette étude vise à identifier les principales sources sonores dans ces établissements, à mesurer leurs effets sur les patients et le personnel médical, et à établir une base de connaissances permettant d'ouvrir la voie à une réflexion plus large sur l'acoustique hospitalière en Algérie. Dans un contexte où les études internationales montrent que même les systèmes hospitaliers les plus avancés peinent à contrôler les nuisances sonores, il est important d'interroger la situation algérienne, qui demeure totalement inexplorée. Cette démarche permettra non seulement de sensibiliser les acteurs du secteur de la santé aux enjeux du confort acoustique, mais aussi d'envisager des solutions adaptées aux réalités locales pour améliorer l'environnement sonore des hôpitaux du pays.

5.4. L'expérience normative algérienne sur l'acoustique des hôpitaux

5.4.1. Le décret exécutif n° 93-184 du 27 Juillet 1993

Ce décret réglementant l'émission du bruit a abordé brièvement les limites admissibles du bruit à l'extérieur des établissements hospitaliers en indiquant que « *les niveaux sonores maximums admis au voisinage immédiat des établissements hospitaliers ou d'enseignement et dans les aires de repos et de détente ainsi que dans leur enceinte sont de 45 dB en période diurne et de 40 dB en période nocturne* ». Ce décret qui n'est pas actualisé ou modifié jusqu'à nos jours, et qui a traité l'acoustique des hôpitaux de la même façon que les établissements d'enseignement et les aires de repos et de détente malgré la sensibilité élevée du contexte hospitalier. En outre, cette unique réglementation pour les hôpitaux spécifie uniquement les valeurs limites au voisinage

immédiat des hôpitaux ainsi que dans leur enceinte, ceci est sans spécifiant les valeurs limites liées à l'intérieure, ou encore plus, sans spécifiant les valeurs limites spécifiques aux différents espaces de l'hôpital qui sont diverses et différents en matière d'exigences.

5.4.2. Instruction du ministère de la santé n°2 du 05/03/2022

Cette instruction, voir la figure 122, portant sur le réaménagement, l'organisation et la gestion des polycliniques, souligne l'importance de la prise en compte de l'isolation acoustique dans le cadre de la nouvelle logique de fonctionnement en continu, 24h/24h. Bien que cette initiative constitue une avancée notable dans l'amélioration des conditions sonores des polycliniques, mais elle demeure limitée dans son application, ne précisant ni les critères techniques requis ni les valeurs limites à respecter en matière de confort acoustique. L'absence de directives claires compromet ainsi l'efficacité de cette mesure et laisse place à des interprétations variables, risquant de nuire à l'atteinte des objectifs recherchés en matière d'environnement sonore optimal au sein des polycliniques.

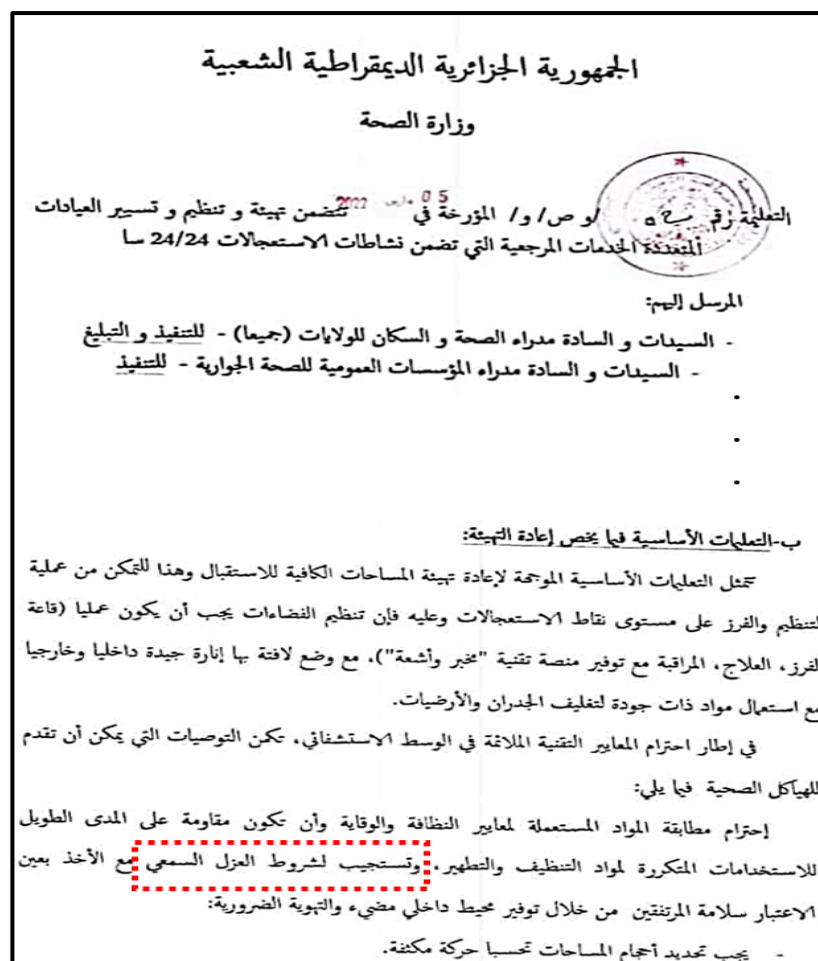


Figure 122 :Instruction du ministère de la santé n°2 du 05/03/2022 ; Source :
Ministère de la santé de l'Algérie, 2022

Conclusion

L'analyse du confort acoustique dans les hôpitaux met en évidence une problématique critique qui influe directement sur la qualité des soins et le bien-être des usagers. Les niveaux sonores excessifs relevés dans ces établissements ont des répercussions notables sur la santé des patients, en perturbant leur sommeil, en augmentant leur stress et en ralentissant leur processus de guérison. Le personnel médical, quant à lui, subit une pression accumulée due aux nuisances sonores constantes, ce qui peut affecter sa concentration, sa prise de décision, et de ce fait, la qualité des soins prodigués.

Les recherches et les études réalisées à l'échelle internationale démontrent que les hôpitaux dépassent souvent les seuils acoustiques recommandés, soulignant ainsi la nécessité d'une réglementation plus stricte et d'une meilleure intégration des principes de conception acoustique dès la phase de planification des infrastructures hospitalières. Malgré les efforts de certaines institutions pour limiter l'impact du bruit, la diversité des sources sonores et la complexité des espaces hospitaliers rendent la gestion du confort acoustique particulièrement difficile.

La mise en place de solutions adaptées, telles que l'optimisation de l'aménagement intérieur, l'utilisation de matériaux absorbants, la limitation des bruits d'équipement et la formation du personnel à une meilleure gestion des nuisances sonores, est essentielle pour améliorer la situation. L'adoption de réglementations plus contraignantes et leur application effective sont également des facteurs indispensables pour garantir un environnement hospitalier propice au repos et à la récupération.

Ainsi, le confort acoustique en milieu hospitalier ne doit plus être perçu comme une simple contrainte technique, mais comme un élément fondamental de la qualité des soins et du bien-être des usagers. Il est impératif d'intégrer une approche globale et pluridisciplinaire, combinant architecture, ingénierie acoustique et gestion hospitalière, afin de concevoir des espaces adaptés aux exigences de la santé moderne. L'amélioration du paysage sonore hospitalier contribuera non seulement à l'apaisement des patients, mais aussi à l'efficacité des équipes médicales, garantissant ainsi une prise en charge plus humaine et plus efficace.

**Chapitre IV : Présentation du
contexte d'étude et Méthodologies
d'approche**

Introduction

L'optimisation du confort acoustique dans les établissements hospitaliers est un enjeu majeur, influençant directement la qualité des soins et le bien-être des patients et du personnel soignant. Dans ce contexte, la wilaya de Skikda a été sélectionnée comme terrain d'étude en raison de son importance régionale et de la diversité de son infrastructure hospitalière, qui regroupe plusieurs typologies d'établissements de santé. L'établissement hospitalier public Abderezzak Bouhara (EHP A.B), situé à Cicel et en périphérie de Skikda-Centre, a été retenu comme site d'investigation en raison de son rôle stratégique, de son organisation architecturale et des défis acoustiques qu'il présente.

Ce chapitre propose une double approche : d'une part, une analyse détaillée du contexte géographique, démographique, urbain, architectural et hospitalier de Skikda, et d'autre part, une présentation de la méthodologie adoptée pour évaluer et améliorer le confort acoustique de l'EHP A.B. L'étude repose sur une combinaison de mesures acoustiques in situ, d'analyses statistiques et de simulations numériques basées sur le logiciel Ramsete® 2.7. L'objectif est d'identifier les niveaux sonores existants, d'évaluer les performances d'isolation acoustique et de proposer des scénarios d'optimisation adaptés aux exigences hospitalières.

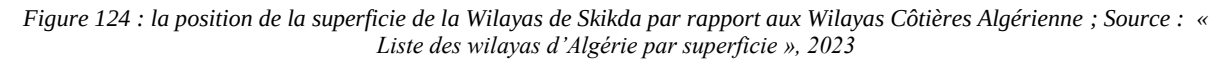
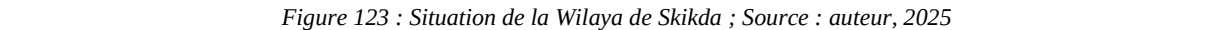
1. Critères du choix du cas d'étude Skikda

1.1. Présentation de la ville de Skikda

1.1.1. Situation de la Wilaya de Skikda

La wilaya de Skikda occupe une position géographique côtière en Nord-Est de l'Algérie, avec une superficie de plus que 4000 Km², voir la figure 123, ce qui en fait la plus vaste wilaya côtière de l'Est algérien et la troisième plus grande wilaya côtière à l'échelle nationale, après Tlemcen et Chlef (« Liste des wilayas d'Algérie par superficie », 2023), voir la figure 124. Cette superficie considérable place également Skikda parmi les grandes wilayas du nord du pays. Ce qui conduit l'état en 1974, à découper cette wilaya en 13 Daïras, et ensuite en 48 communes, ceci est pour faciliter la gestion administrative. Cette Wilayas est délimité :

- Nord : par la mer méditerranéenne.
- Sud : par les Wilayas de Mila, de Constantine et de Guelma.
- Est : par la Wilaya de Annaba.
- Ouest : par la Wilaya de Jijel.



La wilaya de Skikda, à l'instar des autres wilayas du nord de l'Algérie, se caractérise par une forte densité démographique en comparaison avec les wilayas du sud. Cette particularité résulte principalement de sa situation géographique, de son dynamisme économique et de l'attractivité de ses pôles urbains. L'analyse de son évolution démographique permet de mieux comprendre son poids au sein du paysage national et régional.

a) Évolution démographique : recensements de 1998 et 2008

Selon les données du recensement général de la population et de l'habitat de 1998, la population résidente des ménages ordinaires et collectifs dans la wilaya de Skikda était estimée à 786 154 habitants, représentant 2,7 % de la population totale du pays, qui s'élevait alors à 29 100 867 habitants. Cette population était répartie de manière équilibrée entre les sexes, avec 388 361 femmes et 397 793 hommes, soit également 2,7 % de la population féminine et masculine nationale.

Dix ans plus tard, lors du recensement de 2008, la population de la wilaya a connu une croissance significative pour atteindre 898 680 habitants, tandis que la population nationale s'élevait à 34 080 030 habitants, maintenant ainsi un taux de représentativité de 2,6 % à l'échelle nationale. La répartition par sexe révèle 446 288 femmes et 452 392 hommes, soit une répartition toujours équilibrée, représentant 2,6 % de la population nationale féminine et masculine, voir le tableau 12.

L'analyse du taux d'accroissement annuel moyen montre une progression relativement stable dans la wilaya de Skikda, avec un taux de 1,4 %, légèrement inférieur au taux national de 1,6 %. Cette tendance traduit une dynamique de croissance maîtrisée, influencée par divers facteurs socio-économiques et structurels (ONS : *Office National des Statistiques*, s. d.).

Tableau 12 : la démographie de la Wilaya de Skikda par rapport à l'échelle nationale durant les recensement des 1998 et 2008 ; Source : (ONS : Office National des Statistiques, s. d.)

Années	La Wilaya de Skikda			Algérie		
	Féminin	Masculin	Total	Féminin	Masculin	Total
1998	388361	397793	786154	14402278	14698589	29100867
2008	446288	452392	898680	16847283	17232747	34080030

b) Positionnement régional et national

Les données démographiques confirment l'importance de la wilaya de Skikda à l'échelle régionale et nationale. En 1998 comme en 2008, Skikda occupait le quatrième rang parmi les wilayas de l'Est algérien en termes de population résidente, après Sétif, Batna et Constantine, voir la figure 125. À l'échelle nationale, elle était classée 13^{ème} en 1998 avant de gagner une place pour atteindre la 12^{ème} position en 2008, dépassant ainsi la wilaya de Médéa (ONS : *Office National des Statistiques*, s. d.).

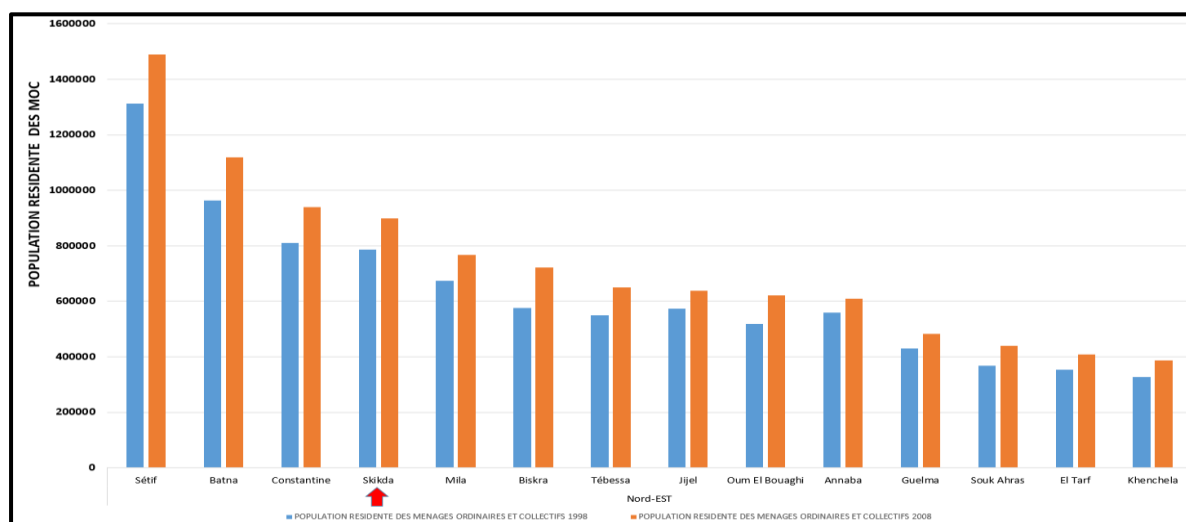


Figure 125 : La population résidente des ménages ordinaires et collectifs « MOC » dans les Wilayas du Nord-Est Algérien ; Source : (ONS : Office National des Statistiques, s. d.)

c) Perspectives démographiques et impact du découpage administratif

Les chiffres évoqués, bien que révélateurs des dynamiques passées, nécessitent une actualisation dans le contexte des transformations socio-économiques récentes. En effet, depuis le dernier recensement officiel de 2008, l'Algérie a connu des améliorations des conditions de vie et de santé, contribuant ainsi à un accroissement démographique potentiel.

Par ailleurs, la réforme administrative de 2019, qui a porté le nombre de wilayas algériennes de 48 à 58, a eu un impact sur la hiérarchie démographique nationale. Bien que la wilaya de Skikda n'ait pas été affectée par ce redécoupage, plusieurs wilayas avoisinantes ont vu leur périmètre modifié, notamment Sétif, Batna et Constantine, ce qui pourrait influencer son classement en matière de population résidente. De nouvelles données issues d'un recensement actualisé seront nécessaires pour confirmer l'évolution de son positionnement démographique et son éventuelle montée dans le classement national.

1.2. L'infrastructure hospitalière public de la Wilaya de Skikda : Critère du choix

1.2.1. L'infrastructure hospitalière public à Skikda : Typologies existantes

La wilaya de Skikda dispose d'une infrastructure sanitaire étendue, englobant toutes les typologies d'établissements de santé existantes en Algérie, à l'exception des CHU. En 2017, cette infrastructure comprenait 5 établissements de santé de proximité EPSP, regroupant 44 polycliniques, dont 9 avec des maternités intégrées, ainsi que 157 salles de soins.

La Wilaya de Skikda est équipée par un seul établissement hospitalier spécialisé EHS qui se situe à Harrouche et qui est spécialisé en Psychiatrie. Concernant les établissements publics hospitaliers EPHs, la wilaya compte 5 structures réparties stratégiquement sur le territoire,

comme l'illustre la figure 126. À cela s'ajoute une autre typologie dérivée des EPH : les établissements hospitaliers publics EHPs. Contrairement aux EPHs, qui ont une vocation administrative, les EHPs se distinguent par un caractère spécifique. Cette typologie est également présente dans d'autres wilayas, comme le montre le tableau 14 dans l’annexe 3.

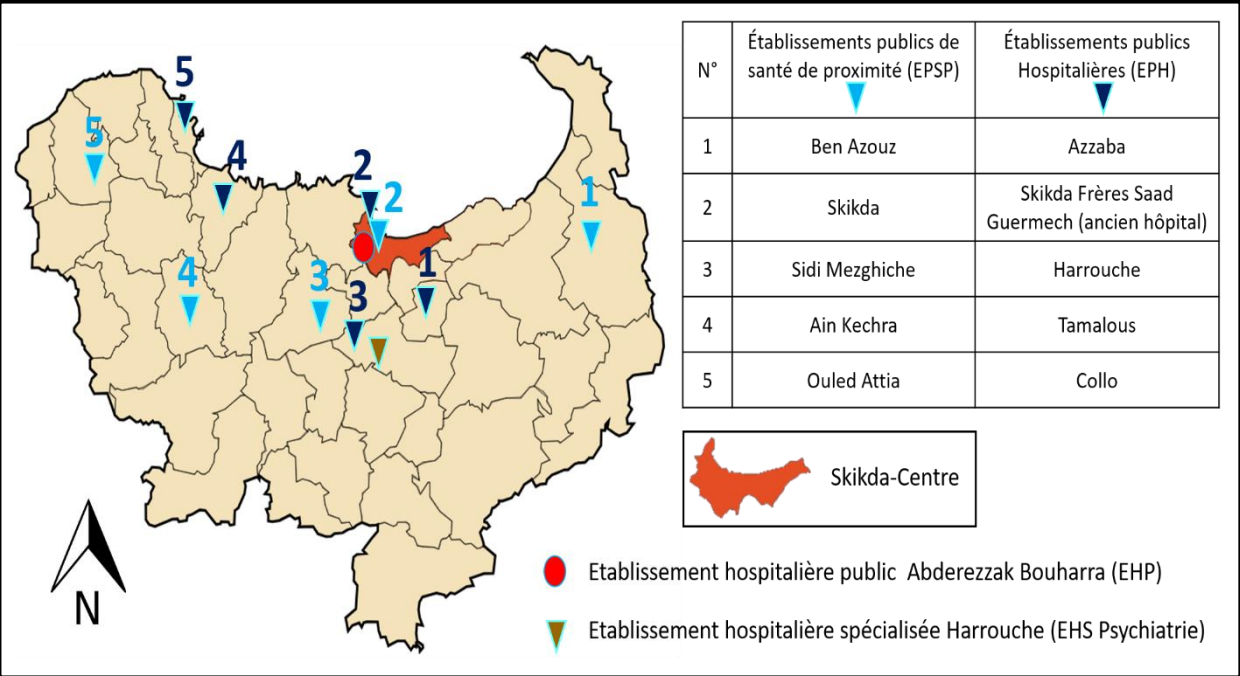


Figure 126 : l’infrastructure sanitaire de la Wilaya de Skikda et son répartition territoriale ; Source : (« Wikipédia », 2021) ; Auteur 2025

1.2.2. Impact et aire d’influence de l’EHP A.B sur la ville et sa région

L'EHP A.B est située à Skikda-Centre et occupe une place stratégique dans l'organisation du système de santé de la wilaya. La hiérarchisation des structures sanitaires suit une logique ascendante, allant des plus petites unités, comme les salles de soins et les polycliniques, jusqu'aux EPHs, réparties sur le territoire comme l'illustre la figure 127.

Toutefois, les EHPs se distinguent des EPH par leur capacité à prendre en charge des cas plus complexes, faisant d'eux un point d'évacuation final à l'échelle de la wilaya. En raison de cette spécificité, l'EHP A.B joue un rôle central non seulement pour la population locale, mais aussi pour les patients des wilayas limitrophes, assurant un soutien médical élargi (OULD-KADA, 2010).

Les cas les plus complexes, dépassant les capacités de prise en charge des EHP, sont ensuite redirigés vers les CHU les plus proches, notamment ceux d'Annaba et de Constantine. Ainsi, l'EPH A.B s'impose comme un pivot du réseau de santé régional, jouant un rôle clé dans la prise en charge des patients à une échelle dépassant le cadre local.

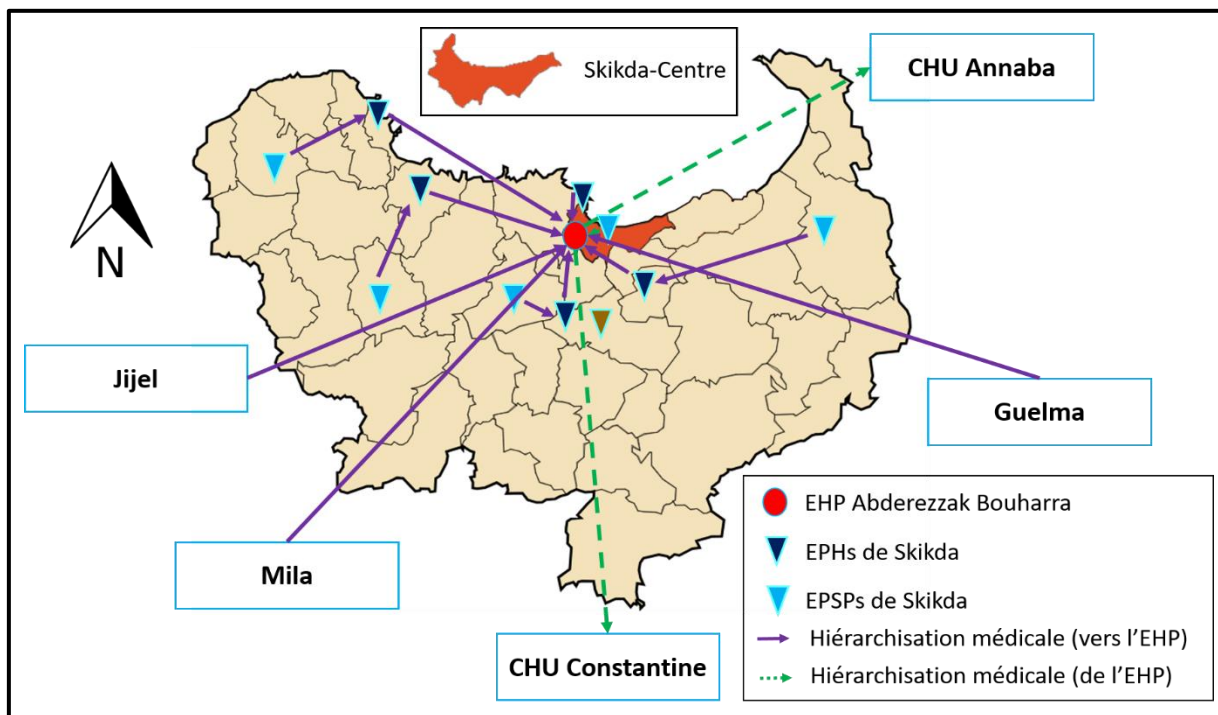


Figure 127 : l'aire d'impact de l'EHP A. B dans la Wilaya et dans sa région ; Source : (« Wikipédia », 2021) ; Auteur 2025

2. EHP A.B. à Skikda en tant que choix d'étude et investigation

2.1. Situation

Contrairement à l'ancien EPH Frères Saad Guermech, implantée au nord du centre-ville de Skikda-centre, l'EHP Abderezzak Bouhara est localisé en périphérie, dans la zone périurbaine de Skikda-centre, voir la figure 128. Toutefois, son implantation assure une continuité urbaine et maintient une connexion fonctionnelle avec le centre-ville grâce à son intégration dans le quartier de Cicel.



Figure 128 : Situation et implantation de l'EHP A.B par rapport à la ville de Skikda et ses principales agglomérations ; Source : Google Earth ; Auteur, 2025

2.2. Fiche technique de l'EHP Abderrezak Bouharra



Nom	Etablissement hospitalière public (EHP) Abderrezak Bouharra
Localisation	Cicel-Skikda
Capacité	Théorique de 240 lits et actuelle de 295 lits
Création	Décret exécutif n° 06.143 du 26 avril 2006
Statut	Public à caractère spécifique, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.
Mission	Des missions chirurgicales, de prévention, de diagnostic, de soins, et de formation.
Mise en service	• 01/12/2007 : des consultations médicales spécialisées. • 23/03/2008 : ouverture du premier service d'hospitalisation.
Services	18 services
Plateaux techniques	06 plateaux
Surface	≈ 2.7 Ha
Périmètre	≈ 630 m

2.3. Création, fondement et organisation

2.3.1. Une Création Structurée par un Cadre Réglementaire

L'EHP Abderezzak Bouharra a été créé dans le cadre d'une politique nationale visant à renforcer les infrastructures sanitaires et à améliorer l'accès aux soins. Son fondement repose sur le décret exécutif n° 06-143 du 26 avril 2006, qui définit leurs missions et leurs responsabilités. Cette

décision s'inscrivait dans un contexte de réforme hospitalière, cherchant à répondre aux besoins croissants de la population en matière de soins spécialisés.

Dès sa création, l'établissement a été pensé pour intégrer une diversité de services hospitaliers, allant des soins curatifs aux programmes de prévention et de formation. Sa localisation stratégique à Skikda en fait un pôle de référence à l'échelle local, attirant des patients issus de plusieurs daïras et communes de la Wilaya, ainsi de certains Wilayas limitrophes.

2.3.2. Une Gouvernance Structurée pour une Gestion Efficace

L'EPH A.B fonctionne sous une gouvernance équilibrée, associant autonomie administrative et contrôle étatique. L'organe décisionnel principal, le conseil d'administration, regroupe des représentants des pouvoirs publics, des collectivités locales, des professionnels de santé et des usagers. Cette composition vise à garantir une gestion concertée et adaptée aux réalités locales.

Le directeur général, nommé par décret présidentiel, assure l'exécution des orientations stratégiques et la gestion quotidienne de l'hôpital. Il s'appuie sur une équipe de direction comprenant un secrétaire général et des responsables de pôles spécialisés : financier, médical, et technique, pour assurer le bon fonctionnement des services, voir la figure 129.

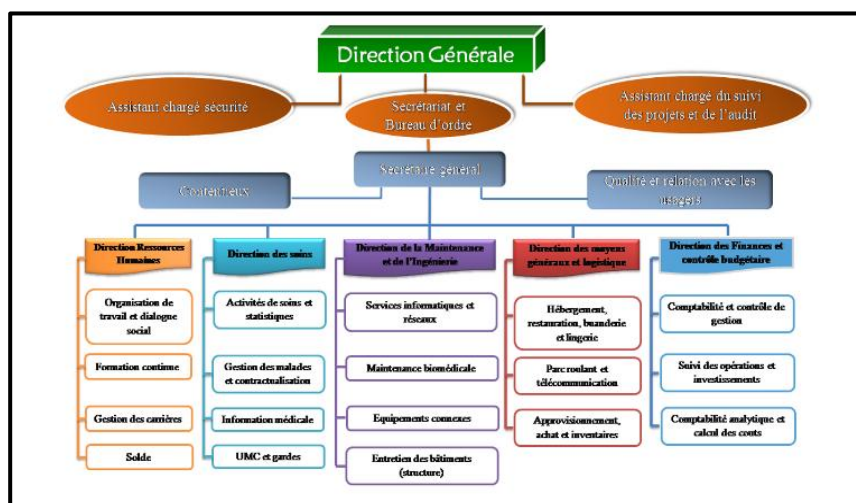


Figure 129 : Organisation administrative de l'EHP A.B ; Source : (<https://www.ehskikda-dz.com/>, s. d.)

2.3.3. Un modèle organisationnel axé sur l'autonomie et la performance

L'EHP A.B bénéficie d'une autonomie financière et de gestion, ce qui lui permet de développer des stratégies propres tout en respectant les directives nationales. Il est tenu d'élaborer un projet d'établissement, définissant les priorités en matière de développement hospitalier, d'amélioration des infrastructures et de qualité des soins.

L'intégration d'un projet de qualité constitue un élément central dans la modernisation des pratiques hospitalières. Ce dispositif vise à aligner les services de l'hôpital avec les normes

nationales et internationales, garantissant ainsi une continuité des prestations médicales et des conditions d'accueil des patients.

2.4. Environnement immédiat

2.4.1. Une implantation stratégique au sein d'un tissu urbain hétérogène

L'EHP Abderezzak Bouharra s'inscrit dans un tissu urbain marqué par la coexistence de trois types de zones aux caractéristiques distinctes : une zone résidentielle, une zone administrative et une zone en développement. Cette diversité morphologique influence directement son accessibilité, son intégration dans le paysage urbain et les dynamiques de mobilité qui l'entourent.

À l'est de l'EHP, le tissu urbain est relativement dense et structuré. Il comprend des ensembles d'habitations collectives ainsi qu'une zone administrative où se trouvent plusieurs équipements publics, dont la Direction de la Santé Publique « DSP » de Skikda. Cette zone, d'une topographie globalement plane, s'étend vers le centre-ville et dessert les principaux axes menant aux villes d'Annaba et de Constantine.

À l'ouest, en revanche, s'étend une zone en chantier caractérisée par de vastes terrains naturels en pente, atteignant des altitudes supérieures à 150 mètres au niveau de Mesiouene-Centre. L'EHP s'impose ainsi comme un espace de transition entre ces deux entités contrastées : d'un côté, un tissu urbain relativement homogène et structuré, et de l'autre, une zone accidentée en pleine mutation.

2.4.2. Un réseau viaire structurant mais contraignant

Le système de circulation desservant l'EHP Abderezzak Bouharra repose sur une hiérarchie de trois catégories de voies, voir la figure 130, déterminantes pour l'accessibilité de l'établissement et les flux qu'il génère :

- La voie principale « RN03 »: Elle constitue l'axe structurant et reliant El Hadaik au centre-ville de Skikda. Il s'agit d'une voirie à forte trafic mécanique, essentiel pour la mobilité urbaine et interurbaine.
- La double voie de liaison : D'une longueur de 600 mètres, elle relie la RN03 à l'EHP A.B tout en assurant une connexion entre la zone résidentielle, le centre-ville et la zone administrative. Son rôle est stratégique puisqu'elle est également empruntée par les transports en commun et les engins de chantier servant la zone en construction de Mesiouene. Toutefois, elle est soumise à un flux de circulation intense, notamment aux heures de pointe.

- Les voies secondaires et tertiaires : Elles desservent l'ensemble du quartier et assurent une répartition plus fluide du trafic, bien que leur capacité soit moindre par rapport aux axes précédents.

L'accès principal de l'EHP s'effectue à l'interface de la voie principale et de la route secondaire, dont la largeur évite respectivement 14 mètres et 9 mètres (hors trottoirs). Or, l'absence d'un rond-point ou d'un dispositif de régulation efficace engendre un engorgement significatif à l'entrée de l'établissement, particulièrement aux heures de pointe.



Figure 130 : Implantation et accessibilité de l'EHP A.B ; Source : PDAU (2010) de Skikda

2.5. Plan de masse

2.5.1. Organisation générale de l'EHP A. B

L'EHP se compose de deux volumes principaux, différenciés par leur hauteur et leur fonction.

- Le premier bloc : à un seul niveau, accueille des services nécessitant un accès direct et rapide, notamment :
 - Le service des urgences : positionné de manière stratégique pour garantir une prise en charge hiérarchique des patients en situation critique, voir la figure 131.
 - Le service de consultations oncologiques : destiné aux soins ambulatoires et au suivi des patients atteints de pathologies cancéreuses, voir la figure 133.



Figure 131 : l'accès des urgences de l'EHP A.B



Figure 132 : l'accès du service d'oncologie de l'EHP A.B

- Le second bloc : plus imposant, s'élève sur six niveaux et abrite principalement les unités d'hospitalisation. Son positionnement en retrait par rapport au premier bloc assure une distinction claire entre les flux de soins ambulatoires et les hospitalisations de longue durée, voir la figure 133.



Figure 133 : le bloc d'hospitalisation de l'EHP A.B

Ces deux entités sont reliées par une structure en porte-à-faux, qui joue un rôle central dans l'articulation fonctionnelle entre les services.

2.5.2. Accessibilité et organisation des flux

L'EHP est marqué par une seule entrée de l'extérieur à l'intérieur, qui sert à la fois pour l'accessibilité piétonne et mécanique. Cependant, pour l'accessibilité aux différents espaces internes, l'organisation suit une segmentation précise visant à optimiser la gestion des flux :

- Accès des urgences : Priorisé pour une prise en charge rapide des patients en état critique.
- Accès administratif : Réservé au personnel hospitalier afin de différencier les circulations internes, voir la figure 134.
- Accès technique : réservé aux différents fournisseurs, voir la figure 135.
- Accès visiteurs : Régulé en fonction des horaires de visite pour limiter les interférences avec les activités médicales.



Figure 134 : L'accès administratif de l'EHP A.B



Figure 135 : L'accès technique de l'EHP A.B

La circulation interne repose sur un système d'axes à sens unique, organisé en boucle, garantissant une fluidité optimale du trafic. Toutefois, la présence d'une pente marquée de 11 % sur l'axe Est-Ouest constitue une contrainte susceptible d'influencer les déplacements des patients à mobilité réduite ainsi que l'accessibilité des ambulances et des véhicules de service.

2.5.3. Stationnement et localisation des infrastructures techniques

Le plan de masse intègre quatre zones de stationnement distinctes, adaptées aux besoins spécifiques des différents usagers, voir la figure 136 :

- Parking des urgences : Situé en proximité immédiate du service, il permet un stationnement rapide des véhicules d'intervention médicale.
- Parking administratif : Exclusivement réservé au personnel hospitalier, il est organisé pour éviter les interférences avec les flux des patients et des visiteurs.

- Parking des ambulances : Placé de manière stratégique, il garantit un accès direct aux zones de soins intensifs et d'urgence, minimisant ainsi le temps de transfert des patients en situation critique.
- Parking visiteurs : Localisé en périphérie des zones médicales, près de l'entrée de l'EHP, il vise à préserver la tranquillité des espaces de soins tout en facilitant l'accueil du public.

Par ailleurs, les infrastructures techniques sont positionnées en fonction des impératifs logistiques et de maintenance :

- Le générateur d'oxygène : installé au nord des bâtiments hospitaliers, garantit un approvisionnement continu en gaz médicaux pour les unités de soins intensifs et d'hospitalisation.
- Les services et les locaux techniques et d'entretien : regroupés au sud et au sud-est du site, permettent une gestion centralisée des équipements et des services de maintenance sans perturber l'activité clinique.

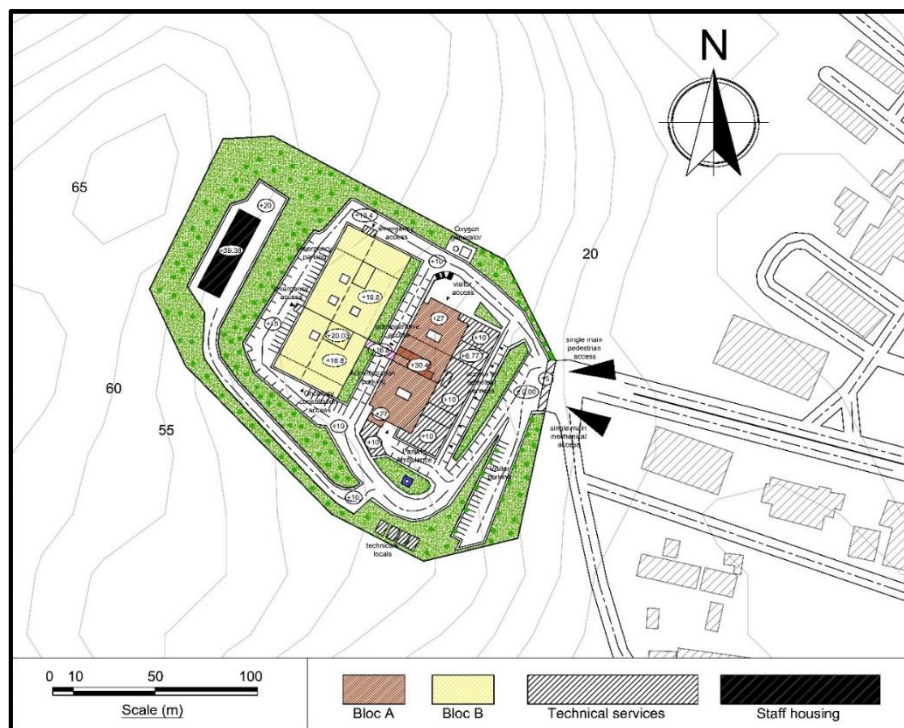


Figure 136 : le plan de masse de l'EHP A.B

2.6. Organisation et répartition interne des services médicaux

L'organisation fonctionnelle de EHP A. B repose sur une structuration en deux blocs principaux destinés à accueillir l'ensemble des services médicaux et hospitaliers. Cette configuration spatiale vise à assurer une répartition optimale des soins, une hiérarchisation efficace des flux et une accessibilité fluide pour le personnel, les patients et les visiteurs.

2.6.1. Le Bloc A : L'unité principale d'hospitalisation

Le Bloc A, élément central du complexe hospitalier, s'élève sur six niveaux et regroupe l'ensemble des unités d'hospitalisation spécialisées, voir la figure 137.

Chaque étage du Bloc A est organisé selon une division en deux pavillons distincts, permettant d'accueillir deux services médicaux par niveau et parfois plus. Cette séparation est réalisée à l'aide d'un espace central commun, intégrant les éléments fonctionnels essentiels tels que :

- Les circulations verticales : escaliers et ascenseurs assurant la connexion entre les différents niveaux.
- Les espaces tampons : composés de bureaux d'accueil, de postes de conciergerie et de locaux dédiés aux techniciens de surface.

Chaque service médical est conçu autour d'un patio central, élément structurant qui permet de subdiviser l'espace en deux zones distinctes :

- Un côté réservé aux hommes
- Un côté réservé aux femmes

Cette disposition facilite la gestion des flux et optimise la répartition des patients tout en préservant l'intimité et le confort des hospitalisés. Par ailleurs, le patio crée une liaison verticale entre les services situés au sein d'un même pavillon.

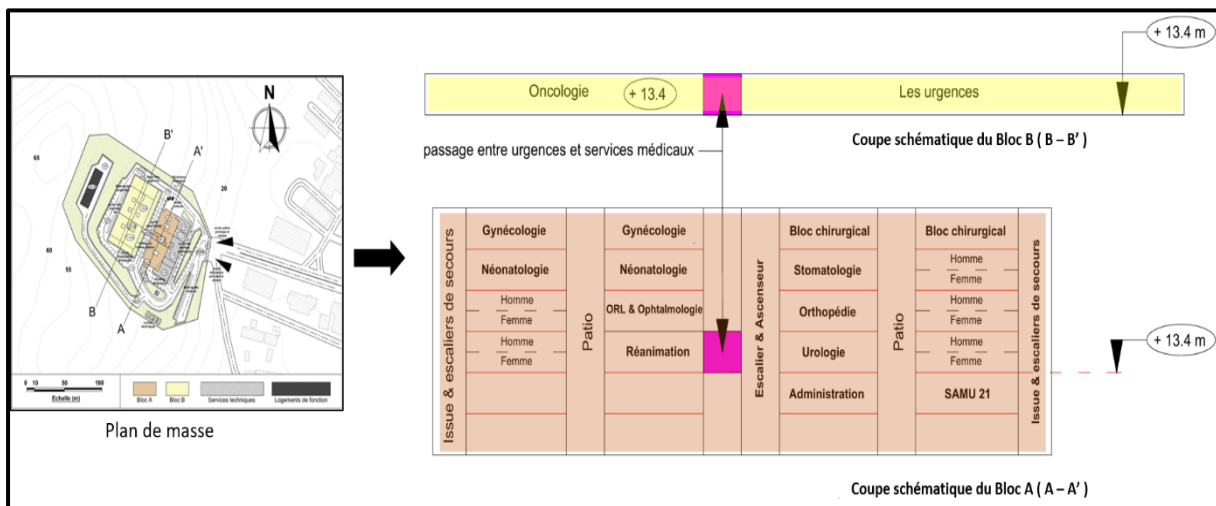


Figure 137 : coupe schématique des deux blocs de l'EHP A.B

2.6.2. Le Bloc B : Une articulation fonctionnelle avec le Bloc A

Le Bloc B, bien que de plus petite échelle, remplit une fonction complémentaire essentielle dans l'organisation hospitalière. Il est relié au Bloc A par une liaison en porte-à-faux située au niveau +13,40 m par rapport au niveau de référence $\pm 0,00$ m supposé à l'entrée principale de l'hôpital.

Cette connexion a plusieurs objectifs stratégiques :

- Faciliter le transfert des patients en situation d'urgence vers les services spécialisés du Bloc A, réduisant ainsi le temps d'acheminement et améliorant la prise en charge médicale.
- Créer un circuit médical optimisé entre les unités critiques comme les urgences, la réanimation et les services d'hospitalisation nécessitant une surveillance rapprochée.
- Distinguer les flux de circulation, garantissant ainsi une organisation fluide et évitant les interférences entre patients, personnel médical et visiteurs.

3. Optimisation du confort acoustique de l'EHP A.B : Méthodologies d'approche

L'optimisation du confort acoustique dans le bâtiment hospitalier repose sur une démarche méthodologique précise, structurée en plusieurs étapes essentielles, voir la figure 138. Tout d'abord, une analyse du contexte normatif et une revue de la littérature permettent d'établir les bases théoriques et normatives du sujet. Ensuite, l'étude se focalise sur un cas précis, l'établissement hospitalier public Abderezzak Bouhara, avec une sélection ciblée du service médical concerné. Une évaluation statistique du bruit existant est alors réalisée, en distinguant les niveaux sonores intérieurs et extérieurs, à l'aide de descripteurs acoustiques statistiques tels que L_{Aeq} . Par la suite, l'isolation acoustique aérienne intérieure est examinée, en mesurant les performances d'isolation entre les chambres et les couloirs, ainsi qu'entre les chambres adjacentes, en se basant sur les indices R' et D_{nT} . Ces résultats servent de point de départ pour une simulation acoustique, visant à proposer des interventions correctives. L'objectif final est d'aboutir à un scénario optimal par rapport aux références normatives, garantissant un confort acoustique des patients.

3.1. Exploration au service d'urologie : Critères du choix

3.1.1. Enrichissement de la base de données : au-delà des unités de soins intensifs

D'après la littérature, les unités de soins intensifs représentent l'espace le plus étudié par les chercheurs travaillant sur la problématique du bruit dans les hôpitaux. Une étude publiée en 2019 a démontré que 70 % des recherches menées sur ce sujet concernaient ces unités. Deux ans plus tard, une autre publication de synthèse sur le phénomène du bruit dans le bâtiment hospitalier a confirmé cette tendance, tout en mettant en évidence une évolution des axes de recherche. En effet, une nouvelle orientation vise à élargir le champ d'étude afin d'enrichir la base de données relative à cette problématique en intégrant une plus grande diversité d'espaces,

notamment les services d'urgence, les salles d'attente... etc. (Wallis et al., 2019; de Lima Andrade et al., 2021)

Cette approche permet d'obtenir une vision plus globale de l'état des lieux aux niveaux national et international, tout en s'inscrivant dans une dynamique d'amélioration de la qualité sonore au sein d'un équipement hospitalier complexe et sensible, où se trouve une population particulièrement vulnérable.

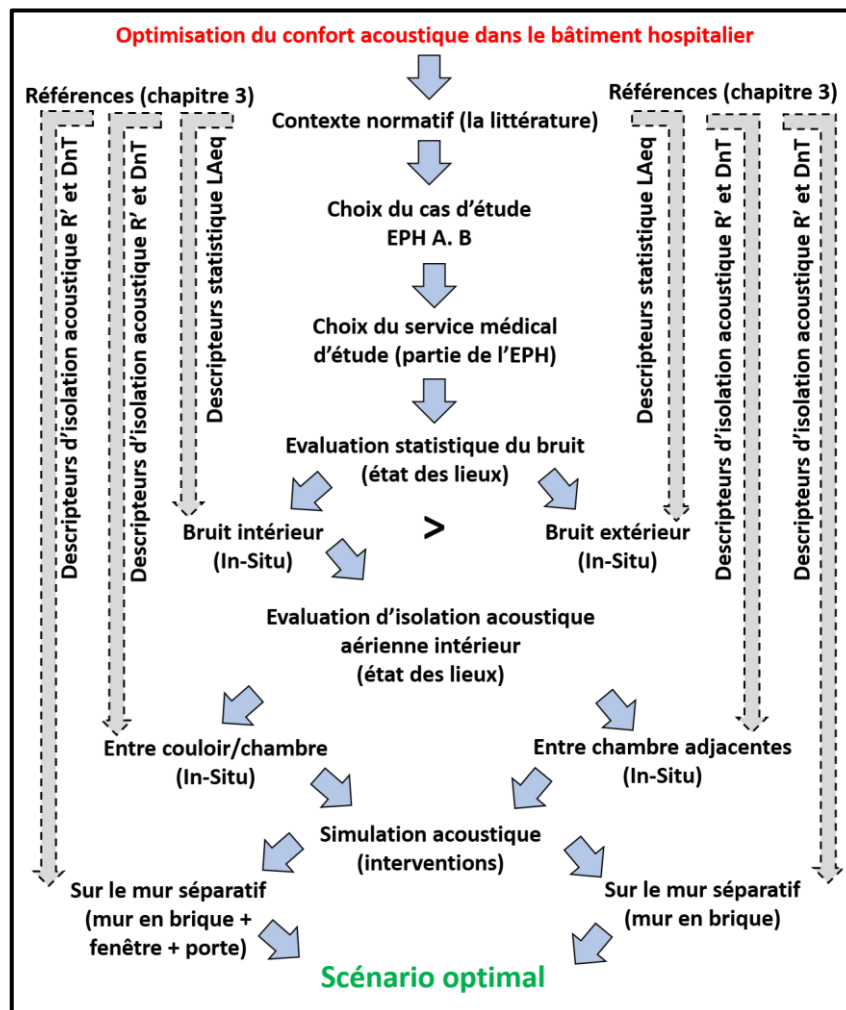


Figure 138 : schéma explicatif de la méthodologie d'optimisation acoustique dans les hôpitaux adoptée dans cette étude ; Source : Auteur

3.1.2. Des mesures dans un service moins fréquenté : prévoir d'autres situations

Cette étude vise à évaluer les conditions sonores dans un service médical relativement calme et moins fréquenté. Cette approche permet non seulement d'obtenir un état des lieux précis des niveaux sonores mesurés, mais également d'anticiper la gravité de la problématique du bruit dans des services plus actifs et densément occupés au sein de l'hôpital.

L'analyse préliminaire, fondée sur des observations, des échanges avec le personnel soignant et les statistiques officielles récentes de l'EHP A.B concernant le nombre de patients

hospitalisés et les journées d'hospitalisation, voir la figure 139, met en évidence que le service d'urologie est l'un des moins fréquentés après les unités de soins intensifs. Par conséquent, il constitue un cadre d'étude particulièrement pertinent pour l'approche méthodologique adoptée dans cette recherche.

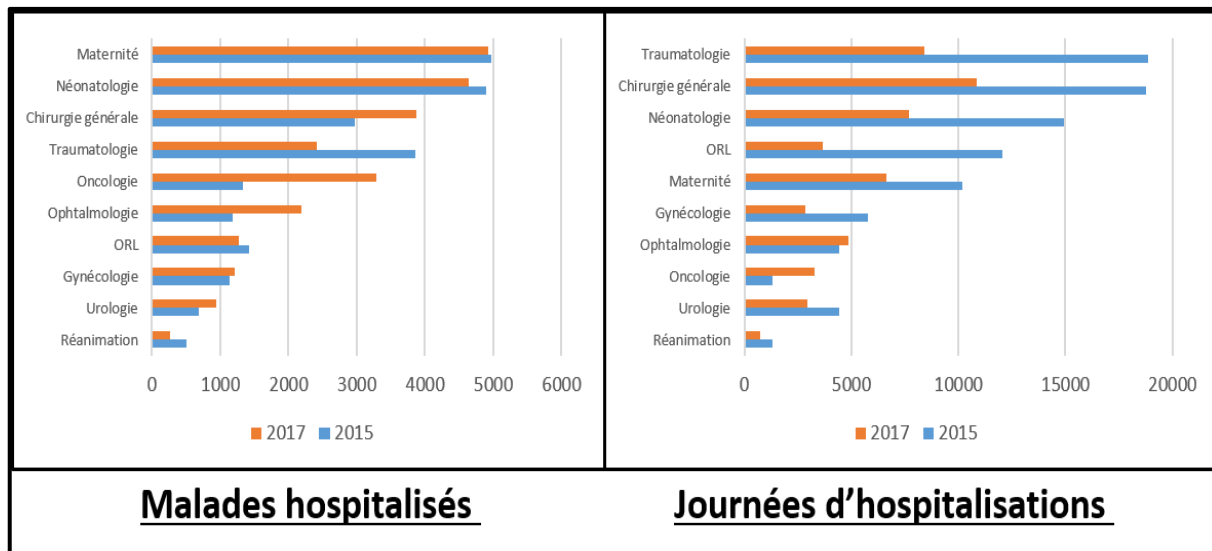


Figure 139 : Les malades et les journées d'hospitalisation de l'EHP A.B d'après les derniers statistiques de 2015 et de 2017 ; Source : (<https://www.ehskikda-dz.com/>, s. d.)

3.1.3. Evaluation post-occupationnelle et continuité des soins : l'adaptabilité

L'application d'une campagne de mesures acoustiques selon une approche post-occupationnelle nécessite un protocole temporel et spatial précis. Cela implique la réalisation de mesures sur plusieurs jours de la semaine, à différentes périodes de la journée, et dans des espaces rigoureusement définis. Cependant, dans un service hospitalier très fréquenté, ces mesures sont confrontées à plusieurs contraintes, notamment en ce qui concerne le respect de l'intimité des patients, en particulier dans les chambres des patientes de sexe féminin où nous avons reçu des réclamations lors des mesures préliminaires dans le service du l'ORL, ceci est surtout dans la période nocturne, voir la figure 140. De plus, dans un environnement sensible, la présence d'un tiers avec ses équipements de mesure peut générer une gêne aussi bien pour les patients que pour le personnel soignant.

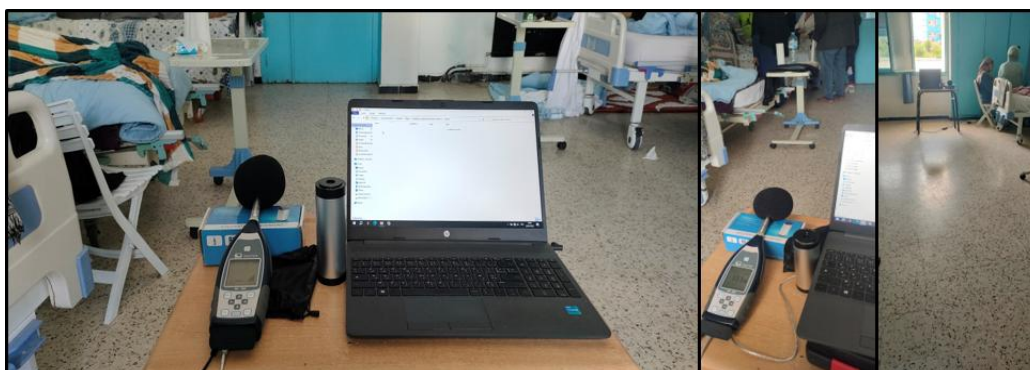


Figure 140 : Photos des mesures préliminaires effectuées dans le service de l'ORL

Dans cette perspective, et afin de garantir le respect des conditions strictes de la campagne de mesures acoustiques sans perturber le processus de guérison des patients ni le bon déroulement du travail du personnel hospitalier, une collaboration étroite a été établie avec l'administration et l'équipe soignante. Le service d'urologie a ainsi été identifié comme l'environnement le plus adapté à cette démarche, répondant aux exigences méthodologiques tout en assurant une continuité optimale des soins.

3.1.4. Compagne intégral : deux approches dans le même service médical

La campagne de mesures in situ prévue pour cette étude repose sur deux protocoles distincts : le premier consiste à faire des mesures en mode silencieux, tandis que le second implique l'excitation de l'espace à l'aide d'une source sonore.

Les mesures en mode silencieux peuvent être réalisées dans n'importe quel service, indépendamment son niveau de fréquentation. En revanche, l'évaluation des performances acoustiques du bâtiment nécessite la génération d'un bruit contrôlé dans l'espace émetteur à l'aide d'un haut-parleur. Cette procédure s'est avérée difficilement applicable dans les services fortement fréquentés, en raison des contraintes imposées par le personnel hospitalier, l'administration et les patients eux-mêmes, pour qu'une nuisance sonore supplémentaire vienne perturber un environnement déjà désagréable.

Afin de garantir la cohérence méthodologique de l'étude, il était essentiel de mener ces deux approches dans un même service médical. La première phase, basée sur le protocole silencieux, permet d'identifier les principales sources de bruit et d'obtenir des données statistiques de référence. Sur cette base, la deuxième phase, d'évaluation des performances acoustiques, sera réalisée dans le même contexte, garantissant ainsi une continuité et une fiabilité des résultats. Ce choix méthodologique évite toute distorsion liée à la collecte de données statistiques dans un service et à l'évaluation des performances acoustiques dans un autre, assurant ainsi une analyse cohérente et représentative des conditions sonores réelles.

3.2. Description du service d'urologie

3.2.1. Aperçu général

Le service d'urologie est situé dans la partie nord du bloc A, qui abrite les services d'hospitalisation. Il se trouve au premier étage par rapport à l'accès de l'administration, voir la figure 141, et à une altitude de 13,4 m par rapport au niveau de référence 0,0 m, considéré comme l'entrée principale de l'EPH AB



Figure 141 : le service d'urologie de la Façade

Ce service occupe une superficie d'environ 600 m², avec une largeur de 25 m et une longueur de 24,5 m, pour un périmètre d'environ 100 m. Sa capacité théorique est de 30 lits, répartis équitablement entre 15 lits pour les femmes et 15 lits pour les hommes. Cependant, en pratique, cette capacité est réduite à 20 lits : 08 lits pour les femmes et 12 lits pour les hommes, voir la figure 144.

Cette capacité reste flexible et peut être augmentée en fonction des besoins et du nombre de patients. De plus, certaines chambres de patients sont réaffectées à d'autres fonctions afin de faciliter les tâches du personnel et du staff médical, améliorant ainsi l'organisation et l'efficacité du service.

3.2.2. Accessibilité et issues de secours

L'accessibilité au service d'urologie se fait par deux entrées : l'une menant au côté des hommes et l'autre au côté des femmes. Cependant, pour des raisons de contrôle et de gestion des flux, l'entrée du côté des hommes est très souvent fermée, ne laissant que l'entrée du côté des femmes en service. Cette dernière est située à proximité de la salle des infirmiers, qui fait également un bureau d'espace de réception, voir la figure 142.

L'accès au côté des hommes se fait donc en traversant la salle des infirmiers. Par ailleurs, chaque côté dispose de sa propre issue de secours, menant à un escalier donnant sur l'extérieur.



Figure 142 : les quatre accès du service d'urologie

3.2.3. Organisation des espaces

Le service d'urologie est organisé autour d'un espace central dédié aux différents services, desservi par deux couloirs de 2 m de largeur et 24,2 m de longueur, séparant les zones d'hospitalisation des hommes et des femmes, voir la figure 144.

Cet espace central est divisé en deux parties par le patio, créant deux typologies d'espaces :

- Un espace humide : où se trouvent les toilettes, salles de bains, kitchenette et lingerie.
- Un espace paramédical : dédié aux soins et à la surveillance des patients. Cet espace peut contenir des lavabos et des tables de travail, nécessitant un nettoyage continu.

L'installation technique de ces équipements est facilitée par le patio, qui sert de passage pour les différentes tuyauteries, permettant ainsi une installation apparente avec un accès aisé pour l'entretien et la réparation, voir la figure 143.

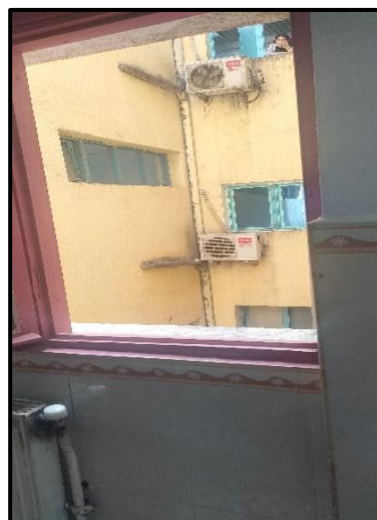


Figure 143 : vue sur le patio

Les chambres de consultation de jour sont situées à l'entrée du côté femme, comprenant une salle d'exploration et une salle dédiée aux médecins spécialistes. De plus, d'autres bureaux médicaux ont été aménagés à proximité des chambres des patients afin de faciliter la surveillance et le contrôle médical.

De manière synthétique, le service d'urologie adopte une conception axiale, structurée autour d'un axe central de services et de couloirs de circulation, voir la figure 144.

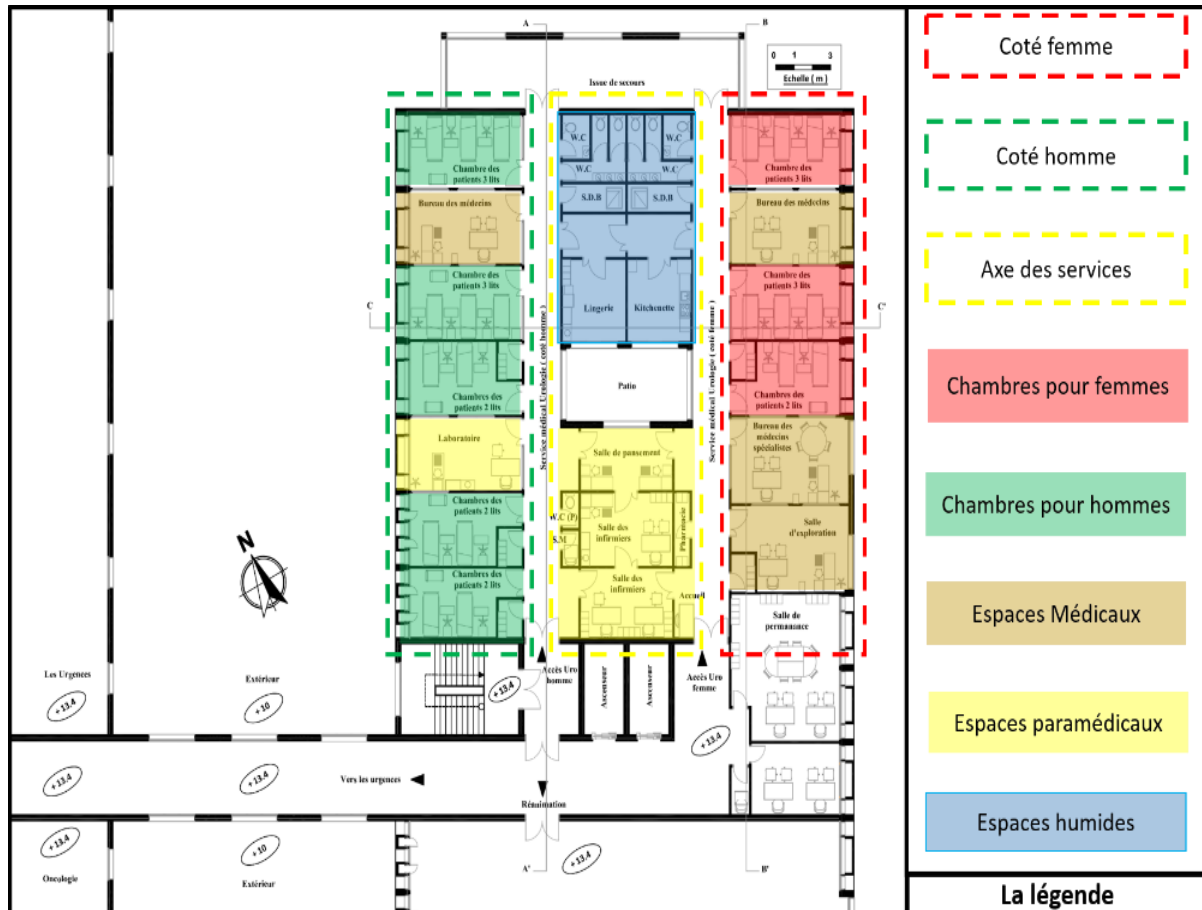


Figure 144 : Plan et organisation du service d'urologie

3.2.4. Typologies des chambres

Dans le service d'urologie, les chambres de patients sont réparties en deux catégories principales selon leur taille et leur capacité d'accueil :

- Chambres à trois lits : elles mesurent 20,3 m² avec une hauteur sous plafond de 3,15 m, voir la figure 145, soit un volume d'environ 64 m³.
- Chambres à deux lits : elles mesurent 17,5 m² avec la même hauteur sous plafond, voir la figure 145, offrant un volume total d'environ 55 m³.

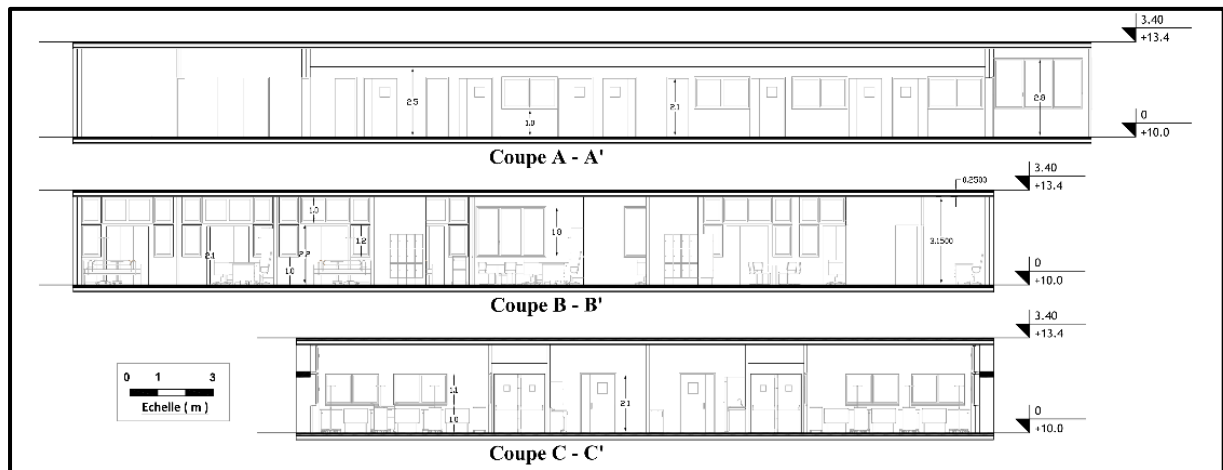


Figure 145 : Coupes du service d'urologie

Bien que ces deux typologies différentes en superficie et en capacité, elles occupent des espaces similaires. Dans les chambres à deux lits, la surface initialement dédiée à une fenêtre donnant sur le couloir a été remplacée par des espaces utilitaires comme des espaces de rangement ou des vestiaires, notamment ainsi la capacité d'accueil de trois à deux lits, voir la figure 146.

En outre, Les chambres du service d'urologie sont disposées de part et d'autre de l'espace centrales et des couloirs, occupant exclusivement les façades du service. Elles présentent deux orientations distinctes :

- Chambres orientées à l'Est : donnant sur l'entrée principale de l'EHP, elles offrent une vue dégagée sur la ville.
- Chambres orientées à l'Ouest : donnant sur le parking ainsi que sur l'entrée de l'administration et des services d'urgence.

Cette différence d'orientation peut influencer les conditions sonores des chambres, en fonction des sources de bruit extérieur et de l'exposition aux activités hospitalières.

Enfin, La répartition des chambres suit également un critère lié au sexe des patients. Conformément aux pratiques hospitalières, une séparation est généralement respectée :

- Certaines chambres sont réservées aux hommes.
- D'autres sont réservés aux femmes, garantissant une meilleure prise en charge et respectant les exigences de confort et d'intimité des patients, voir la figure 147.

Cette répartition est importante pour l'analyse des conditions acoustiques, car elle peut influencer la gestion des flux et des nuisances sonores au sein du service.



Figure 146 : Photos des deux typologies des chambres dans le service d'urologie selon la taille

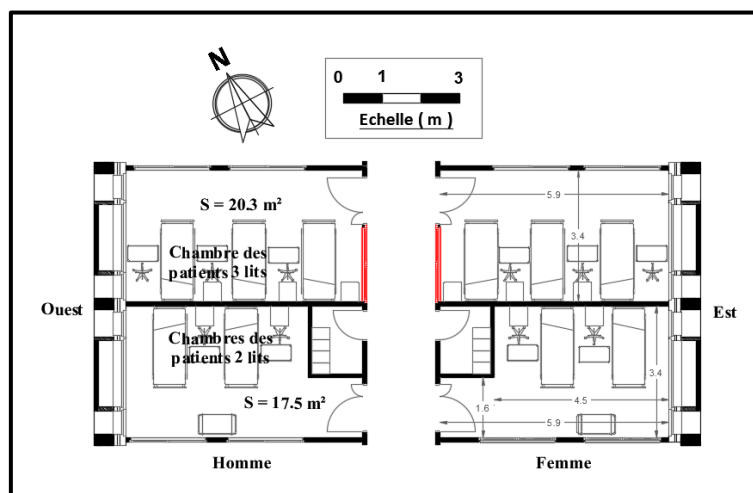


Figure 147 : Typologies des chambres dans le service d'urologie

3.2.5. Matériaux et éléments de construction

a) Murs et parois de séparation

Le service d'urologie présente deux types de cloisons de séparation, différenciées par leur fonction et leur épaisseur, voir le tableau 13 :

Tableau 13 : typologies des murs dans le service d'urologie selon leurs compositions et utilisations

Murs	Murs extérieurs	Murs intérieurs
Composition	Double paroi en brique de 30 cm d'épaisseur	Paroi unique en brique de 10 cm d'épaisseur
Utilisations	Délimitation du service d'urologie par rapport à l'extérieur et aux autres espaces intérieurs, tels que les escaliers.	Séparation des différents espaces internes du service

b) Portes et fenêtres

Le service d'urologie comporte plusieurs typologies de portes et fenêtres, adaptées aux différentes fonctions et espaces, voir les tableaux 14 et 15.

Chapitre IV : Présentation du contexte d'étude et méthodologies d'approche

Tableau 14 : typologies des portes dans le service d'urologie

Portes	Porte simple	Porte double tiercée	Porte à trois volets	Porte à trois volets vitrée
dimensions	75 cm x 210 cm	120 cm x 210 cm	180 cm x 210 cm	180 cm x 210 cm
matériaux	Bois simple	Bois simple / vitrage simple	Bois simple / vitrage simple	Bois simple / vitrage simple
Caractéristiques	Simple	Intègre une partie vitrée de 0,25 m ²	Deux volets avec des espaces vitrés de 0,25 m ² chacun	Cadrée en bois
Utilisations	Accès aux petits espaces tels que la pharmacie et les sanitaires	Accès aux chambres des patients et aux autres espaces du service	Uniquement pour les portes d'entrée du service	Uniquement pour les issues de secours
photos				

Tableau 15 : typologies des fenêtres dans le service d'urologie

Fenêtres	Fenêtre extérieure			Fenêtre intérieure
design	composée	à trois volets	Imposte	Double volets
dimensions	(60 cm x 110 cm) x 2 + (290 cm x 90 cm)	320 cm x 180 cm	50 cm x 250 cm	190 cm x 110 cm
Hauteur de pose	1 m / 2,2 m	1 m	2 m	1 m
matériaux	Vitrage simple	Vitrage simple	Vitrage simple	Vitrage simple
Caractéristiques	ouvrante	ouvrante	ouvrant	non ouvrante
Utilisations	Chambres des patients	Patio	Patio	Entre chambres / entre chambre et couloir
photos				

c) Revêtements et textures

Dans le service d'urologie, les traitements des surfaces varient selon les espaces afin de répondre aux exigences d'hygiène et de maintenance.

Dans les chambres des patients, les murs sont revêtus d'un enduit ciment suivi d'une peinture. Le sol est en carrelage, assurant une surface facile à nettoyer et résistante à l'usure. Quant au plafond, il est traité de la même manière que les murs, avec un enduit ciment peint, et ne comporte pas de faux plafond.

Dans les couloirs, les murs sont recouverts de faïence jusqu'à une hauteur de 1.4 mètre, afin de faciliter le nettoyage et d'assurer une meilleure résistance à l'humidité et aux chocs. Au-delà de cette hauteur, ils sont traités avec un enduit ciment peint. Le sol est identique à celui des chambres, en carrelage. Le plafond, en revanche, est équipé d'un faux plafond en PVC, installé à une hauteur de 2,5 mètres, principalement pour masquer les installations techniques.



Figure 148 : Revêtements et textures du service d'urologie

3.3. Evaluation statistique du bruit

L'analyse statistique du bruit permet d'examiner les variations sonores au sein de l'environnement hospitalier en tenant compte des critères temporels et spatiaux. Cette approche repose sur la collecte de données in situ à l'aide d'instruments de mesure conformes aux normes acoustiques en vigueur. Les résultats obtenus sont ensuite traités selon des méthodes statistiques adaptées, notamment le moyen logarithmique, afin d'identifier les tendances générales et les écarts significatifs. Cette évaluation vise à confronter les niveaux sonores relevés aux seuils réglementaires et à mettre en évidence les principales sources de nuisance pouvant impacter le confort acoustique des patients et du personnel hospitalier, voir la figure 149.

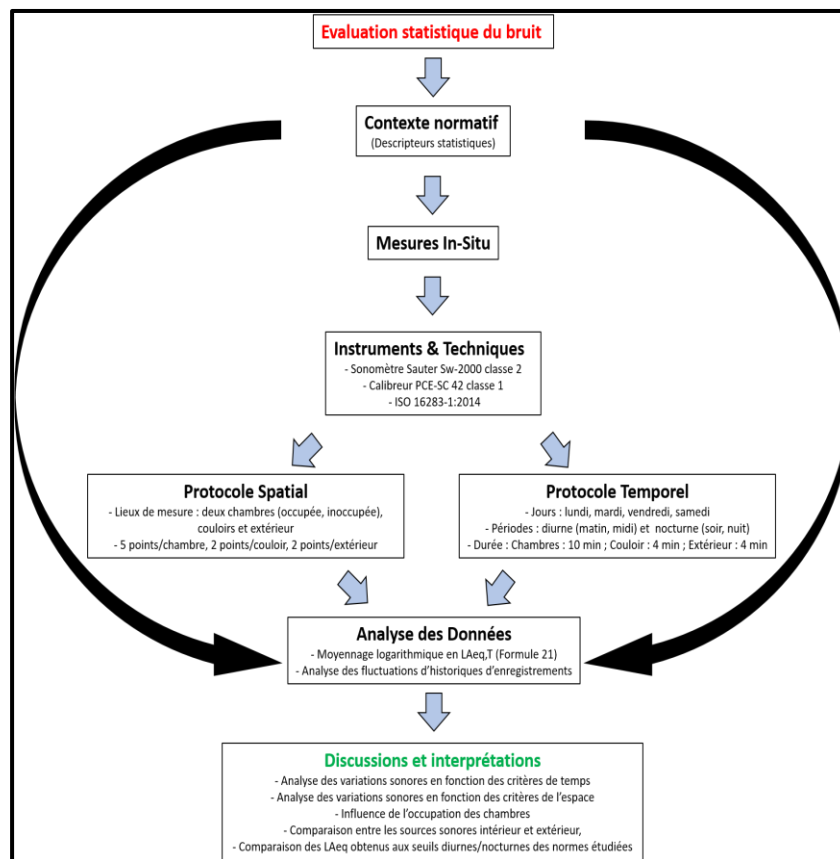


Figure 149 : schéma explicatif des approches adoptées pour l'évaluation statistique du bruit

3.3.1. Des mesures acoustiques In-situ

a) Instruments et techniques utilisées

Les mesures acoustiques statistiques ont été effectuées à l'aide d'un sonomètre intégrateur de classe 2 Sauter Sw-2000. Le sonomètre était équipé d'un certificat d'étalonnage délivré le 06/09/2021. Pour améliorer la précision, le sonomètre a été étalonné avant chaque série de mesures en utilisant le calibre de classe 1 PCE-SC 42, suivant les procédures d'étalonnage décrites dans la norme IEC 942, voir la Figure 150.

Les mesures ont été effectuées en L_{Aeq} à la pondération A et rapide. Ainsi, et conformément à la norme ISO 16283-1:2014, le sonomètre était fixé sur un trépied à une hauteur de 1.5 m du sol et respectant ainsi une distance de 1 m des surfaces réfléchissantes telles que les murs, voir la figure 151. La distance minimale entre deux positions du sonomètre est ainsi de 0.7 m (ISO 16283-1, 2014).



Figure 150 : Instruments utilisés pour les mesures statistiques In-Situ



Figure 151 : Sonomètre fixé sur trépied à 1.5 du Sol

b) Protocol spatial

Un protocole de mesures acoustique a été effectué dans le service d'urologie en fonction de l'espace à travers le choix de la chambre à trois lits qui a un volume plus important et qui affecte

la réverbération. Ensuite, pour plus de couverture, les mesures ont été conduites dans deux chambres différentes, la première pour femme d'orientation Est vers l'entrée principale de l'EHP et qui donne sur la ville, et une chambre pour homme d'orientation Ouest qui donne vers l'accès de l'urgence, l'accès administratif et son parking.

Pour chaque chambre, des mesures ont été effectuées à l'intérieur dans 05 points, et 02 points au couloir et 02 points à l'extérieur, et dont la durée de chaque point de mesure a été de 2 minutes, pour avoir un total de 10 minutes à l'intérieur, 04 minutes au couloir et 04 minutes pour les mesures d'extérieur, voir la figure 152. Ceci est pendant chaque prise de mesures qui seront détaillées dans le protocole temporel abordé dans la section suivante.

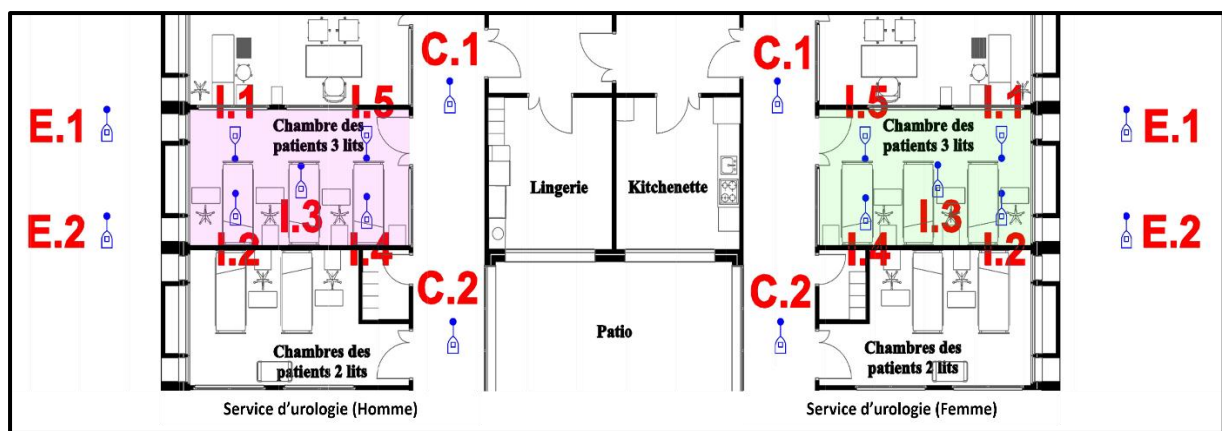


Figure 152 : la répartition des points de mesures statistiques In-Situ

c) Protocole temporel

Un protocole de mesures acoustiques selon une approche temporelle a été mis en place afin d'analyser l'évolution des niveaux sonores au sein du service d'urologie en fonction du temps. Ce protocole a été conduit en mai 2023 et vise à élargir le champ d'application des mesures selon plusieurs critères temporels, voir le tableau 16.

D'une part, les mesures ont été réalisées en fonction des jours de la semaine. Elles ont été exploitées à la fois en début de semaine, lundi et mardi, ainsi que pendant le week-end, vendredi et samedi, afin de couvrir les principales configurations sonores du service selon les variations d'activité hospitalière.

D'autre part, pour chaque journée de mesure, l'analyse a été segmentée en différentes périodes. Dans un premier temps, la journée a été divisée en deux grandes périodes :

- La période diurne : correspondant aux heures d'activité principale.
- La période nocturne : représentant les heures de moindre activité.

Chacune de ces périodes a ensuite été subdivisée pour affiner l'analyse :

- La période diurne : a été scindée en une phase matinale et une phase de midi,
- La période nocturne : a été décomposée en une phase du soir et une phase de la nuit.

Cette méthodologie permet ainsi d'obtenir une couverture représentative des variations sonores au sein du service d'urologie, en tenant compte des heures de pointe tout en minimisant les nuisances pour les patients grâce aux courtes durées de mesures.

Tableau 16 : le protocole temporel adopté et appliqué aux mesures statistiques In-Situ

Jour de la semaine	Lundi	Jour	Matin	Entre 9 h et 11 h
			Midi	Entre 13 h et 14 h
		Nuit	Soir	Entre 19 h et 20 h
			Nuit	Entre 23 h et 00 h
	Mardi	Jour	Matin	Entre 9 h et 11 h
			Midi	Entre 13 h et 14 h
		Nuit	Soir	Entre 19 h et 20 h
			Nuit	Entre 23 h et 00 h
Jours du Week-end	Vendredi	Jour	Matin	Entre 9 h et 11 h
			Midi	Entre 13 h et 14 h
		Nuit	Soir	Entre 19 h et 20 h
			Nuit	Entre 23 h et 00 h
	Samedi	Jour	Matin	Entre 9 h et 11 h
			Midi	Entre 13 h et 14 h
		Nuit	Soir	Entre 19 h et 20 h
			Nuit	Entre 23 h et 00 h

3.3.2. Analyse des données

a) Les niveaux du bruit globaux

Les mesures statistiques réalisées à l'extérieur et dans les couloirs ont été effectuées en $L_{Aeq,4min}$ pour chaque période de la journée. Afin d'obtenir une valeur représentative, ces résultats ont été moyennés à l'aide de la formule 21 pour obtenir un $L_{Aeq,16min}$ pour chacun des jours étudiés, à savoir deux jours en semaine et deux jours du week-end. Cette approche permet de visualiser et d'analyser l'influence de la nature du jour sur ces espaces et, ainsi, de mieux comprendre son impact sur la chambre du patient, considérée comme l'espace le plus vulnérable à l'hôpital.

Concernant les chambres étudiées, les mesures ont été effectuées en $L_{Aeq,10min}$ pour chaque période de la journée. Les résultats ont ensuite été moyennés afin d'obtenir un $L_{Aeq,40min}$ par chambre pour chaque jour étudié. Durant ces mesures, les chambres ont été occupées de manière différenciée :

- Samedi, lundi et mardi : la chambre des hommes était occupée, tandis que celle des femmes était inoccupée. Cette configuration permet d'évaluer l'impact de l'occupation sur les niveaux sonores.

- Vendredi : les deux chambres étaient inoccupées, ce qui permet d'analyser l'influence des bruits provenant des autres espaces de l'hôpital sur le niveau sonore des chambres.

Il est important de souligner que le moyen des niveaux sonores ne s'effectue pas de manière arithmétique, mais logarithmique, en appliquant la formule 21 et à l'aide du logiciel Excel.

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right) \dots \dots \dots (Formule 21)$$

Où,

- L : Niveau de pression acoustique moyen.
- Li : niveau de pression acoustique à n position du sonomètre.
- n : nombre des positions du sonomètre.

b) Les fluctuations sonores

Afin d'analyser le comportement du bruit au cours des quatre périodes des journées étudiées, une analyse des fluctuations sonores a été réalisée à partir de l'historique d'enregistrement avec un intervalle de 0,1 seconde.

Deux journées ont été sélectionnées pour cette analyse :

- Vendredi : où les deux chambres étaient inoccupées,
- Mardi : où la chambre des hommes était occupée tandis que celle des femmes restait inoccupée.

Pour chacun de ces jours, l'historique des fluctuations sonores a été enregistré :

- À l'extérieur et dans les couloirs : sur une durée de 16 minutes par journée, soit un total de 960 secondes, avec 240 secondes par période de la journée.
- Dans les chambres étudiées : sur une durée de 40 minutes par journée, soit un total de 2400 secondes, avec 600 secondes par période de la journée.

Ces enregistrements permettent de visualiser et de comprendre l'impact de chaque période de la journée sur le niveau sonore global. Ils offrent également une analyse des variations sonores en dehors et pendant les heures de pointe, ainsi qu'une comparaison entre les fluctuations sonores des jours de la semaine et du week-end. Ces données fournissent ainsi une base précieuse pour l'orientation et la gestion des flux hospitaliers.

Plus profondément que $L_{Aeq,T}$, qui donne une valeur moyenne du bruit durant une durée donnée, ces historiques d'enregistrement permettent d'identifier les pics et les événements sonores ponctuels pouvant influencer l'environnement acoustique. Ces pics sont particulièrement importants dans le contexte hospitalier, car elles peuvent générer du stress et provoquer la récupération des patients. Cette analyse est particulièrement importante durant la période nocturne, où les perturbations sonores peuvent affecter notablement le sommeil des patients.

c) Evaluation par rapport aux normes statistiques

Afin d'évaluer le bruit en fonction des normes statistiques présentées dans le chapitre 3, qui prévoient des seuils spécifiques pour les périodes diurnes et nocturnes, les mesures ont été moyennées à l'aide de la formule 21 afin d'obtenir un L_{Aeq} comparable aux références normatives étudiées.

D'abord, pour une comparaison détaillée des niveaux sonores à l'intérieur, l'espace étudié a été décomposé en trois zones distinctes :

- Une chambre inoccupée
- Une chambre occupée
- Le couloir

L'évaluation du bruit dans chaque espace intérieur a été réalisée comme suit :

- Chambre inoccupée : moyen sur cinq jours, dont quatre jours pour la chambre des femmes, qui est conservée inoccupée pendant toutes les mesures, et un jour pour la chambre des hommes lorsqu'elle était inoccupée. Cela a permis d'obtenir un $L_{Aeq,100min,diurne}$ et un $L_{Aeq,100min,nocturne}$.
- Chambre occupée : moyen sur trois jours, correspondant aux mesures effectuées dans la chambre des hommes lorsqu'elle était occupée. Cela a conduit à un $L_{Aeq,60min,diurne}$ et un $L_{Aeq,60min,nocturne}$.
- Couloirs : moyen des mesures effectuées dans les deux couloirs étudiés, aboutissant à un $L_{Aeq,64min,diurne}$ et un $L_{Aeq,64min,nocturne}$.

Ensuite, pour obtenir une valeur unique représentative du bruit intérieur et permettant une comparaison avec les normes et le bruit extérieur, les résultats des trois espaces intérieurs ont été moyennés afin d'obtenir un $L_{Aeq,224min,diurne}$ et un $L_{Aeq,224min,nocturne}$.

Concernant l'extérieur, les mesures prises devant les façades Sud-Est et Nord-Ouest ont été moyennées pour obtenir une valeur unique du bruit extérieur : $L_{Aeq,64 min,diurne}$ et $L_{Aeq,64min,nocturne}$.

Bien que ces mesures aient été réalisées sur une période plus courte que celles de l'intérieur, elles offrent néanmoins une indication précieuse du niveau sonore extérieur, permettant une comparaison avec le bruit intérieur et avec les seuils réglementaires. En particulier, la réglementation algérienne établit des valeurs admissibles pour le bruit extérieur.

3.4. Evaluation des performances d'isolation acoustique aérienne

L'isolation acoustique aérienne est un paramètre essentiel dans la conception et l'évaluation du confort acoustique des bâtiments hospitaliers. Cette étude s'inscrit dans un cadre normatif et s'appuie sur des mesures in situ pour caractériser les performances acoustiques des chambres d'hospitalisation, voir la figure 153.

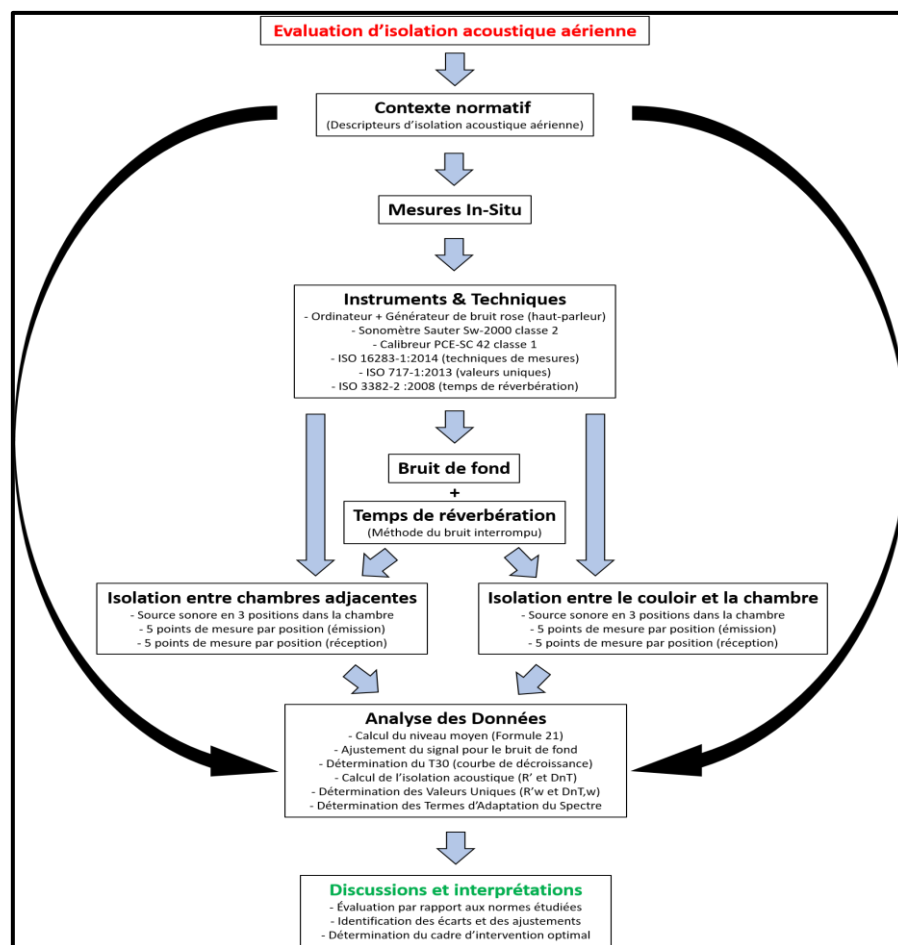


Figure 153 : schéma explicatif des approches adoptées pour l'évaluation d'isolation acoustique aérienne dans le service d'urologie

3.4.1. Des mesures acoustique In-Situ

a) Instruments et conditions de mesures

Pour les mesures d'isolation acoustique aérienne, d'autres matériels ont été combinés avec le sonomètre et calibreur, notamment un ordinateur portable générant un bruit rose et qui est relié par câble avec un haut-parleur comme une source sonore dans l'espace émetteur, voir la figure 154. Les mesures ont été effectuées ainsi à la pondération A rapide et par bande de 1/1 d'octave

car sa fonction de 1/3 d'octave est considérée comme optionnelle lors de l'achat du sonomètre et ce qui nécessite des frais supplémentaires pour pouvoir l'utiliser.

Des mesures d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre et entre deux chambres adjacentes, ont été effectuées conformément aux conditions d'application sur terrain décrites dans la norme ISO 16283-1:2014 (*ISO 16283-1*, 2014). Le mode opératoire par défaut a été utilisé car le mode opératoire pour les basses fréquences, est obligatoire uniquement lorsque les volumes des espaces étudiés sont inférieurs à 25 m³, ce qui n'est pas le cas dans les espaces inclus dans cette étude et qui dépassent tous cette contrainte du volume minimal, en outre, les portes et les fenêtres étaient fermées pendant toutes les mesures.

Les mesures ont été effectuées en Juin 2023, La période de la journée choisie pour les mesures est celle du soir, entre 18h et 19h, car cette plage horaire est plus calme et correspond à un moment de faible activité et qui précède la prise des traitements, les visites et les repas du soir.

Les autres périodes de la journée étant plus actives, elles pourraient compromettre le bon déroulement et la crédibilité des mesures. La période du soir offre une meilleure précision des mesures en assurant une stabilité maximale du bruit de fond et l'absence de bruits parasites.



Figure 154 : instruments utilisés pour les mesures In-Situ d'isolation acoustique aérienne

b) Isolation entre chambres adjacentes

Dans la chambre émettrice à trois lits, trois positions de la source sonore ont été placées dans la zone centrale tout en respectant les conditions suivantes, voir la figure 155 : au minimum 1 mètre entre chaque position j et les limites de la chambre, 1 mètre entre chaque deux positions, au moins deux positions espacées par 2 mètres. Pour chaque position de la source sonore j , le sonomètre enregistre les niveaux de pression acoustique par bande de 1/1 octave en cinq

positions tout en respectant les conditions suivantes : au minimum 0.7 mètres entre chaque deux position du sonomètre, au minimum 0.5 mètre entre chaque position du sonomètre i et les limites de la salle, et enfin, au minimum 1 mètre entre chaque position i et la source sonore.

Dans la chambre d'urologie pour homme à deux lits, et pour chaque position j de la source sonore, les niveaux de pression acoustique par bande 1/1 octave a été enregistré en cinq positions tout en respectant les conditions suivantes : au minimum 0.7 mètres entre chaque deux position du sonomètre, au minimum 0.5 mètre entre chaque position i du sonomètre et les limites de la salle, voir la figure 156.



Figure 155 : Photo des mesures acoustiques dans la chambre d'émission concernant l'isolation entre chambre adjacentes

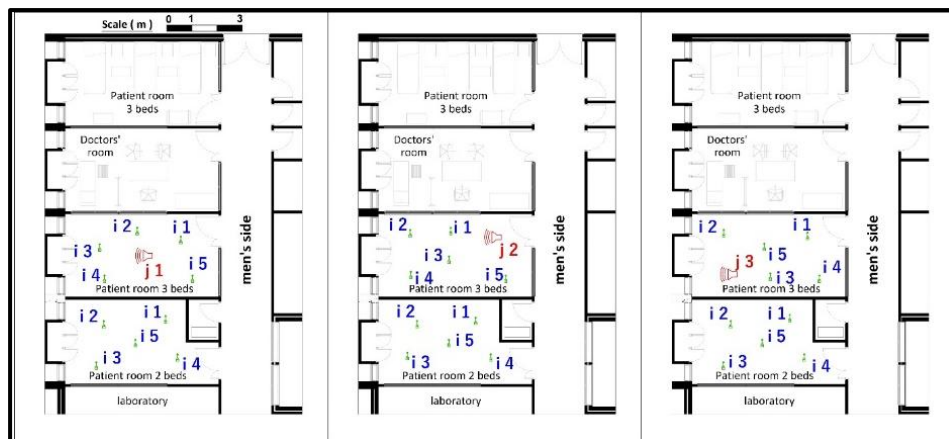


Figure 156 : Répartition des points des mesures d'isolation acoustique entre chambres adjacentes

c) Isolation entre le couloir et la chambre

Dans le couloir, Voir la figure 157, qui mesure 2 mètres de largeur et qui est considéré comme l'espace émetteur, la source sonore a été initialement placée en position centrale $j1$, à 1 mètre des murs. Cette première position a été choisie à proximité des limites de la salle réceptrice, en face à la fenêtre intérieure de la chambre. Ensuite, la source sonore a été déplacée vers deux autres positions $j2$ et $j3$, avec un espacement de 1 mètre entre chaque position. Cela a permis de garantir une distance d'au moins 2 mètres entre les positions les plus éloignées.

Chapitre IV : Présentation du contexte d'étude et méthodologies d'approche

Pour chaque position de la source sonore, des mesures des niveaux de pression acoustique en bande de 1/1 d'octave ont été réalisées en cinq points distincts dans le couloir. Chaque position du sonomètre était espacée d'au moins 0,7 mètre des autres et d'au moins 0,5 mètre des murs, tout en respectant une distance d'au moins 1 mètre entre chaque position de la source sonore j et chaque position du sonomètre i , voir la figure 158.

À l'intérieur de la chambre réceptrice, des mesures des niveaux de pression acoustique, également en bande de 1/1 octave, ont été enregistrées aussi en cinq points pour chaque position de la source sonore placée le couloir. Les points de mesure i dans la chambre ont été placés de manière centrale, en maintenant une distance d'au moins 0,7 mètre entre eux et en s'éloignant d'au moins 0,5 mètre des murs. Les positions ont été choisies de manière à éviter la formation d'une grille régulière ou de plans parallèles aux parois de la chambre, voir la figure 158.



Figure 157 : Photo des mesures acoustique dans le couloir concernant l'isolation entre ce dernier et la chambre des patients

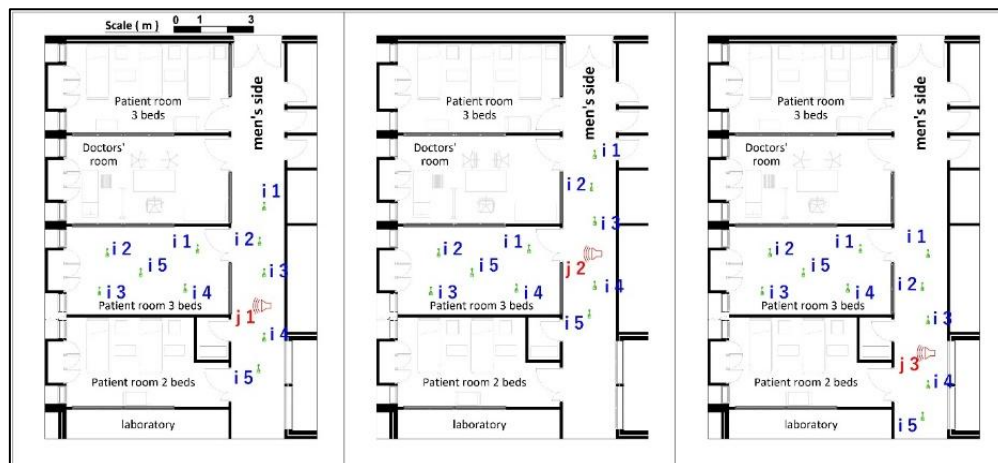


Figure 158 : Répartition des points des mesures concernant l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre

d) Bruit de fond

Pour le bruit de fond, des mesures du niveau de pression acoustique par bandes de 1/1 octave a été effectué dans la petite salle immédiatement avant et après les mesures dans cinq positions pour chacune des périodes, la durée de la mesure de chaque position est de 20 secondes pour

répondre à la norme ISO 16283-1-2014 (ISO 16283-1, 2014) qui exige au minimum 15 secondes à l'aide d'un microphone fixe.

e) Temps de réverbération

Mes mesures du temps de réverbération ont été effectuées à l'aide du protocole par défaut et à l'aide de la méthode du bruit interrompu après excitation à l'aide d'un bruit généré par le haut-parleur comme c'est indiqué dans la norme ISO 3382-2 :2008 (ISO 3382-2, 2008), dans la chambre réceptrice pour homme à trois lits dans le cas de l'isolation entre le couloir et la chambre, et dans la chambre réceptrice pour homme à deux lits lors de l'étude de l'isolation entre chambre adjacentes. Dans les deux cas, la chambre était vidée des objets, et pour plus de précision, les mesures ont été effectuées en cinq positions dans chaque chambre, et ils ont été répétés deux fois dans chaque position. Voir la figure 159.



Figure 159 : Photo des mesures du temps de réverbération dans la chambre réceptrice vide

3.4.2. Analyse de données

a) Calcul du moyen des niveaux de pression acoustique

Après avoir mesuré les niveaux de pression acoustique par bande de 1/1 octave en cinq positions pour chacun des trois positions j du haut-parleur, que ce soit dans l'espace émetteur ou bien dans l'espace récepteur, les résultats vont être moyennés à chaque fréquence à l'aide la formule 21 pour obtenir un seul niveau de pression acoustique d'émission et un autre de réception pour la position du haut-parleur j . Enfin, trois résultats des niveaux de pression acoustique

d'émission et trois d'autres de réception pour chaque fréquence vont être obtenus (ISO 16283-1, 2014).

b) Ajustement du niveau du signal pour le bruit de fond

Après avoir mesuré les niveaux du bruit de fond en cinq position avant et après les mesures dans l'espace récepteur pour chaque fréquence étudiée, les résultats des cinq mesures vont être moyennés à l'aide de la formule 21, Ensuite, une vérification par rapport au combinaison du signal du bruit émis avec le bruit du fond mesuré sera appliqué de telle façon que si cette différence sera supérieure à 10 dB, aucune correction du signal du bruit sera appliqué, si la différence est inférieure à 6 dB, une correction de 1.3 dB sera appliqué, enfin si la différence est entre 6 dB et 10 dB, une correction du signal du bruit sera appliqué à l'aide de la formule 14 de la norme ISO 16283-1 :2014 (ISO 16283-1, 2014).

c) Détermination du temps de réverbération T_{30}

Dans chaque chambre réceptrice et à l'aide du protocole au champs, la détermination du temps de réverbération a été fait à partir de la courbe de décroissance après l'arrêt de la source sonore, la décroissance sera considéré au-dessous du niveau de pression maximal par 5 dB et au-dessus du bruit de fond par 10 dB, comme c'est indiqué dans les normes ISO 3382-2 :2008 (ISO 3382-2, 2008) et ISO 16283-1 :2014 (ISO 16283-1, 2014). La décroissance de 30 dB a été utilisée, car une décroissance de 60 dB nécessite un bruit de fond plus faible ou bien à l'aide d'un niveau de pression acoustique plus élevé, ce qui difficile à réaliser dans un contexte particulier comme l'hôpital. Enfin, et pour plus de précision, les dix résultats enregistrés du T_{30} ont été moyennés pour chaque chambre réceptrice.

d) Calcul de l'isolation acoustique aérienne

Pour les deux type d'isolation acoustique étudiés, et pour les mesures en chaque position j du haut-parleur et pour chaque fréquence, un calcul de l'isolement brut sera effectué selon la formule 13 qui donne le résultat de la différence entre L_1 et L_2 à une chaque fréquence (ISO 16283-1, 2014).

A travers les formules 12 et 14, un ajustement par l'aire d'absorption équivalente et le temps de réverbération T_{30} , mesuré à l'espace récepteur, sera appliquée pour obtenir R' et D_{nT} à une fréquence donnée pour la position j du haut-parleur.

Enfin, les trois résultats du R'_j et du $D_{nT,j}$ dont chacun revient à une position j du haut-parleur vont être moyennés à l'aide de la formule 22 et 23 pour obtenir une seul valeur du R' et du D_{nT} correspondant à chacun des fréquences inclus dans l'étude.

$$R' = -10 \log \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{-\frac{R'_j}{10}} \dots \dots \dots (Formule 22)$$

Où,

- R' : l'indice d'affaiblissement acoustique des toutes les positions j du haut-parleur pour chaque fréquence.
- R'_j : l'indice d'affaiblissement acoustique pour la position j du haut-parleur et à chaque fréquence.
- m : le nombre des position du haut de parleur.

$$D_{nT} = -10 \log \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{-\frac{D_{nT,j}}{10}} \dots \dots \dots (Formule 23)$$

Où,

- D_{nT} : la différence de niveau standardisé des toutes les positions j du haut-parleur pour chaque fréquence
- $D_{nT,j}$: la différence de niveau standardisé pour la position j du haut-parleur et à chaque fréquence.
- m : le nombre des position du haut de parleur.

e) Valeurs uniques « R'_w et $D_{nT,w}$ »

La courbe du R' et D_{nT} calculé sera tracé, et en utilisant la norme ISO 717-1:2013 et sa courbe de référence par bande de 1/1 octave, un décalage de cette dernière par incrément de 1 dB vers le courbe calculé sera fait jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables sera la plus grande possible sans dépasser 10 dB, sachant qu'un écart défavorable à une fréquence donnée est considéré uniquement lorsque les résultats des mesures sont inférieurs aux valeurs de référence. La valeur de la courbe de référence décalée à la fréquence 500 Hz représente les valeurs uniques R'_w et $D_{nT,w}$ (ISO 717-1, 2013).

f) Termes d'adaptation du spectre (C ; C_{tr})

Une exigence peut être exprimé par un descripteur et une valeur limite, parfois d'autres, le descripteur est accompagné par une correction du terme d'adaptation du spectre, C lorsque le calcul est effectué à l'aide du bruit rose et C_{tr} lorsque le calcul est effectué à l'aide du bruit routier. Dans les deux cas, la pondération A a été utilisé et le calcul a été effectué à l'aide des

formules 24 et 25, suivant les procédures de la norme ISO 717-1 :2013, et expliqué en plus dans son annexe C (ISO 717-1, 2013).

$$C_j = X_{Aj} - X_w \dots \dots \dots (Formule 24)$$

Où

j : représente le type de spectre (par exemple, spectre No. 1 pour le bruit blanc pondéré A ou spectre No. 2 pour le bruit de circulation urbaine pondéré A).

X_w : est la valeur unique obtenue (R'_w ou $D_{nT,w}$).

X_{Aj} : est une valeur calculée spécifique au spectre j, obtenue avec la formule 25 :

$$X_{Aj} = -10 \log \sum 10^{(L_{ij}-X_i)/10} \text{ (dB)} \dots \dots \dots (Formule 25)$$

Où :

i : est le sous-indice représentant les bandes d'octave de 125 Hz à 2000 Hz.

L_{ij} : est le niveau sonore mesuré à la fréquence i pour le spectre j.

X_i : est l'isolation (R' ou D_{nT}) mesuré à la fréquence i.

g) Evaluation par rapport aux normes

L'évaluation de l'isolation acoustique aérienne a été réalisée en référence aux normes présentées dans le chapitre 3. Elle concerne deux types d'isolation mesurées : l'isolation entre deux chambres adjacentes et celle entre le couloir et la chambre. Les valeurs obtenues dans le service d'urologie de l'EHP AB, après calcul, seront comparées aux normes étudiées afin de quantifier les écarts et d'identifier les ajustements nécessaires. Cette analyse permettra de déterminer le cadre d'intervention optimal en s'appuyant sur les normes comme des repères pour améliorer la performance acoustique, tout en évitant les interventions excessives et ainsi insuffisantes. En d'autres termes, ces normes servent de guides pour garantir une optimisation équilibrée et adaptée aux exigences du confort acoustique.

3.5. Simulation acoustique

3.5.1. Présentation du logiciel mobilisé pour l'étude « Ramsete® 2.7 »

La simulation acoustique a été réalisée à l'aide du logiciel Ramsete® 2.7, distribué par Spectra SRL (Vimercate, Italie). Ce logiciel repose sur un algorithme avancé de traçage pyramidal, une méthode de simulation qui améliore la modélisation de la propagation sonore dans les espaces

clos. Contrairement aux approches classiques basées sur le ray tracing, Ramsete utilise des faisceaux pyramidaux divergents, dont les axes coïncident avec les rayons d'origine.

L'un des atouts majeurs de Ramsete est sa capacité à générer une subdivision parfaitement isotrope de l'espace sonore. Cette subdivision est basée sur des puissances de 2, où le niveau minimal est fixé à 8 et suit la progression 8×2^n . Ce principe permet d'obtenir une modélisation homogène et précise de la diffusion sonore.

L'expérience et la crédibilité de Ramsete® dans le domaine de la simulation acoustique remontent à plusieurs décennies. Dès 1995, ses créateurs, Angelo Farina, Paolo Galaverna et Guido Truffelli, ont publié un premier manuel d'utilisation détaillant son fonctionnement (<https://www.ramsete.com/>, s. d.). En 2000, une publication scientifique a validé la précision du logiciel en comparant ses résultats avec des données expérimentales, voir la figure 160, confirmant ainsi sa fiabilité (Farina, 2000). En outre, Ramsete a retenu de nombreuses mises à jour et améliorations, consolidant sa place parmi les outils de référence en simulation acoustique. Son évolution continue et sa précision explique son utilisation à ce jour, y compris dans plusieurs études récentes, notamment en 2022 (Tronchin et al., 2020; Berardi et al., 2022; Buratti et al., 2022; Secchi et al., 2022).

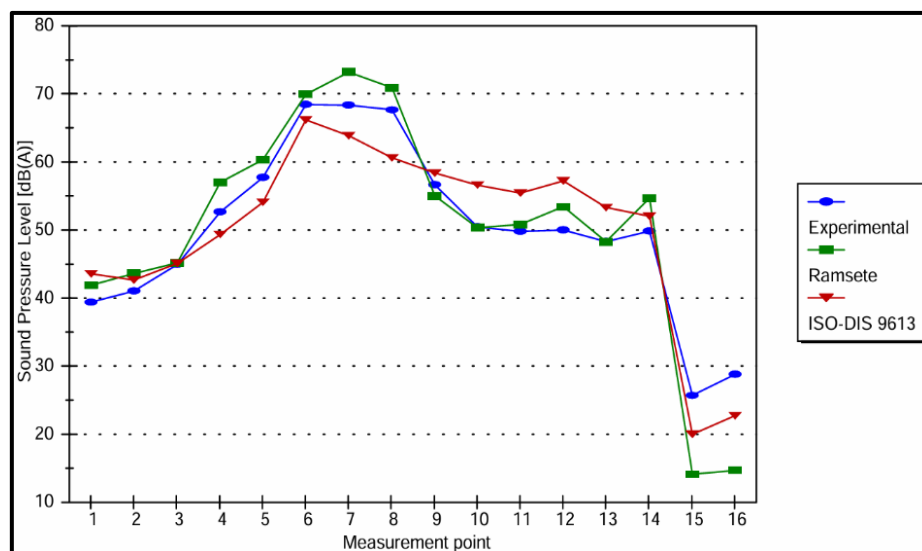


Figure 160 : Evaluation de la précision du Ramsete® par rapport aux résultats expérimental ;
Source : (Farina, 2000)

➤ Architecture et modules fonctionnels de Ramsete®

Ramsete® se compose de cinq applications principales, voir la figure 161, qui interagissent de manière complémentaire pour assurer un processus de simulation acoustique complet. La Figure 162 illustre ce processus. Grâce à cette structure modulaire, Ramsete® 2.7 constitue un

outil puissant et flexible, adapté à l'étude de l'acoustique des espaces complexes tels que les établissements hospitaliers, où le contrôle du bruit et du confort acoustique est essentiel.

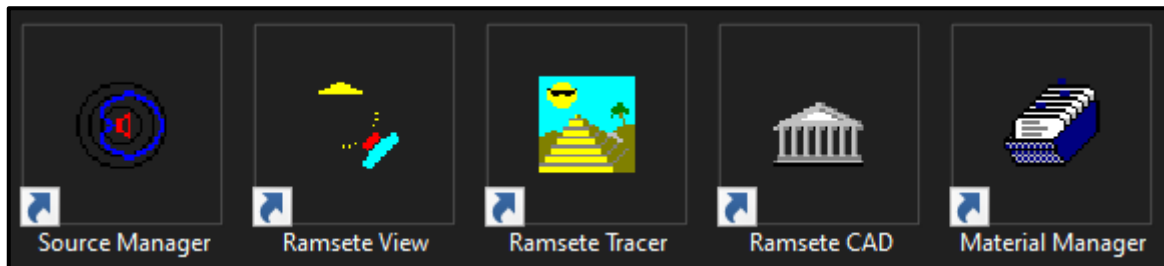


Figure 161 : Les cinq applications principales du Ramsete® ; Source : (<https://www.ramsete.com/>, s. d.)

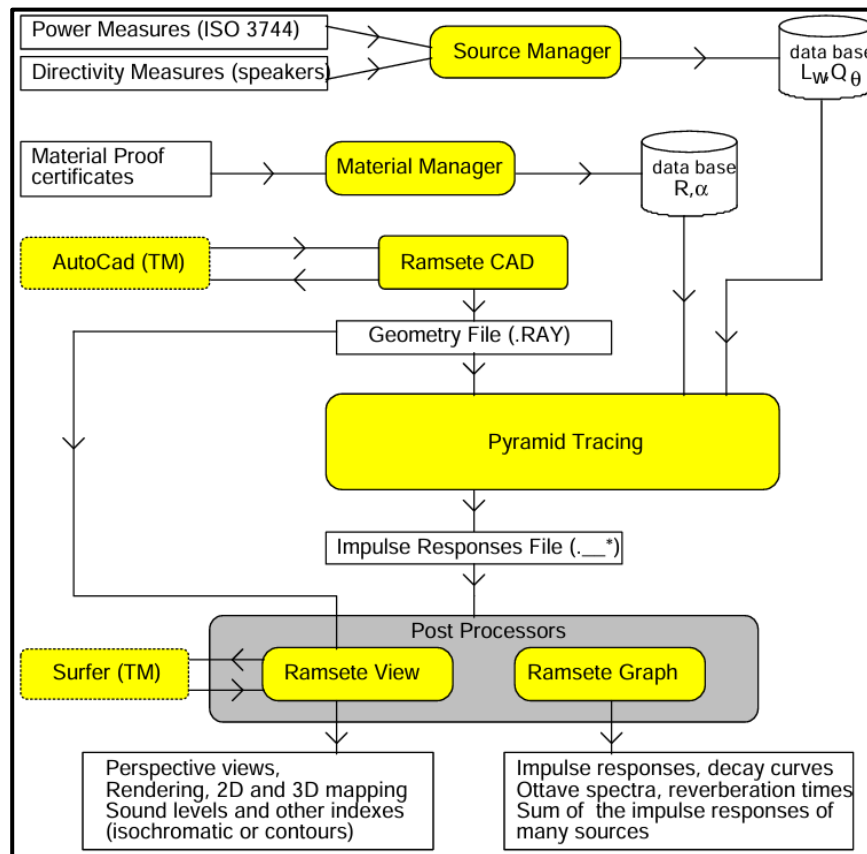


Figure 162 : Schéma explicatif du processus de simulation acoustique par Ramsete® ; Source : (<https://www.ramsete.com/>, s. d.)

3.5.2. Création, paramétrage, calibration et exécution du modèle d'analyse

Un modèle réduit d'une partie du service d'urologie a été réalisé à l'aide de Ramsete® 2.7. Deux versions de ce modèle ont été développées :

- Evaluation de l'isolation entre chambres adjacentes, voir la figure 163.
 - La source sonore est placée dans la chambre émettrice.
 - Des récepteurs sont positionnés dans cette chambre pour mesurer les niveaux émis.
 - D'autres récepteurs sont installés dans la chambre réceptrice pour capter les niveaux transmis.
- Évaluation de l'isolement entre le couloir et la chambre, voir la figure 164.

- La source sonore est placée dans le couloir (émetteur).
- Des récepteurs sont positionnés à la fois dans le couloir et dans la chambre réceptrice.

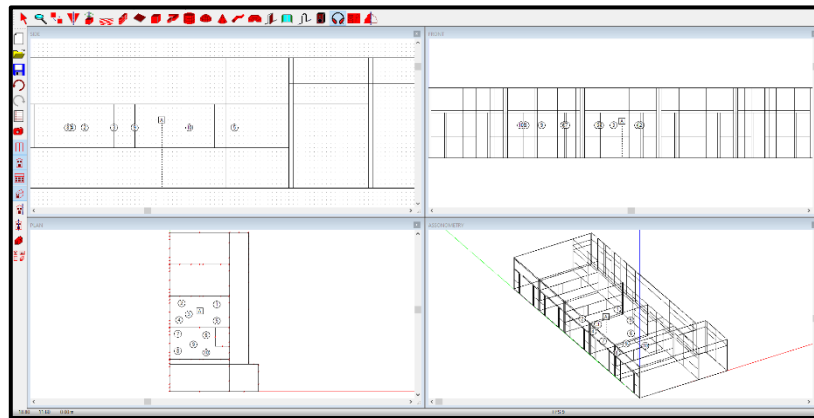


Figure 163 : Modélisation de l'isolation entre chambres adjacentes par Ramsete® d'une partie d'urologie

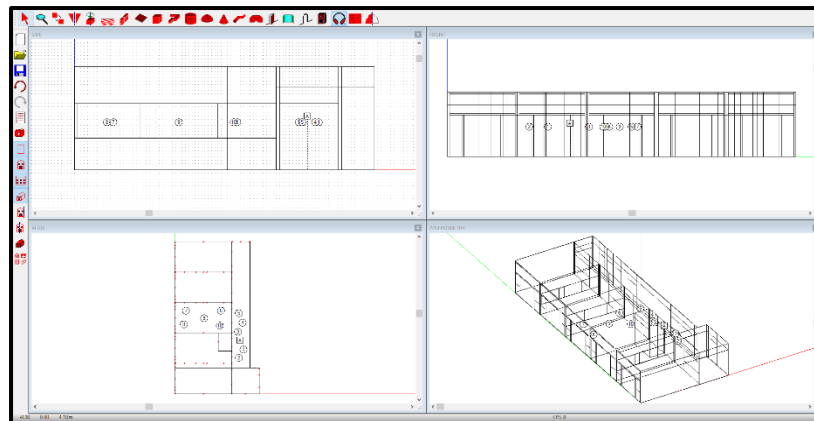


Figure 164 : Modélisation de l'isolation entre le couloir et la chambre par Ramsete® d'une partie d'urologie

Les caractéristiques initiales des matériaux utilisés, issues de la bibliothèque de Ramsete® 2.7, ont été intégrées au modèle. Elles sont présentées dans le tableau 17.

Tableau 17 : Les caractéristiques initiales des matériaux utilisés, issues de la bibliothèque de Ramsete® 2.7

Matériaux	R						α_{sabine}					
	125	250	500	1k	2k	4k	125	250	500	1k	2k	4k
Brique	22.7	23.7	25.7	28.8	34	37	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Vitrage simple	18.8	19.8	24.9	27	26.1	24.1	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Bois simple	17.8	18.7	19	20.3	17.6	17.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03

En supposant que l'environnement avait une humidité de 50 % et une température de 20 °C. Un niveau de subdivision 8×2^{10} a été utilisé pour le calcul. Les rayons ont été suivis pendant une durée de 5 s, avec une résolution temporelle de 0,01 s, et le niveau de diffraction sur les surfaces obstruées a été fixé à 2 pour tenir compte également de la double diffraction sur les obstacles entre la source et les récepteurs.

Pour calibrer le modèle, la valeur de l'indice d'affaiblissement acoustique R du bois et du vitrage a été réduite par incréments de 1 dB, jusqu'à obtenir un accord entre les résultats simulés et les mesures expérimentales. Cet étalonnage a été réalisé en minimisant l'écart entre les simulations et les mesures effectuées in situ, en s'appuyant sur les descripteurs :

- R'_w : indice d'affaiblissement acoustique pondéré
- $D_{nT,w}$: l'isolement acoustique standardisé.
- T_{30} : temps de réverbération.

La calibration a été appliquée simultanément aux deux configurations étudiées :

- Isolation entre chambres adjacentes
- Isolation entre le couloir et la chambre

Une fois le modèle est calibré, il a été utilisé pour tester différentes interventions d'optimisation acoustique. Chaque modification a été simulée et comparée aux résultats initiaux afin d'évaluer les améliorations réalisées. Ces résultats ont ensuite été confrontés aux normes acoustiques de référence étudiées pour déterminer si des ajustements supplémentaires étaient nécessaires. L'objectif est de garantir des solutions optimisées, tout en évitant l'excès et l'insuffisance.

Conclusion

Ce chapitre a détaillé la méthodologie adoptée pour l'évaluation et l'optimisation du confort acoustique de l'EHP A.B. Après avoir justifié le choix du cas d'étude à travers l'analyse du contexte géographique, démographique et hospitalier de la wilaya de Skikda, l'organisation architecturale et fonctionnelle de l'hôpital a été étudiée afin de comprendre ses caractéristiques acoustiques.

L'approche méthodologique repose sur une combinaison de mesures acoustiques in situ, réalisée selon les normes ISO 16283-1:2014 et ISO 3382-2:2008, et de simulations numériques avec Ramsete® 2.7. Cette démarche vise à identifier les sources de bruit, à évaluer les performances d'isolation acoustique et à tester des solutions d'optimisation adaptées aux exigences hospitalières.

L'ensemble des données recueillies et des analyses réalisées permettra d'établir un diagnostic du confort acoustique au sein de l'EHP A.B et de proposer des interventions optimisées. Les résultats obtenus seront examinés et discutés dans les chapitres suivants.

Chapitre V : Résultats et discussions

Introduction

Le confort acoustique en milieu hospitalier est un facteur déterminant pour la qualité des soins, le bien-être des patients et l'efficacité du personnel médical. Les niveaux sonores élevés dans les hôpitaux, souvent liés aux équipements, aux interactions humaines et à l'activité hospitalière, peuvent entraîner du stress, perturber le sommeil des patients et affecter la concentration des soignants. Dans ce contexte, l'évaluation et l'optimisation du confort acoustique des établissements hospitaliers deviennent essentielles pour améliorer l'environnement de soin et garantir des conditions optimales de récupération et de travail.

Ce chapitre présente les résultats des mesures acoustiques effectuées dans le service d'urologie de l'EHP A.B, en mettant en évidence les niveaux sonores enregistrés à l'intérieur et à l'extérieur du service, ainsi que l'impact des différentes sources de bruit. L'étude inclut également une analyse de l'isolation acoustique aérienne des chambres et des couloirs, en s'appuyant sur des normes internationales pour évaluer la conformité des performances mesurés. Enfin, des simulations acoustiques ont été réalisées afin de proposer des solutions d'optimisation visant à améliorer l'isolation acoustique au sein du service étudié.

1. Évaluation statistique du bruit dans le service d'urologie

1.1. Résultats globaux des niveaux du bruit : extérieurs, couloirs et chambres

Les mesures acoustiques réalisées sur quatre journées distinctes – vendredi et samedi pour le week-end, lundi et mardi pour les jours ouvrables – permettent d'analyser l'évolution des niveaux sonores extérieurs au sein du service d'urologie de l'EHP A.B. Les relevés ont été effectués pendant les quatre principales périodes de la journée - matin, midi, soir et nuit -, puis moyennés à l'aide de la formule 21 afin d'obtenir une valeur unique représentative de chaque journée. Cette méthodologie permet une interprétation plus globale du comportement du bruit en fonction des variations d'activités hospitalières et des flux de personnes.

1.1.1. Mesures extérieures

Les résultats obtenus mettent en évidence une distinction entre les niveaux sonores enregistrés sur les deux façades du bâtiment. Durant le week-end, la façade sud-est, orientée vers l'entrée principale de l'EHP A.B et la ville, marque les niveaux sonores les plus élevés, atteignant 56,8 dBA le vendredi et 55,35 dBA le samedi, voir la figure 165. Cette situation s'explique principalement par une baisse d'activité au sein du stationnement de l'administration, qui fonctionne à efficacité réduite ces jours-là. En outre, le bruit des urgences ne semble pas être un facteur déterminant dans cette configuration, puisque ce service demeure actif en continu.

Cette tendance s'inverse lors des jours de la semaine, où les niveaux sonores les plus élevés sont enregistrés sur la façade nord-ouest, orientée vers l'entrée de l'administration et son parking. Les niveaux atteignent 56,87 dBA le lundi et 56,47 dBA le mardi, ce qui reflète l'intensification des activités administratives et logistiques dès le début de la semaine. L'augmentation du personnel en service, les déplacements des patients et des visiteurs, ainsi que l'utilisation accrue des infrastructures hospitalières contribuent significativement à cette élévation du bruit ambiant.

Une autre observation importante concerne la variation des niveaux sonores entre le week-end et les jours de la semaine. Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, les niveaux de bruit extérieur ne sont pas systématiquement plus faibles pendant les jours de la semaine. Cette anomalie peut être attribuée à la fréquentation accumulée de l'hôpital pendant le week-end, période durant laquelle les visites des proches sont plus nombreuses, alors qu'en semaine, les horaires de travail limitent ces déplacements. Ce phénomène souligne l'influence des comportements sociaux et des dynamiques hospitalières sur l'environnement sonore, en complément des facteurs liés aux infrastructures et aux activités hospitalières proprement dites.

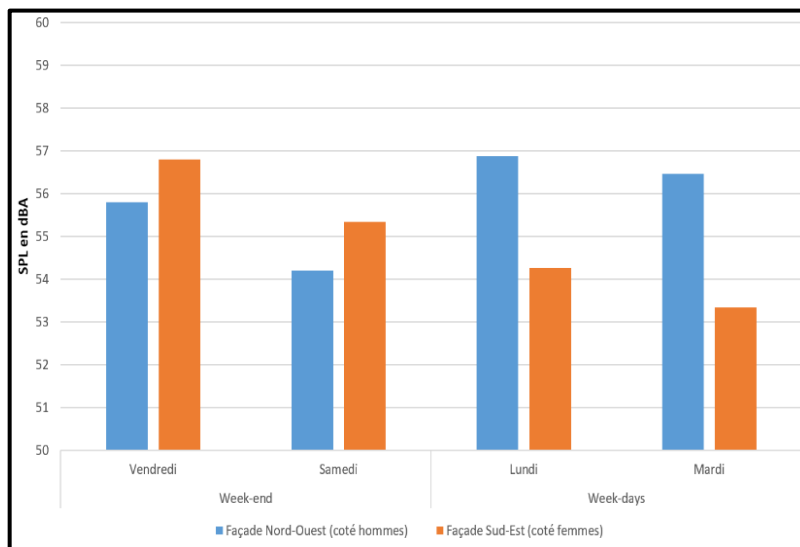


Figure 165 : Résultats des niveaux globaux du bruit extérieur mesurés In-Situ à l'EHP A.B ; Source : Auteurs,2025

1.1.2. Mesures dans les couloirs

Les résultats des mesures effectuées dans les couloirs du service d'urologie – à savoir le couloir du côté homme et celui du côté femme – confirment les tendances enregistrées pour les niveaux sonores extérieurs. Comme l'illustre la figure 166, le niveau sonore le plus élevé a été enregistré dans le couloir du côté homme le samedi, atteignant 59,12 dBA, ce qui est probablement attribuée à l'augmentation des visites des proches pendant le week-end, générant une activité

accumulée dans ce couloir. À titre de comparaison, le lundi, un jour de la semaine, un niveau de 56,49 dBA a été relevé.

Cependant, les niveaux sonores les plus faibles dans le couloir du côté homme ont été observés le vendredi et le mardi. Cette baisse s'explique principalement par la diminution du nombre de patients hospitalisés. En effet, seuls deux malades étaient présents dans le service pour hommes le vendredi, tandis que le mardi, un seul patient restait hospitalisé, l'autre a quitté l'hôpital après la fin de son traitement dans la période après-midi.

Concernant le couloir du côté femme, qui sert d'entrée principale au service d'urologie, les niveaux sonores les plus élevés ont été enregistrés pendant les jours de la semaine, atteignant 55,96 dBA le lundi et 56,19 dBA le mardi. Cette élévation est directement liée à la présence accrue de patients nécessitant une surveillance médicale, entraînant un déplacement plus fréquent du personnel hospitalier dans ce couloir. De plus, en semaine, l'hôpital fonctionne à pleine capacité, avec une efficacité médicale et paramédicale maximale, ce qui contribue à l'augmentation du bruit dans cet espace.

Ainsi, ces résultats soulignent l'influence du taux d'occupation du service et des dynamiques hospitalières sur les niveaux sonores des couloirs. L'affluence des visiteurs durant le week-end et l'intensité des activités hospitalières en semaine apparaissent comme les principaux facteurs influençant les variations de bruit enregistrées.

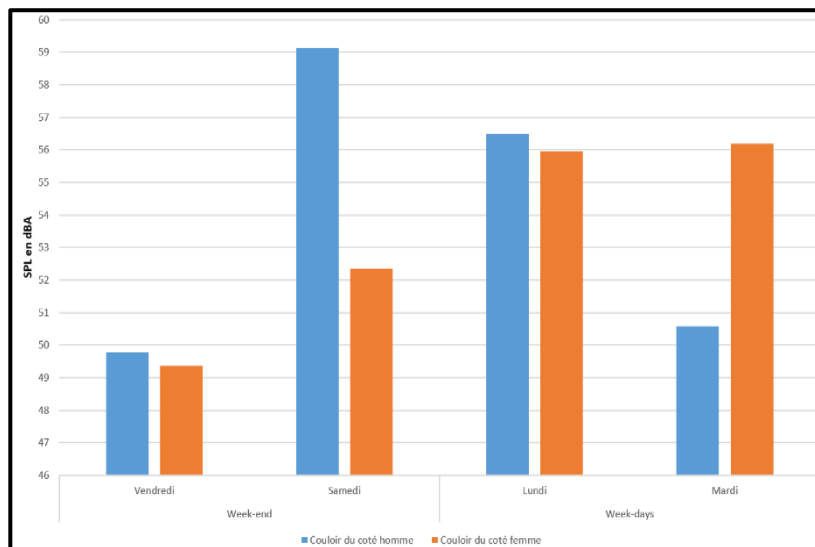


Figure 166 : Résultats des niveaux globaux du bruit mesurés In-Situ aux couloirs de l'EHP A.B ; Source : Auteurs, 2025

1.1.3. Mesures dans les chambres des patients

Dans les chambres des patients, voir la figure 167, les mesures révèlent que le niveau sonore le plus élevé a été enregistré dans la chambre des hommes occupés le samedi, un jour de week-

end, avec 63,67 dBA. Ce résultat confirme les observations précédentes, mettant en évidence l'impact de l'activité hospitalière du week-end sur le bruit ambiant.

Dans les jours de la semaine, la comparaison des mesures réalisées lundi et mardi montre que le niveau sonore est plus élevé le mardi, atteignant 60,51 dBA, contre 53,48 dBA le lundi. Cette différence s'explique par une présence accumulée de visiteurs et de personnel dans la chambre à midi, moment où se déroulent les procédures de fin de traitement et la préparation de la sortie du patient.

Par ailleurs, la plupart des autres relevés affichent des valeurs relativement stables, compris entre 40 dBA et 45 dBA, indépendamment du type jour.

En outre, Le vendredi, lorsque les deux chambres, pour hommes et pour femmes étaient inoccupées pendant les mesures, les résultats enregistrent des niveaux faibles du bruit, ce qui souligne l'influence directe de l'occupation sur les niveaux sonores mesurés. Cependant, un niveau légèrement plus élevé a été observé dans la chambre des femmes, avec une différence d'environ 1,3 dBA par rapport à la chambre des hommes. Cet écart, bien que faible, pourrait s'expliquer par l'animation du couloir des femmes, utilisé comme espace d'accueil et de regroupement, ainsi que par le bruit extérieur généré par la fréquentation accrue de l'hôpital pendant le week-end.

Pour la chambre des femmes qui était inoccupée pendant les mesures, les niveaux enregistrés, bien que plus faibles que ceux de l'autre chambre occupée pour hommes, ils suivent le même comportement que les niveaux obtenus à l'extérieur, du côté de la façade sud-est, orientée vers l'entrée de l'hôpital et la ville. Cela met ainsi en évidence l'influence du bruit extérieur sur le bruit intérieur, bien que cet impact reste léger et limité.

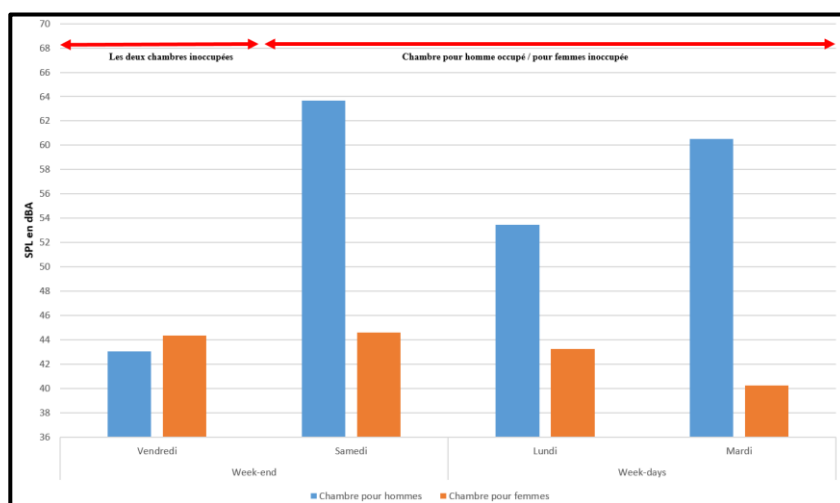


Figure 167 : Résultats des niveaux globaux du bruit mesurés In-Situ aux chambres des patients de l'EHP A.B ; Source : Auteurs,2025

1.2. Résultats des évolutions d'enregistrement sonore

Une analyse détaillée et approfondie, allant au-delà du L_{Aeq} , a été réalisée sur les historiques d'enregistrements effectués à des intervalles de 0,1 seconde lors de deux journées d'étude : le vendredi, comme un jour de week-end, et le mardi, comme un jour de semaine, voir la figure 168. Cette analyse vise à mieux visualiser l'évolution temporelle et les variations des niveaux sonores au cours des différentes périodes de la journée, le matin, le midi, le soir et la nuit.

1.2.1. L'enregistrement de l'extérieur

Les résultats des enregistrements réalisés sur les deux façades extérieures de l'hôpital, avec un total de 960 secondes par jour, réparties en 240 secondes pour chaque période -matin, midi, soir et nuit- mettent en évidence les dynamiques sonores spécifiques à chaque orientation. La façade Nord-Ouest, orientée vers l'administration et son parking, et la façade Sud-Est, orientée vers l'entrée principale, le parking des visiteurs et la ville, présentent des variations sonores distinctes.

Ces résultats confirment les tendances globales observées, tout en apportant une visualisation du comportement sonore journalier des deux façades. L'analyse de l'historique d'enregistrement met en évidence que les périodes les plus impactant sont celles du matin et du midi, où l'activité est plus intense, contrairement au soir et à la nuit, où le niveau sonore reste relativement stable.

- Pour la façade Nord-Ouest : Les enregistrements montrent que le mardi est le jour où les niveaux sonores sont les plus élevés, en particulier le matin et à midi. Cette tendance s'explique par l'intensité des activités liées à l'arrivée des travailleurs, aux changements d'équipe et aux mouvements dans le parking de l'administration. La pause déjeuner de midi amplifie également ce phénomène, entraînant une augmentation du bruit ambiant. Cependant, le vendredi présente des niveaux sonores plus modérés. Bien que les mêmes activités se poursuivent, leur impact est moindre en raison d'une réduction des activités administratives au week-end.
- Pour la façade Sud-Est : Contrairement à la façade Nord-Ouest, la façade Sud-Est enregistre ses niveaux sonores les plus élevés le vendredi, en particulier à midi, où le bruit atteint environ 80 dBA. Cette augmentation est principalement due à l'afflux de visiteurs, qui est plus important en fin de semaine. En soirée, bien que les visiteurs soient encore présents, leur impact sonore est réduit, car il se limite essentiellement aux proches des patients. La présence du parking des visiteurs et de l'entrée principale de l'hôpital accentue l'exposition de cette façade aux nuisances sonores.

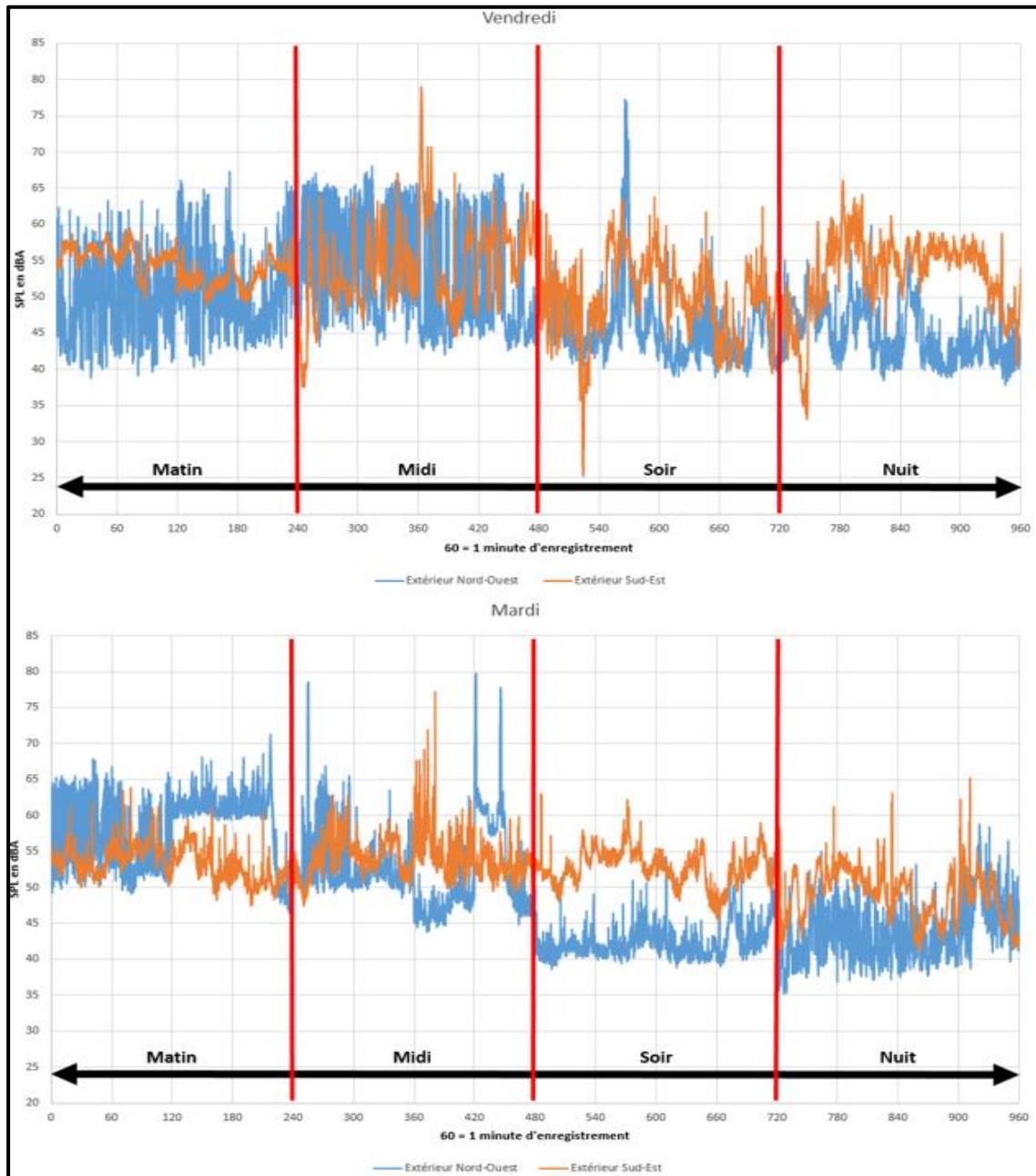


Figure 168 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ à l'extérieur de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025

1.2.2. L'enregistrement des couloirs

Les enregistrements réalisés dans les deux couloirs du service d'urologie, avec un total de 960 secondes par jour réparties en 240 secondes pour chaque période « matin, midi, soir et nuit », voir la figure 169, mettent en évidence des différences sonores entre le couloir du côté homme et celui du côté femme.

Le vendredi, les niveaux sonores enregistrés montrent un équilibre relatif entre les deux couloirs, avec une légère différence marquée dans le couloir des hommes, principalement à midi. Ce jour-là, les chambres du côté des femmes étaient totalement inoccupées, tandis que le

côté des hommes comptait deux patients hospitalisés, ce qui a influencé le niveau sonore, en particulier à midi et par la suite le niveau moyen de l'ensemble de la journée.

Les résultats du mardi indiquent ainsi un équilibre des niveaux sonores pendant les périodes diurnes « matin et midi ». Cependant, une différence notable apparaît durant les périodes nocturnes « soir et nuit », où les niveaux les plus élevés ont été enregistrés du côté des hommes, qui accueillait un patient hospitalisé cette nuit-là. Une anomalie a été relevée du côté des femmes, avec une augmentation brutale du bruit à un moment donné pendant la nuit, atteignant 70 dBA. Cet événement, probablement lié à un bruit de choc, a élevé le niveau moyen journalier dans ce couloir. Ainsi, le niveau sonore du mardi dans le couloir des femmes apparaît plus élevé que celui du couloir des hommes et que les niveaux enregistrés le vendredi.

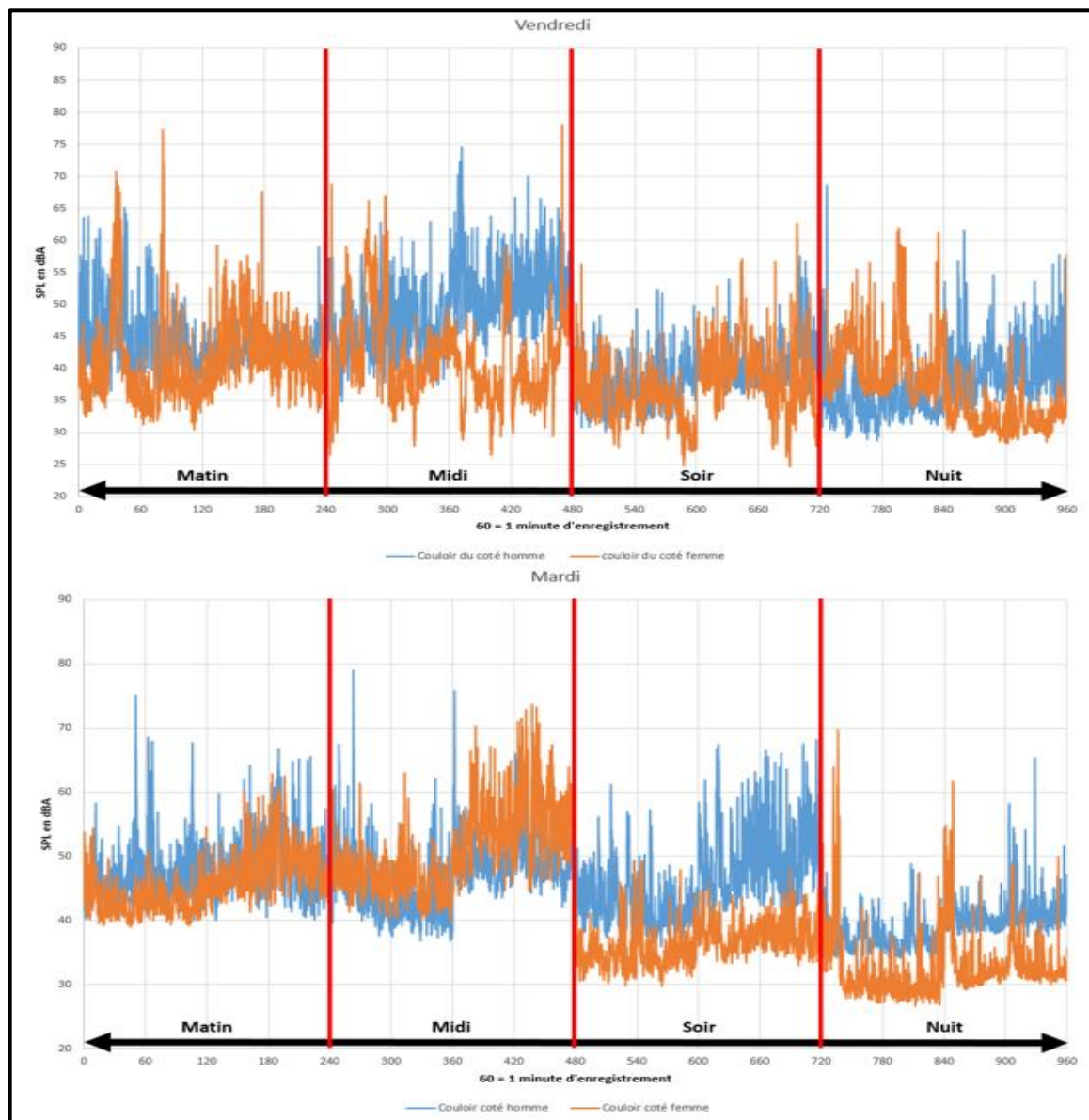


Figure 169 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ aux couloirs de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025

1.2.3. L'enregistrement dans les chambres des patients

Les enregistrements acoustiques ont été réalisés dans deux chambres du service d'urologie, sur une durée de 600 secondes par période de la journée, soit un total de 2 400 secondes d'enregistrement par jour d'étude, voir la figure 170. Les résultats obtenus mettent en évidence plusieurs observations :

- Le vendredi, lorsque les deux chambres étaient inoccupées, les niveaux sonores sont restés relativement homogènes tout au long de la journée, traduisant des conditions acoustiques stables en l'absence d'activité. Cependant, une légère élévation a été observée dans la chambre des hommes au cours de la matinée, probablement due à des événements ponctuels provenant du couloir des hommes, tels que :
 - Les changements d'équipe,
 - Les opérations de nettoyage,
 - Les consultations matinales,
 - Les prises de traitement.

Par ailleurs, les enregistrements montrent que la période du soir dans la chambre des femmes, restée inoccupée, a une influence notable sur le niveau moyen du vendredi, le rendant plus élevé que dans la chambre des hommes. Cette différence s'explique par l'animation persistante du couloir des femmes, qui reste fréquemment occupée par le personnel hospitalier même en l'absence de patientes.

- Le mardi, les résultats varient selon l'occupation des chambres :
 - Dans la chambre des hommes occupée, les niveaux sonores les plus élevés ont été enregistrés aux périodes centrales de la journée, de midi et du soir, en raison d'un grand nombre de visiteurs et d'activités bruyantes.
 - Dans la chambre des femmes inoccupée, les niveaux mesurés le matin, à midi et en soirée sont restés inférieurs à ceux de la chambre occupée, mais supérieurs aux niveaux nocturnes. Cette différence est principalement liée aux variations du bruit routier provenant de la façade sud-est, orientée vers la ville et le parking des visiteurs, où le flux sonore est plus intense aux heures de pointe. Cette observation confirme ainsi les tendances mises en évidence dans l'analyse globale.

Ces observations démontrent que l'occupation de l'espace influence notablement les niveaux de pression sonore. En effet, l'activité présente dans la chambre des hommes induit une augmentation significative des niveaux sonores, particulièrement pendant les périodes

centrales, alors que l'absence d'occupation conduit à une stabilité acoustique, à l'exception de légères variations dues à des événements ponctuels ou à l'exposition au bruit routier. Ainsi, ces résultats confirment que la chambre du patient peut être envisagée à la fois comme un espace générateur de bruit et comme un environnement nécessitant une protection acoustique.

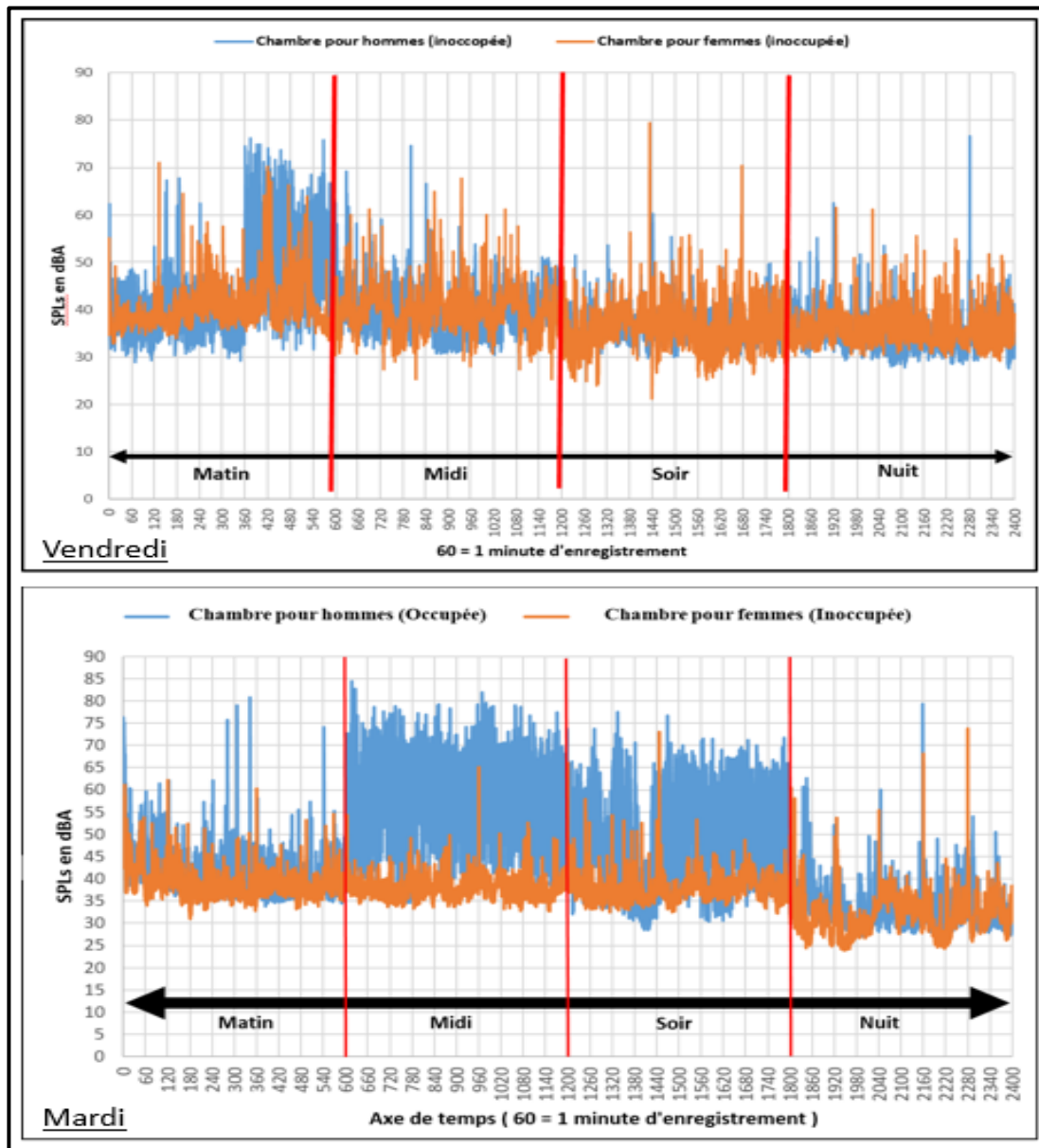


Figure 170 : Résultats des variations des fluctuations sonores mesurées In-Situ aux chambres des patients de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs, 2025

1.3. Résultats fluctuation sonores nocturne

Afin d'évaluer l'impact des fluctuations sonores pendant la période nocturne, une analyse a été réalisée sur deux nuits, voir la figure 171 :

- Le vendredi nuit, correspondant à un jour de week-end.
- Le mardi nuit, correspondant à un jour de semaine.

Cette étude est essentielle, car la stabilité acoustique est un facteur clé pour garantir un sommeil aux patients. Les résultats de l'analyse des historiques sonores pour l'extérieur, les couloirs et les chambres montrent que :

- Le nombre de fluctuations nocturnes est le plus élevé dans les chambres des patients,
- Il est légèrement moins important dans les couloirs,
- Il est le plus faible à l'extérieur.

Ces observations mettent en évidence que les sources sonores internes constituent les principales nuisances acoustiques affectant le sommeil des patients.

Une fluctuation sonore est définie ici comme une augmentation significative du niveau sonore de plus de 10 dBA par rapport au bruit de fond, se produisant de manière discontinue et espacée dans le temps. Ces variations acoustiques sont perçues comme des alertes nuisibles, perturbant le sommeil.

La comparaison des fluctuations entre les chambres occupées et inoccupées révèle que les fluctuations sonores nocturnes sont présentes dans les deux types de chambres, qu'elles soient occupées ou inoccupées.

Cependant, en étudiant l'espacement entre deux fluctuations successives, on constate que :

- Le mardi nuit, les fluctuations sont plus espacées et perceptibles individuellement.
- Le vendredi nuit, elles se produisent de manière plus rapprochée et continue, oscillant dans une plage de valeurs délimitée.

Ce phénomène suggère que le bruit nocturne du vendredi est davantage perçu comme un bruit de fond continu, tandis que celui du mardi génère plus d'alertes sonores distinctes, probables plus dérangeantes.

En outre, L'Analyser les fluctuations sonores dans les couloirs montrent que :

- Les couloirs présentent davantage de fluctuations sonores que l'extérieur, mais moins que les chambres.
- L'évolution du bruit nocturne dans les couloirs suit une tendance similaire à celle des chambres en matière d'espacement et de rapprochement des fluctuations.
- Bien que les niveaux sonores du vendredi soient parfois plus élevés, ils sont moins perçus comme des alertes et davantage perçus à un bruit de fond.

Les résultats de cette analyse confirment les observations précédentes :

- Les nuisances sonores les plus impactant sont d'origine interne, générées soit dans les chambres des patients, soit dans les couloirs.
- Les couloirs jouent un rôle clé en tant qu'espace générant et transmettant du bruit à l'intérieur de l'hôpital.
- L'extérieur reste une source de bruit, mais son impact sur les variations sonores nocturnes est moins important que celui des espaces internes.

Ces résultats soulignent la nécessité d'améliorer l'isolation acoustique interne et de réduire les sources sonores dans les espaces de circulation nocturne pour optimiser le confort acoustique des patients.

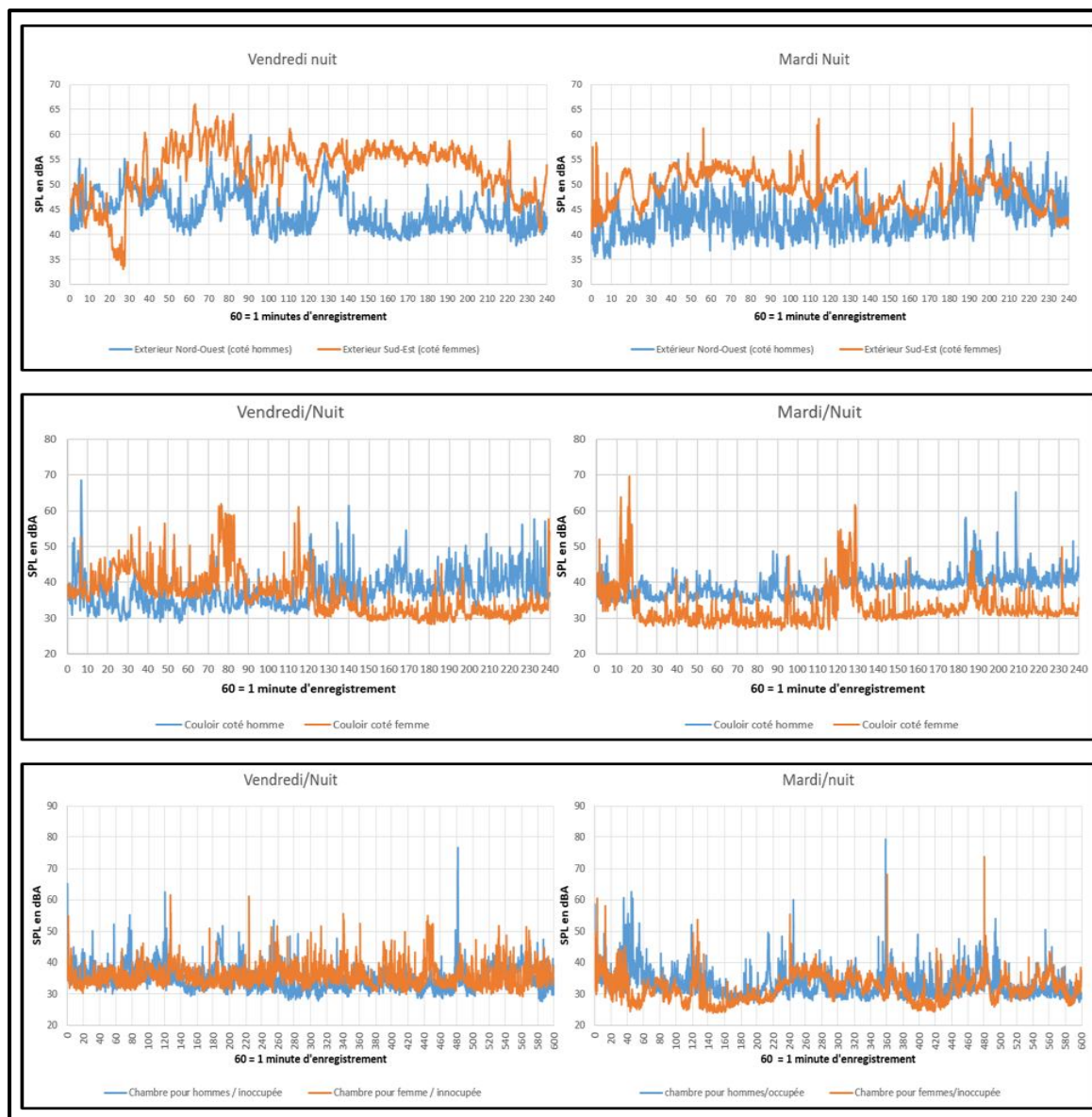


Figure 171 : Résultats des variations des fluctuations sonores nocturne mesurées In-Situ, à l'extérieur, aux couloirs et aux chambres des patients de l'EHP A.B en vendredi et mardi ; Source , Auteurs , 2025

1.4. Résultats moyens du bruit en « L_{Aeq} , diurne / L_{Aeq} , nocturne »

L'analyse des niveaux sonores moyens enregistrés, conformément aux normes acoustiques distinguant les périodes diurnes et nocturnes, avec mise en évidence des écarts significatifs selon les espaces mesurés a été effectué, voir le tableau 18.

Concernant la comparaison des niveaux sonores selon l'occupation des chambres, les résultats montrent que les chambres occupées présentent des niveaux plus élevés que les chambres inoccupées :

- En période diurne, l'écart est de 19,26 dBA entre une chambre occupée « 63,12 dBA » et une chambre inoccupée « 43,86 dBA ».
- En période nocturne, cet écart de 13,3 dBA est encore important, avec 56,05 dBA en chambre occupée contre 42,75 dBA en chambre inoccupée.

Ces valeurs soulignent l'influence directe de l'occupation sur l'environnement sonore, notamment en journée où l'activité des patients, du personnel médical et des visiteurs est plus importante.

Pour les niveaux enregistrés dans les couloirs se situent entre ceux des chambres occupées et inoccupées :

- 56,57 dBA en journée, soit 6,55 dBA de moins que les chambres occupées, mais 12,71 dBA de plus que les chambres inoccupées.
- 52,58 dBA la nuit, toujours intermédiaire entre les deux types de chambres.

Cela démontre que les couloirs, en tant qu'espaces de passage, maintiennent un niveau de bruit constant, influençant l'ambiance sonore des chambres adjacentes.

Tableau 18 : Résultats moyens du bruit en « L_{Aeq} , diurne / L_{Aeq} , nocturne » obtenus dans les espaces intérieurs de l'EHP A.B ; Source : Auteurs, 2025

Espaces	Chambres		Couloirs
	Occupée	Inoccupée	
L_{Aeq} , diurne (dBA)	63.12	43.86	56.57
L_{Aeq} , nocturne (dBA)	56.05	42.75	52.58

Les valeurs globales pour l'intérieur -moyenne des chambres et des couloirs- et l'extérieur montrent une différence modérée entre les deux environnements, voir le tableau 19 :

- Diurne : 61,02 dBA à l'intérieur contre 57,27 dBA à l'extérieur.
- Nocturne : 54,79 dBA à l'intérieur contre 52,7 dBA à l'extérieur.

L'écart réduit entre l'intérieur et l'extérieur indique que le bâtiment hospitalier offre une isolation acoustique partielle, mais que les sources sonores internes restent prédominantes, notamment en journée.

Tableau 19 : Résultats moyens du bruit en « $L_{Aeq, diurne}$ / $L_{Aeq, nocturne}$ » obtenus à l'intérieur et à l'extérieur de l'EHP A.B ; Source : Auteurs, 2025

Espaces	Intérieur	Extérieur
$L_{Aeq, diurne}$ (dBA)	61.02	57.27
$L_{Aeq, nocturne}$ (dBA)	54.79	52.7

1.5. Résultats d'évaluation du bruit par rapport aux normes

1.5.1. La chambre occupée

Les niveaux de bruit mesurés en période diurne dans la chambre occupée dépassent la majorité des recommandations étudiées, voir la figure172. Seules les recommandations du CC fixant un seuil de 65 dBA sont respectées. Les niveaux mesurés dépassent 70 % des normes recommandant un niveau de 45 dBA avec un écart moyen de 18 dBA. Par ailleurs, ils dépassent de 23 dBA les recommandations du NIOSH fixées à 40 dBA et de 28 dBA celles de l'OMS fixées à 35 dBA.

En période nocturne, les mesures respectent uniquement les recommandations du CC. Elles dépassent 30 % des normes étudiées préconisant un niveau de 45 dBA avec un écart de 11 dBA et 40 % des normes recommandant un niveau de 35 dBA avec un écart de 21 dBA. De plus, elles dépassent de 26 dBA les recommandations de l'OMS fixées à 30 dBA et de 36 dBA celles de l'INC préconisant un seuil strict de 20 dBA.

Concernant les normes réglementaires, les niveaux mesurés dépassent toutes les réglementations étudiées, tant en période diurne que nocturne. Pendant la période diurne, ils dépassent de 6 dBA les exigences du Portugal et de la Colombie fixées à 55 dBA, de 21 dBA celles de l'Espagne imposant un niveau de 40 dBA et de 27 dBA celles de la Turquie fixant un seuil de 34 dBA. La nuit, les niveaux se rapprochent des exigences du Portugal et de la Colombie avec un écart de 1 dBA, mais dépassant de 22 dBA la réglementation turque fixant un seuil de 34 dBA et de 26 dBA celle de l'Espagne imposant un niveau spécifique de 30 dBA.

1.5.2. La chambre inoccupée

Dans la chambre inoccupée, les niveaux diurnes respectent 80 % des recommandations étudiées. Cependant, ils dépassent celles du NIOSH fixées à 40 dBA et celles de l'OMS fixées à 35 dBA avec des écarts de 4 dBA et 9 dBA respectivement, voir la figure172.

Durant la nuit, les niveaux respectent 40 % des recommandations étudiées. Ils excèdent 40 % des normes fixant un seuil de 35 dBA avec un écart de 8 dBA, celles de l'OMS avec un écart de 13 dBA et celles de l'INC avec un écart de 23 dBA.

Concernant les réglementations, les niveaux mesurés respectent deux normes étudiées, du Portugal et de la Colombie, et dépassent les exigences de la réglementation espagnole imposant un niveau de 40 dBA avec un écart de 4 dBA et de la réglementation turque fixant un seuil de 34 dBA avec un écart de 10 dBA.

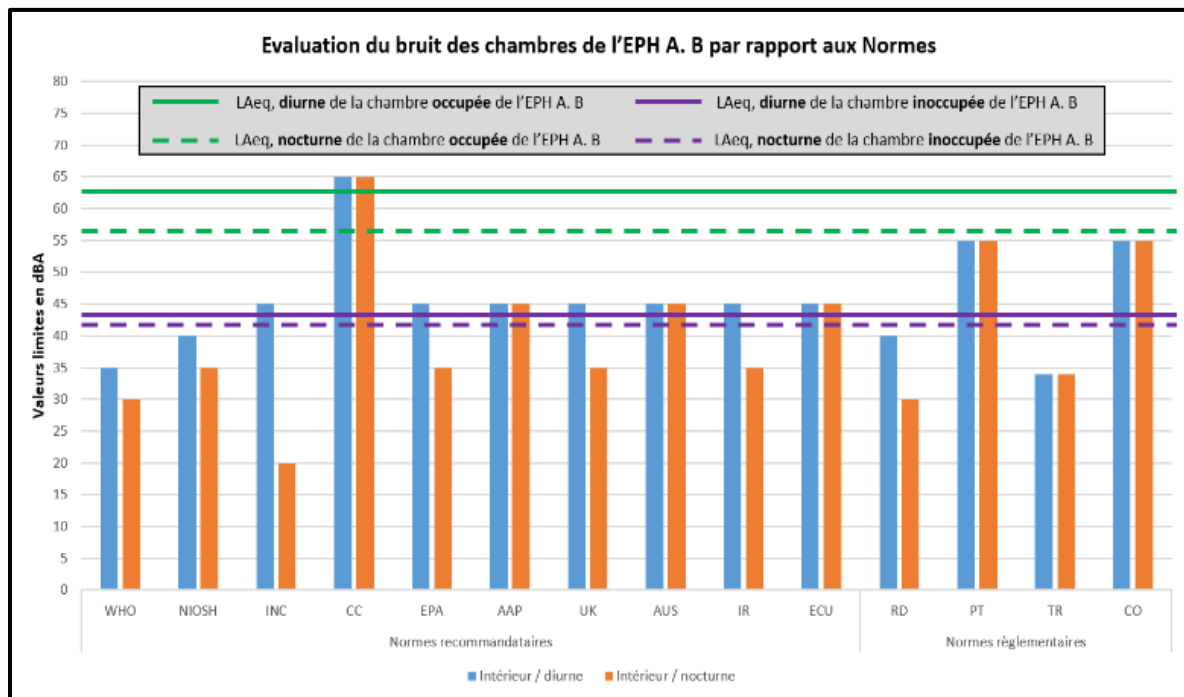


Figure 172 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré dans les chambres des patients par rapport aux normes étudiées ;
Source : Auteurs, 2025

1.5.3. Les couloirs

Les niveaux du bruit diurnes mesurés dans les couloirs dépassent toutes les recommandations étudiées, à l'exception de celles du CC fixant un seuil de 65 dBA. Ils dépassent 70 % des normes recommandant un niveau de 45 dBA avec un écart de 12 dBA, celles du NIOSH recommandant un seuil de 40 dBA avec un écart de 17 dBA et celles de l'OMS fixés à 35 dBA avec un écart de 22 dBA, voir la figure 173.

Durant la période nocturne, les niveaux respectent uniquement les recommandations du CC. Ils dépassent 30 % des normes étudiées fixant un seuil de 45 dBA avec un écart de 8 dBA, 40 % des normes étudiées recommandant un niveau de 35 dBA avec un écart de 18 dBA et dépassant de 23 dBA les recommandations de l'OMS fixées à 30 dBA ainsi que de 33 dBA celles de l'INC préconisant un seuil de 20 dBA.

Sur le plan réglementaire, en période diurne, les niveaux enregistrés dans les couloirs dépassent de 2 dBA les exigences de 55 dBA fixées par le Portugal et la Colombie, de 17 dBA les exigences de 40 dBA imposées par l'Espagne et de 23 dBA les exigences de 34 dBA fixées par la Turquie. En soirée, les mesures sont conformes aux exigences du Portugal et de la Colombie, mais présentent un écart d'environ 19 dBA par rapport aux exigences turques qui exigent un niveau de 34 dBA et d'environ 23 dBA par rapport aux exigences espagnoles de 30 dBA.

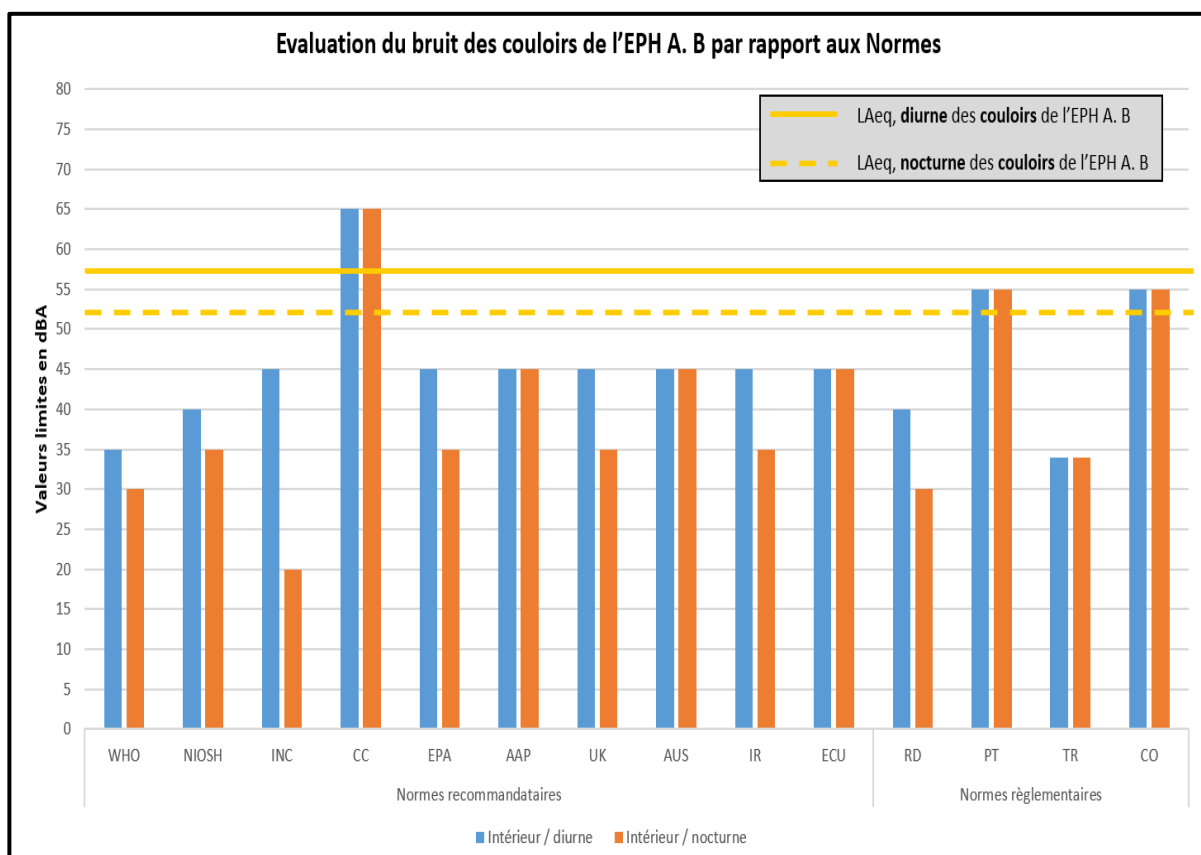


Figure 173 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré dans les couloirs par rapport aux normes étudiées ;
Source : Auteurs, 2025

1.5.4. L'intérieur du service d'urologie

Dans le service d'urologie, regroupant chambres et couloirs, voir la figure 174, les niveaux du bruit mesurés en période diurne dépassent toutes les recommandations étudiées, sauf celle du CC qui fixe le seuil à 65 dBA. Les valeurs enregistrées excèdent 70% des recommandations étudiées établissant le niveau diurne à 45 dBA, avec un écart moyen de 16 dBA. Par ailleurs, les mesures sont supérieures de 21 dBA à la limite de 40 dBA recommandée par le NIOSH et de 26 dBA à la limite de 35 dBA préconisée par l'OMS.

En période nocturne, les niveaux se conforment uniquement à la norme du CC. Néanmoins, les valeurs mesurées dépassent de 10 dBA les recommandations étudiées fixant le niveau de 45 dBA sur 30% des normes étudiées et de 20 dBA celles fixant le niveau de 35 dBA sur 40% des

normes étudiées. De plus, elles dépassent de 25 dBA la limite de 30 dBA recommandée par l'OMS et de 35 dBA la limite de 20 dBA imposée par l'INC.

Sur le plan réglementaire, en période diurne, les niveaux dans le service d'urologie dépassent de 6 dBA les exigences de 55 dBA fixées par le Portugal et la Colombie, de 21 dBA les exigences de 40 dBA imposées par l'Espagne et de 27 dBA les exigences de 34 dBA fixées par la Turquie. En période nocturne, les mesures se conforment aux exigences du Portugal et de la Colombie qui maintiennent un seuil de 55 dBA, mais elles présentent un écart d'environ 21 dBA par rapport aux exigences turques de 34 dBA et un écart d'environ 25 dBA par rapport aux exigences espagnoles de 30 dBA.

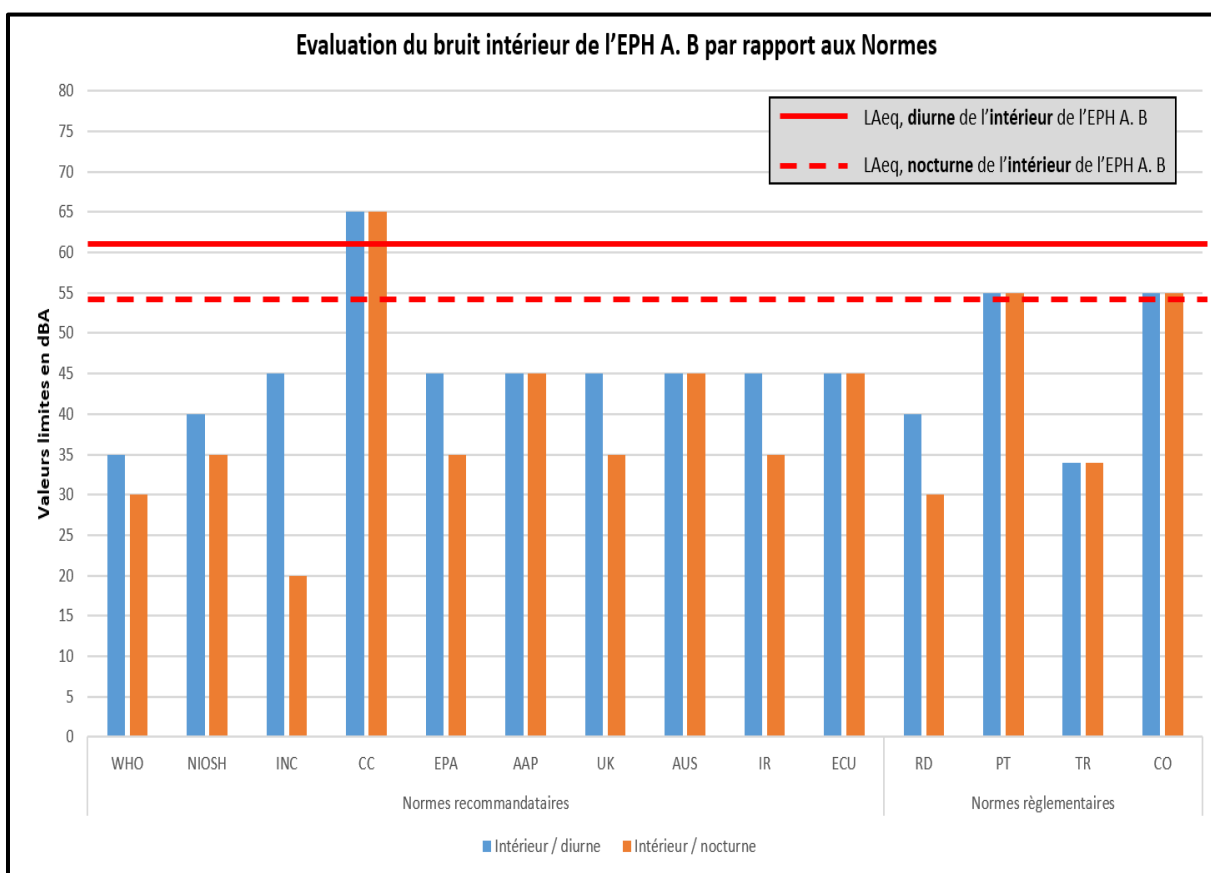


Figure 174 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré à l'intérieur par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025

1.5.5. L'extérieur

À l'extérieur, voir la figure 175, les niveaux du bruit mesurés période diurne dépassent toutes les recommandations étudiées, sauf celles de l'Afrique du Sud qui fixent le seuil à 65 dBA. Les valeurs enregistrées dépassent le niveau recommandé de 55 dBA avec un écart de 2 dBA.

En période diurne, les mesures sont conformes aux recommandations de l'Afrique du Sud et du Royaume-Uni, mais elles dépassent de 3 dBA la limite de 50 dBA préconisée par le NIOSH,

de 8 dBA la limite de 45 dBA imposée par l'Iran et de 18 dBA la limite de 35 dBA recommandée par l'EPA, voir la figure 175.

Du point de vue réglementaire, en période diurne, les mesures extérieures excèdent de 2 dBA la limite imposée par Curitiba fixée à 55 dBA, de 7 dBA celle de l'Italie qui fixe un seuil de 50 dBA et de 12 dBA celles des réglementations tunisienne et algérienne qui imposent un seuil commun de 45 dBA. Durant la période nocturne, les valeurs dépassent de 8 dBA la limite de Curitiba, de 13 dBA celle de l'Italie et de l'Algérie qui fixent un seuil de 40 dBA et de 18 dBA celle de la Tunisie qui impose un niveau de 30 dBA.

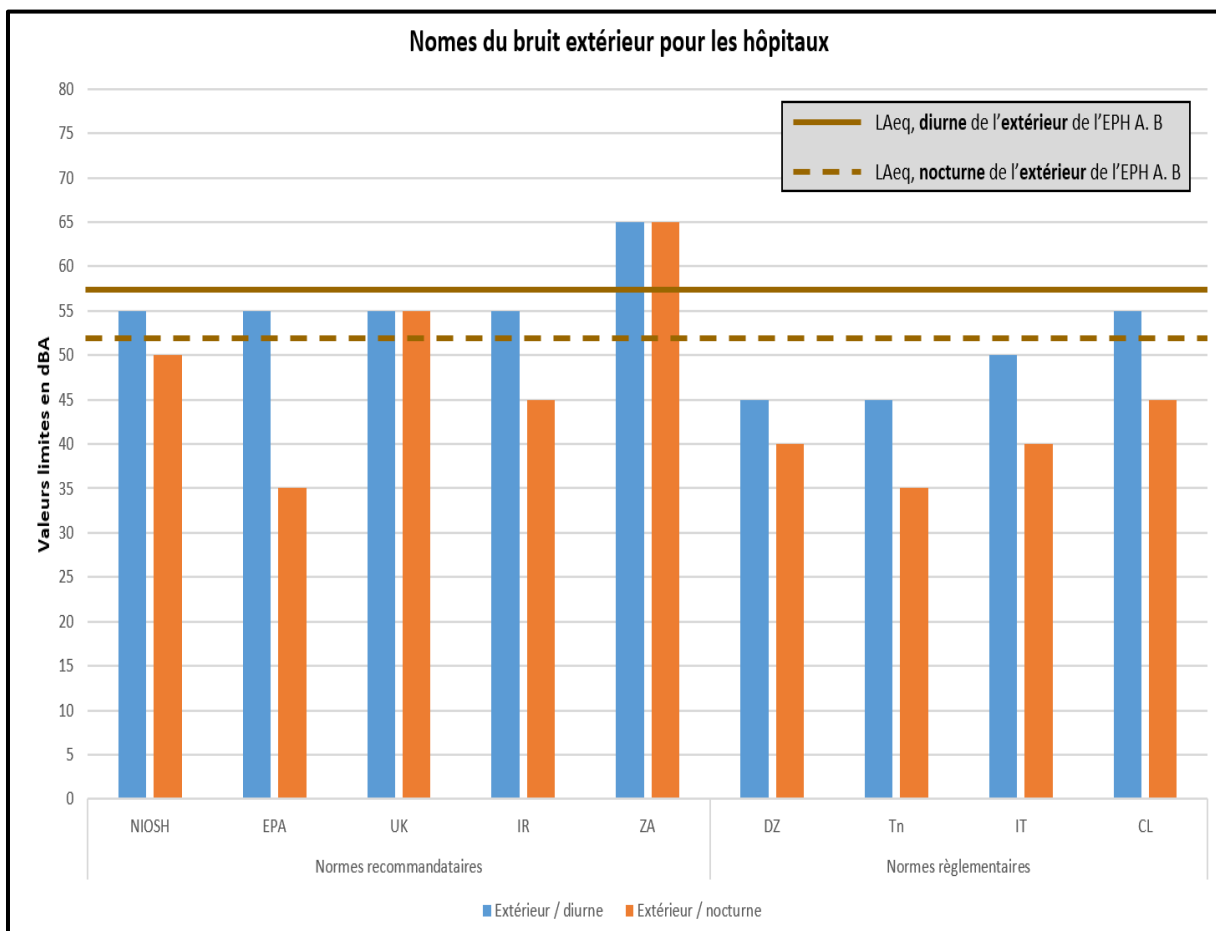


Figure 175 : Résultats d'évaluation du bruit mesuré à l'extérieur par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025

2. Evaluation d'isolation acoustique du service d'urologie : aérienne intérieur

2.1. Le bruit du fond

La figure 176 illustre les niveaux de bruit de fond dans la petite chambre avant et après les mesures d'isolation acoustique lorsque la source sonore est éteinte, ainsi que la moyenne des niveaux mesurés dans cette chambre réceptrice en présence du signal émis par la source. Dans les deux cas, la chambre était inoccupée. Les résultats montrent une différence significative entre le bruit de fond et la combinaison bruit de fond-source sonore, avec un écart minimal de

13 dBA à 4000 Hz. Cette différence, supérieure à 10 dBA à chaque fréquence, confirme la stabilité du bruit de fond pendant les mesures et dispense toute correction du signal émis.

La coordination avec le personnel hospitalier a permis de choisir un moment optimal pour les mesures, assurant ainsi des conditions idéales en limitant les interférences sonores. Cependant, bien que les niveaux de bruit de fond mesurés soient faibles, ils ne reflètent pas la réalité acoustique habituelle de l'hôpital. Cette situation résulte des conditions strictes imposées lors des mesures d'isolation, notamment la fermeture partielle du service d'urologie et l'exclusion de toute activité non essentielle.

Afin de garantir à la fois la fiabilité des mesures et le respect du confort des patients, les mesures d'isolation acoustique ont été reportées de mai à juin 2023, période où l'activité du service était minimale.

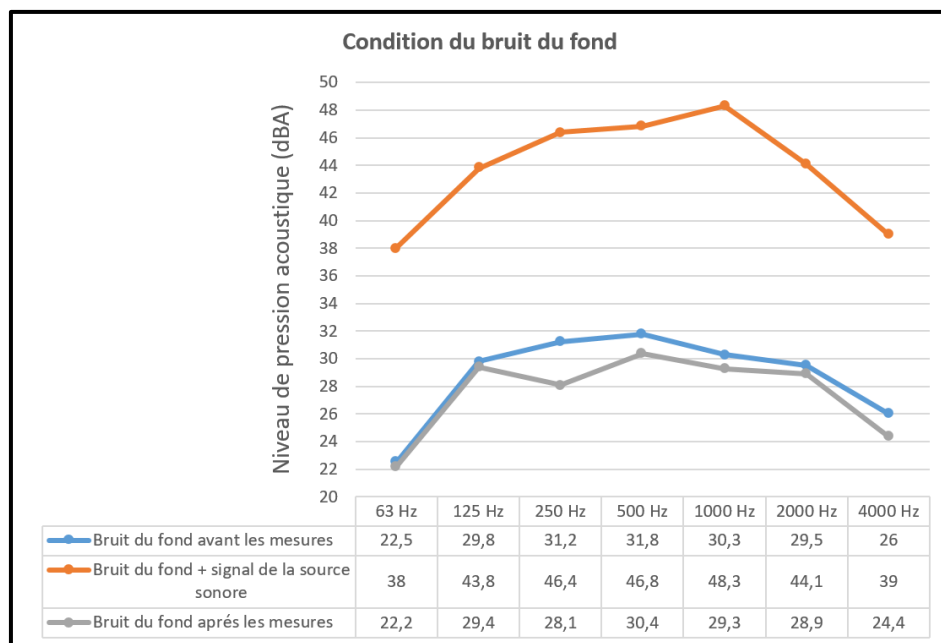


Figure 176 : Résultats des mesures du bruit de fond ; Source : Auteurs, 2025

2.2. Résultats des mesures d'isolation acoustique In-Situ

Conformément aux normes de mesures acoustiques de l'ISO 16283-1, les mesures d'isolation acoustique aérienne intérieure ont été effectuées entre deux chambres adjacentes de volumes différents, ainsi qu'entre le couloir et la petite chambre d'urologie. Afin d'obtenir des valeurs représentatives, les résultats ont été moyennés à l'aide de la formule 21 permettant de calculer un niveau unique d'émission et un niveau unique de réception. Chaque valeur résultant de 15 mesures, réparties en trois séries de cinq, correspondantes aux trois positions du haut-parleur, aussi bien dans l'espace récepteur que dans l'espace émetteur.

Chapitre V : Résultats et discussions

Les résultats sont présentés dans les tableaux 20 et 21, tandis que l'analyse de l'isolement brut, illustrée dans la figure 177, ne tient pas compte des corrections liées au temps de réverbération et à l'absorption. Ces résultats montrent que l'isolation acoustique est plus faible aux basses fréquences, notamment à 125 Hz et 250 Hz, mais s'améliore progressivement avec l'augmentation de la fréquence.

Concernant l'isolation entre les deux chambres, cette tendance à l'amélioration se poursuit jusqu'à 4000 Hz, atteignant une valeur de 44,7 dBA. En revanche, l'isolation entre le couloir et la chambre suit une évolution différente : après 1000 Hz, elle diminue progressivement, traduisant une chute de performance acoustique.

Tableau 20 : Résultats moyens des mesures In-Situ des niveaux sonores dans la chambre d'émission (trois lits) et dans la chambre de réception (deux lits), par fréquence ; Source : Auteurs, 2025

Fréquences	Emission moyen (Chambre à 3 lits) en dBA	Réception moyen (Chambre à 2 lits) en dBA
63 Hz	62,8	38,0
125 Hz	74,3	43,8
250 Hz	77,7	46,4
500 Hz	80,0	46,8
1000 Hz	84,5	48,3
2000 Hz	85,7	44,1
4000 Hz	83,7	39,0

Tableau 21 : Résultats moyens des mesures In-Situ des niveaux sonores dans le couloir (émission) et dans la chambre de réception (trois lits), par fréquence ; Source : Auteurs, 2025

Fréquences	Emission moyen (couloir) en dBA	Réception moyen (Chambre à 3 lits) en dBA
63 Hz	50,2	30,3
125 Hz	57,8	39,4
250 Hz	62,5	42,2
500 Hz	65,0	42,9
1000 Hz	71,0	46,2
2000 Hz	74,3	51,9
4000 Hz	68,2	46,9

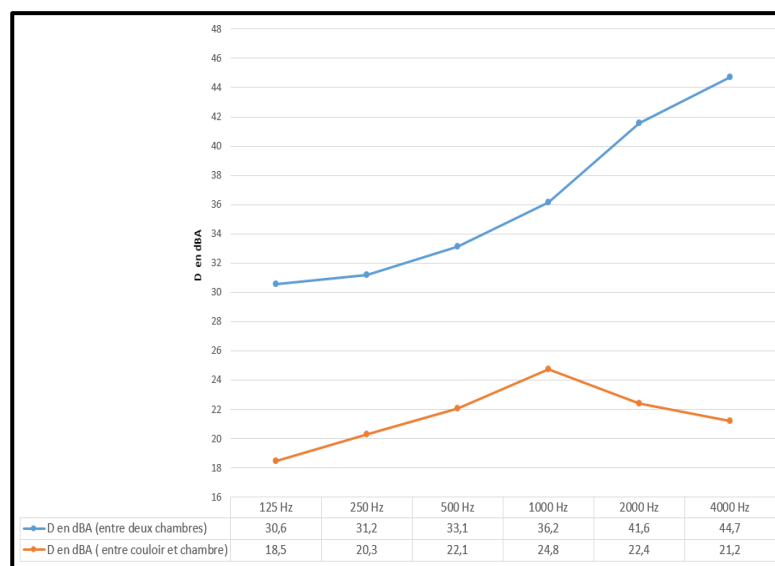


Figure 177 : Résultats du calcul de l'isolement brut entre deux chambres adjacentes, ainsi que dans le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025

2.3. Résultats du calcul d'isolation acoustique

2.3.1. L'isolement acoustique standardisé D_{nT}

Conformément aux normes de mesures acoustiques de l'ISO 16283-1, l'isolement acoustique standardisé D_{nT} a été calculé en intégrant la correction du temps de réverbération. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau 22 où :

- Le RT_{30} de la petite chambre a été utilisé pour calculer D_{nT} entre les deux chambres adjacentes.
- Le RT_{30} de la grande chambre a été utilisé pour calculer D_{nT} entre le couloir et la chambre.

Tableau 22 : Résultats des mesures du temps de réverbération dans les espaces de réceptions ; Source : Auteurs, 2025

Fréquences	RT30 moyen de 10 mesures dans la petite chambre (2 lits)	RT30 moyen de 10 mesures dans la grande chambre (3 lits)
125 Hz	1,08	1,16
250 Hz	1	1,19
500 Hz	1,09	1,2
1000 Hz	1,1	1,17
2000 Hz	1,02	1,14
4000 Hz	1	1,1

Ce descripteur, qui prend en compte les différentes voies de transmission, révèle une tendance similaire à celle de l'isolement brut, avec une légère augmentation des valeurs due à la correction du RT_{30} . Toutefois, l'écart entre les deux types d'isolement reste faible, avec une différence maximale de 1 dBA, voir la figure 178.

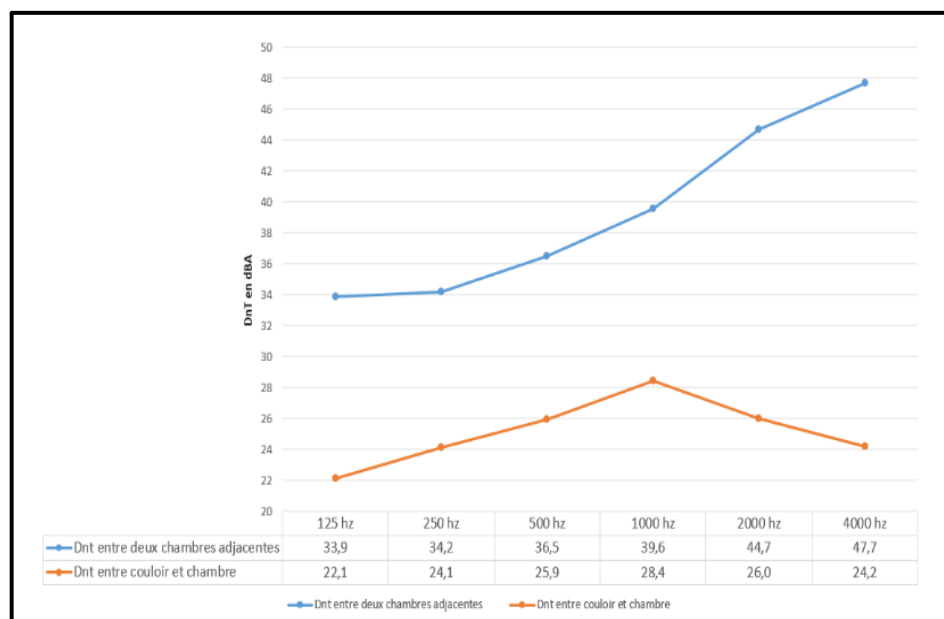


Figure 178 : Résultats du calcul de l'isolement acoustique standardisé à chaque fréquence ; Source : Auteurs, 2025

2.3.2. L'indice d'affaiblissement acoustique R'

Conformément aux normes de mesures acoustiques de l'ISO 16283-1, l'indice d'affaiblissement acoustique R' a été calculé en intégrant la correction de l'absorption A, voir le tableau 23. Les résultats obtenus montrent les mêmes tendances que l'isolement brut et l'isolement standardisé, mais avec des valeurs légèrement inférieures en raison de la prise en compte de l'absorption.

L'écart entre les trois types d'isolement devient plus marqué, notamment aux hautes fréquences. À 4000 Hz, la différence entre l'isolement brut et l'isolement standardisé est de 23,5 dBA, tandis que celle entre l'isolement brut et l'indice R' atteint 26,5 dBA, voir la figure 179.

Tableau 23 : Résultats du calcul d'aires d'absorptions équivalentes dans les espaces de réceptions ; Source : Auteurs, 2025

Fréquences	A de la petite chambre (2 lits)	A de la grande chambre (3 lits)
63 hz	9,1	9,3
125 hz	8,4	9,1
250 hz	9,1	8,9
500 hz	8,4	8,8
1000 hz	8,3	9
2000 hz	8,9	9,3
4000 hz	9,1	10,6

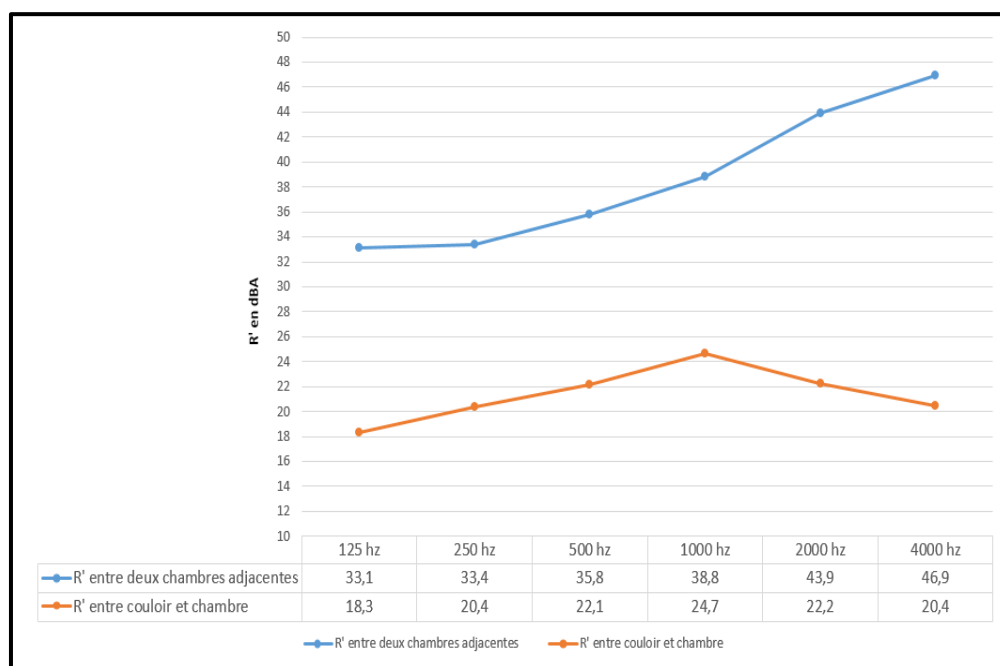


Figure 179 : Résultats du calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique apparent à chaque fréquence ; Source : Auteurs, 2025

2.4. Résultats du calcul de la valeur unique

L'évaluation de la performance acoustique d'un bâtiment repose sur des références normatives, qu'il s'agisse de réglementations ou de recommandations. Ces dernières s'expriment par un

descripteur et une valeur limite, parfois accompagnées d'un terme d'adaptation du spectre et d'une gamme de fréquences spécifiques.

Afin de faciliter les comparaisons, ces descripteurs sont ramenés à une valeur unique conformément aux procédures de l'ISO 717-1.

2.4.1. Isolement acoustique standardisé pondéré

La figure 180 illustre le calcul de l'isolement standardisé en valeur unique entre deux chambres adjacentes. Une translation de la courbe de référence de -11 dB a permis d'obtenir une somme des écarts défavorables de 9,2 dB.

La valeur unique $D_{nT,w}$ correspondant à 500 Hz, est de 41 dBA. Les termes d'adaptation du spectre (C ; C_{tr}) sont (-1.1 ; -2.8).

Alors, les valeurs corrigées sont :

- $D_{nT,A} = D_{nT,w} + C = 39,9$ dBA
- $D_{nT,tr} = D_{nT,w} + C_{tr} = 38,2$ dBA

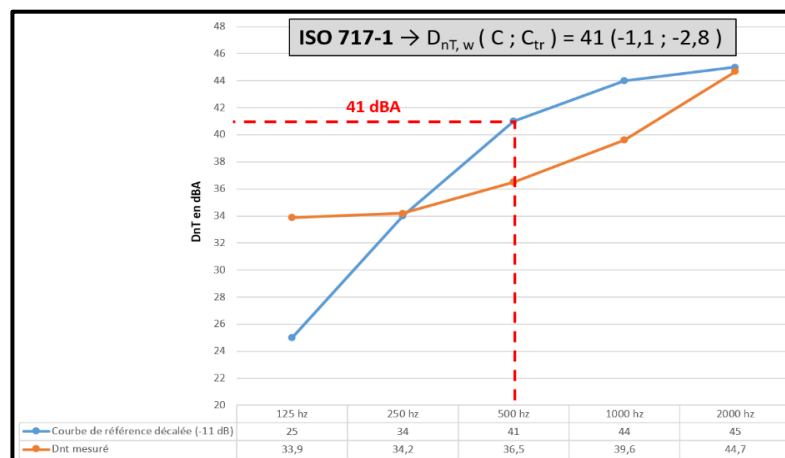


Figure 180 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'isolement acoustique standardisé entre chambres adjacentes selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025

En ce qui concerne l'isolement entre le couloir et la chambre, voir la figure 181, la courbe de référence a été déplacée de -25 dB pour obtenir une somme des écarts défavorables de 7,7 dB. Un décalage d'1 dB supplémentaire aurait porté cette somme à 10,7 dB, dépassant la limite admissible de 10 dB.

La valeur unique $D_{nT,w}$ correspondant à 500 Hz, est de 27 dB, avec (C ; C_{tr}) égal (-1.1 ; -2.8).

Les valeurs corrigées sont alors :

- $D_{nT,A} = 26,8$ dBA.
- $D_{nT,tr} = 26,3$ dBA.

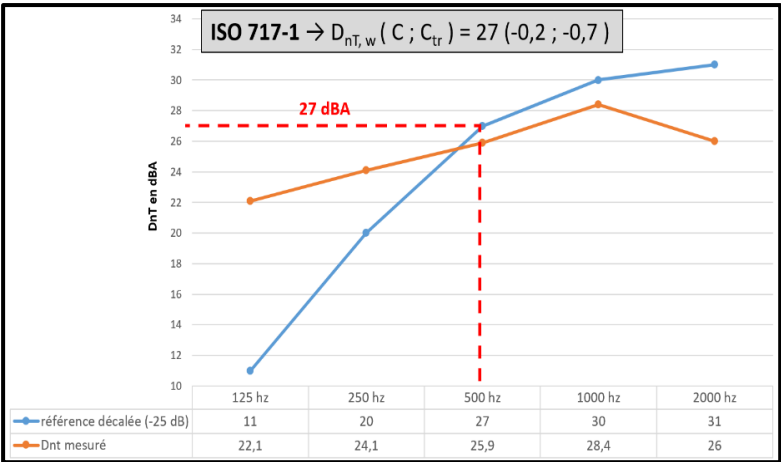


Figure 181 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'isolement acoustique standardisé entre le couloir et la chambre selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025

2.4.2. Indice d'affaiblissement acoustique apparent pondéré

La figure 182 illustre le calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique en valeur unique entre deux chambres adjacentes. Un décalage de -12 dB a été appliqué à la courbe de référence, conduisant à une somme des écarts défavorables de 8,7 dB.

La valeur unique R'_w , correspondant à 500 Hz, est de 40 dB. Les termes d'adaptation du spectre ($C ; C_{tr}$) sont (-0.9 ; -2.6).

Les valeurs corrigées sont alors :

- $R'_A = R'_w + C = 39,1$ dBA.
- $R'_{tr} = R'_w + C_{tr} = 37,4$ dBA.

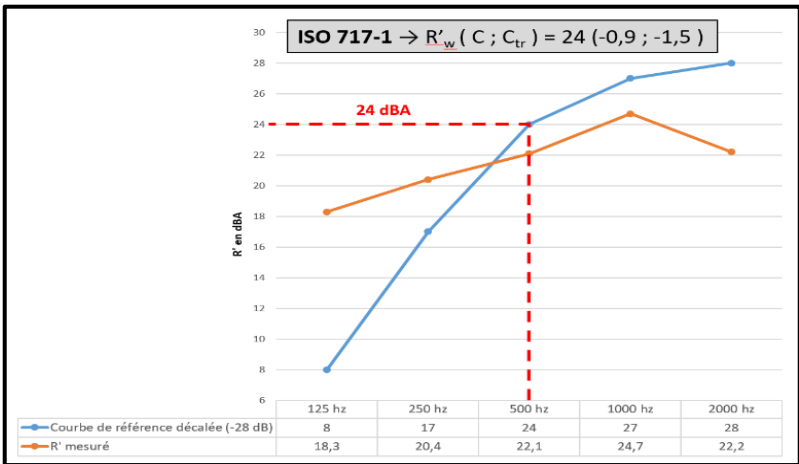


Figure 182 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'indice d'affaiblissement acoustique entre chambres adjacentes selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025

Concernant l'isolation entre le couloir et la chambre, voir la figure 183, la courbe de référence a été décalée par incrément de -28 dB pour obtenir une somme des écarts défavorables de 10 dB, soit la valeur maximale admissible.

La valeur unique R'_w correspondant à 500 Hz, est de 24 dB, avec (C ; C_{tr}) sont (-0.9 ; -1.5).

Les valeurs corrigées sont alors :

- $R'_A = 23,1$ dBA.
- $R'_{tr} = 22,5$ dBA.

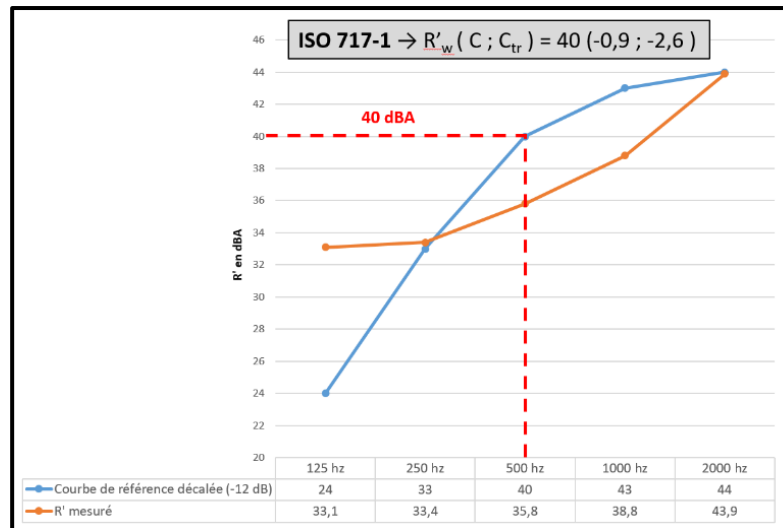


Figure 183 : Résultat du calcul de la valeur unique de l'indice d'affaiblissement acoustique entre le couloir et la chambre selon la norme ISO 717-1 ; Source : Auteurs, 2025

2.5. Résultats d'évaluation acoustique par rapport aux normes

Contrairement aux résultats présentés à des fins informatives dans la section précédente, cette analyse compare les performances d'isolation acoustique aux exigences normatives. L'isolation entre le couloir et la chambre diffère de celle entre deux chambres adjacentes, chacune disposant de valeurs limites spécifiques selon les références officielles. En milieu hospitalier, les exigences d'isolation acoustique entre deux chambres adjacentes sont plus strictes que celles entre un couloir et une chambre.

2.5.1. Isolation acoustique aérienne entre deux chambres adjacentes

Les mesures in situ de l'isolation acoustique entre deux chambres adjacentes révèlent des performances inférieures aux seuils admissibles des normes étudiées, qu'elles soient réglementaires ou recommandataires. L'indice R'_w mesuré à l'EHP A.B est de 40 dBA, soit 8 dBA en dessous des seuils requis par les normes danoises et norvégiennes. De plus, l'indice $D_{nT,w}$ mesuré est de 41 dB, inférieur de 4 dBA, 6 dBA et 9 dBA aux exigences respectives des normes du Portugal, d'Angleterre et d'Italie. Enfin, l'indice D_{nTA} est d'environ 40 dBA, soit une différence de 2 dBA par rapport aux normes françaises et de 12 dBA par rapport à la norme turque, la plus exigeante, voir les tableaux 24,25 et 26.

Tableau 24 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur R'_w ; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	R'_w		
Pays	Algérie (EHP A. B)	Danemark	Norvège
Valeurs limites (dBA) $\geq$	40	48	48

Tableau 25 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w} + C$; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w} + C$		
Pays	Algérie (EHP A. B)	France	Turquie
Valeurs limites (dBA) $\geq$	39,9	42	52

Tableau 26 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre chambres adjacentes par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w}$; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w}$			
Pays	Algérie (EHP A. B)	Angleterre	Italie	Portugal
Valeurs limites (dBA) $\geq$	41	47	50	45

2.5.2. Isolation acoustique aériennes entre couloir et chambre

Les mesures effectuées montrent que l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre est également inférieure aux seuils admissibles des normes étudiées. L'indice R'_w mesuré à l'EHP A.B est de 24 dBA, soit une déficience de 6 dBA par rapport à la norme anglaise, de 11 dBA par rapport à la norme norvégienne et de 12 dBA par rapport à la norme danoise. De plus, l'indice $D_{nT,w}$ mesuré est de 27 dBA, soit une différence de 3 dBA avec les normes portugaise et italienne, et de 11 dBA avec la norme turque qui utilise le descripteur D_{nTA} , la plus stricte. En revanche, les mesures en D_{nTA} sont proches du seuil requis par la norme française, voir les tableaux 27, 28 et 29.

Tableau 27 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur R'_w ; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	R'_w			
Pays	Algérie (EHP A. B)	Danemark	Angleterre	Norvège
Valeurs limites (dBA) $\geq$	24	35	30	34

Tableau 28 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w} + C$; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w} + C$		
Pays	Algérie (EHP A. B)	France	Turquie
Valeurs limites (dBA) $\geq$	26.8	27	38

Tableau 29 : Résultat d'évaluation d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre par rapport aux normes étudiées adoptant le descripteur $D_{nT,w}$; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w}$		
Pays	Algérie (EHP A. B)	Italie	Portugal
Valeurs limites (dBA) $\geq$	27	30	30

Ces résultats mettent en évidence un déficit de performance acoustique à l'EHP A.B par rapport aux normes internationales, nécessitant ainsi des améliorations pour se conformer aux standards de confort acoustique hospitalier.

3. Simulation et optimisation d'isolation acoustique du service d'urologie

3.1. Calibration du modèle d'analyse

Le modèle d'analyse du service d'urologie côté hommes, établi à l'aide de Ramsete® 2.7, a été calibré en fonction de l'isolement standardisé D_{nT} et du temps de réverbération, ainsi qu'en fonction de l'indice d'affaiblissement acoustique R' et de l'aire d'absorption. Cet étalonnage a été réalisé dans les bandes de fréquences en 1/1 d'octave, aussi bien pour l'isolation entre deux chambres adjacentes que pour l'isolation entre le couloir et la chambre.

Les résultats du modèle simulé présentent un écart faible, d'environ 1 dB, par rapport aux valeurs mesurées, ce qui confirme la crédibilité du modèle et sa capacité à intégrer des interventions d'optimisation visant à améliorer les performances d'isolation acoustique.

Les caractéristiques des matériaux utilisés pour l'étalonnage sont présentées dans le tableau 30, et les résultats de l'étalonnage sont illustrés dans les figures 184 et 185 et le tableau 31 :

Tableau 30 : Caractéristiques des matériaux adoptés pour calibrer le modèle de simulation ; Source : Bib. Ramsete®

Matériaux	Indice d'affaiblissement acoustique						Coefficient d'absorption acoustique					
	125	250	500	1k	2k	4k	125	250	500	1k	2k	4k
Brique 10 cm	22.7	23.7	25.7	28.8	34	37	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Vitrage simple	8.8	9.8	14.9	17	16.1	14.1	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Bois simple	7.8	8.7	9	10.3	7.6	7.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03

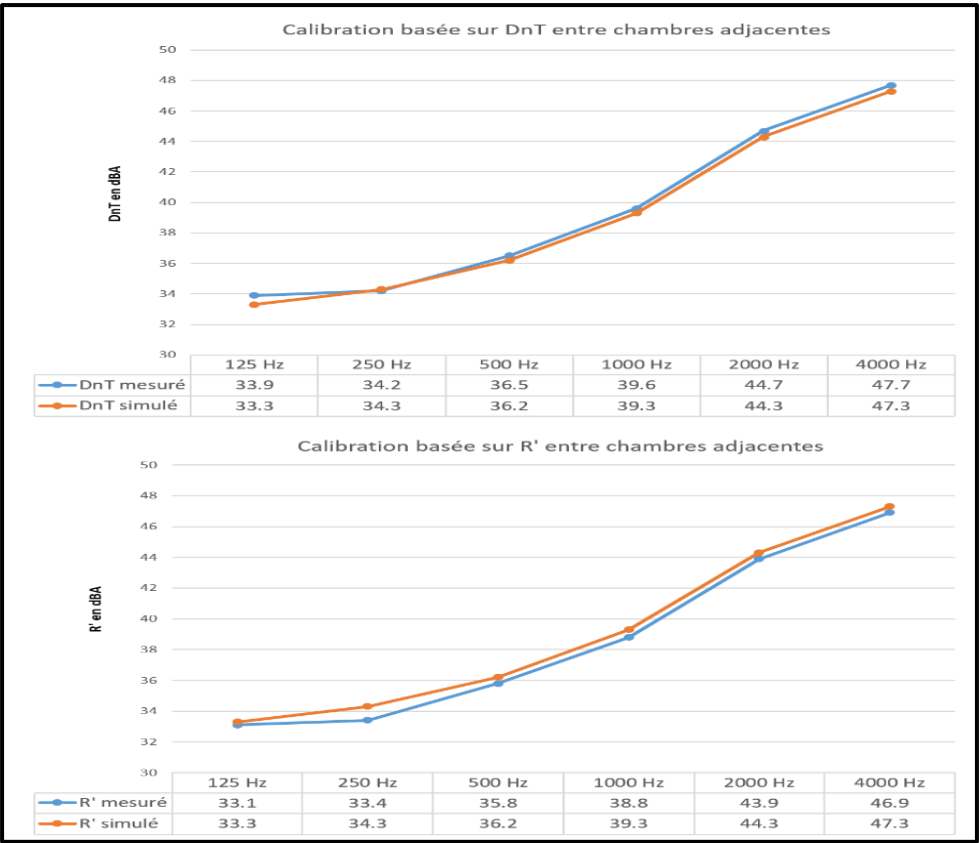


Figure 184 : Résultats de la calibration du modèle d'analyse en utilisant l'isolation acoustique aérienne entre chambres adjacentes ; Source : Auteurs, 2025

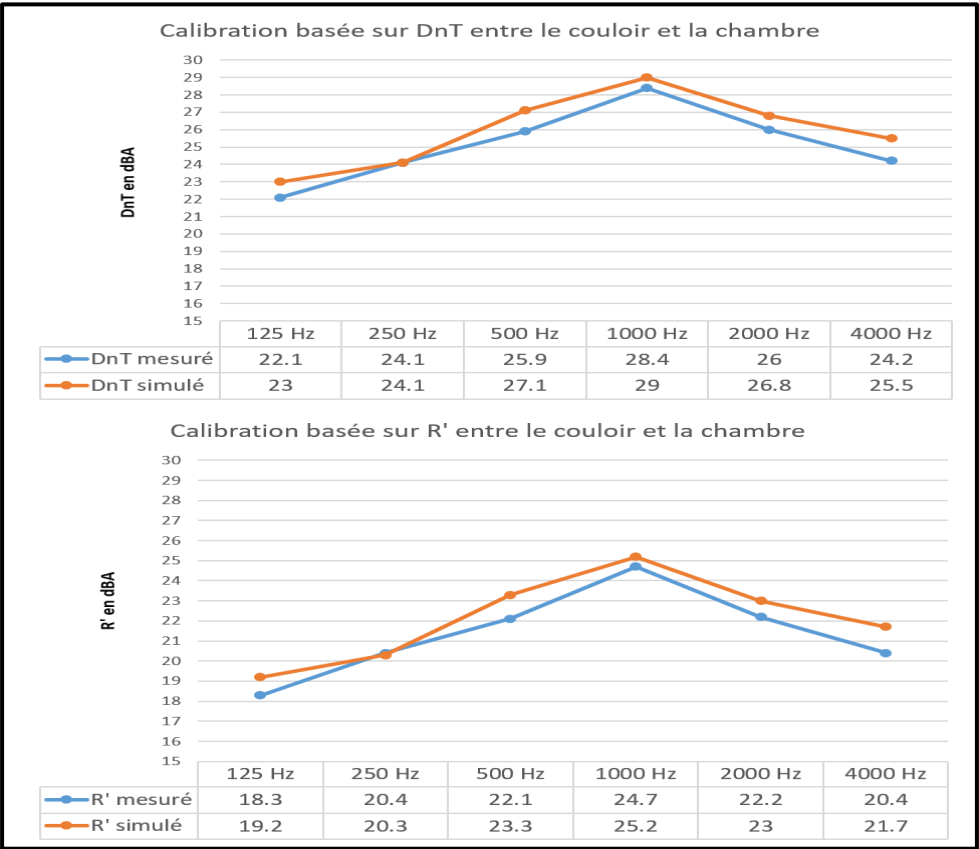


Figure 185 : Résultats de la calibration du modèle d'analyse en utilisant l'isolation acoustique aérienne entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025

Tableau 31 : Résultats de la calibration du modèle en utilisant les valeurs uniques des isolations acoustiques mesurées ; Source : Auteurs, 2025

Valeur unique de l'isolation acoustique aerienne	Mesurées In-Situ		Simulées et calibrés	
	$D_{nT,w} (C ; C_{tr})$	$R'_w (C ; C_{tr})$	$D_{nT,w} (C ; C_{tr})$	$R'_w (C ; C_{tr})$
Entre couloir et chambre	27(-0.2 ; -0.7)	24(-0.9 ; -1.5)	28(-0.4 ; -1)	24(-0.2 ; -0.8)
Entre chambres adjacentes	41(-1.1 ; -2.8)	40(-0.9 ; -2.6)	40(-0.3 ; -2)	36(-0.5 ; -0.7)

3.2. Résultats d'optimisation d'isolation acoustique

L'optimisation acoustique a été réalisée à travers différentes interventions sur les composants de l'espace, en agissant sur les matériaux et la géométrie. Ces interventions ont été organisées en plusieurs scénarios, permettant d'analyser l'impact de chaque modification sur l'amélioration de l'isolation acoustique. L'objectif final était déterminer le cadre d'intervention le plus pertinent et efficace pour améliorer la qualité acoustique de l'espace étudié.

3.2.1. Optimisation de l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre

L'élément de séparation entre le couloir et la chambre se compose d'un mur en brique de 10 cm d'épaisseur, d'un porte tiercé en bois simple de 120 cm de largeur et 210 cm de hauteur, ainsi que d'une fenêtre fixe en simple vitrage de 200 cm de largeur et 110 cm de hauteur, posée à 1 m du sol. Les interventions menées ont ciblé ces trois composantes afin d'améliorer l'isolation acoustique.

a) Intervention sur la fenêtre

➤ Impact de la réduction de la surface de la fenêtre

La première intervention a consisté à réduire de 50 % la surface de la fenêtre, voir la figure 186, conduisant à de nouvelles dimensions de 160 cm de largeur et 80 cm de hauteur, avec une hauteur de pose relevée à 130 cm. Cette modification a permis un gain marginal de 1 dB, portant les indices à 29 dBA en $D_{nT,w}$ et 25 dBA en R'_w , voir et le tableau 35 et les figures 192 et 193, des valeurs insuffisants pour satisfaire les exigences normatives étudiées.



Figure 186 : l'intervention effectuée sur la taille de la fenêtre du mur entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025

➤ Effet du passage au double vitrage

Dans une seconde phase, le remplacement du simple vitrage par un double vitrage a été effectué. Les caractéristiques de ce dernier est indiqué dans le tableau 32, Cette amélioration a permis d'obtenir un gain acoustique additionnel de 1 dB, portant les indices à 30 dB en $D_{nT,w}$ et 26 dB R'_w , confirmant une légère amélioration de l'isolation.

Tableau 32 : Caractéristiques de la double vitrage utilisée dans l'intervention ; Source : Bib. Ramsete®

Fréquences	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SRI	23.9	20.7	26.3	33.5	36.1	38.2

b) Intervention sur la porte

➤ Capitonnage de la porte

L'intervention sur la porte a consisté en un capitonnage en tissu recouvert de cuir, permettant de renforcer l'étanchéité et de limiter les ponts acoustiques, voir la figure 187.



Figure 187 : les problèmes d'étanchéité de la porte de la chambre des patients ; Source : Auteurs, 2025

Cette technique présente l'avantage de conserver la porte existante sans avoir à la remplacer, voir les figures 188 et 189. Les caractéristiques d'absorption utilisé pour le capitonnage sont indiquées dans le tableau 33. Les simulations ont montré une amélioration significative de l'isolation acoustique, avec un gain de 11 dB, atteignant ainsi 41 dBA en $D_{nT,w}$ et 37 dBA en R'_w . Ces performances sont conformes aux exigences normatives étudiées en matière d'isolation entre le couloir et la chambre.



Figure 188 : Le capitonnage des portes ; Source : (www.tapisserie-decoracion.fr, s. d.)

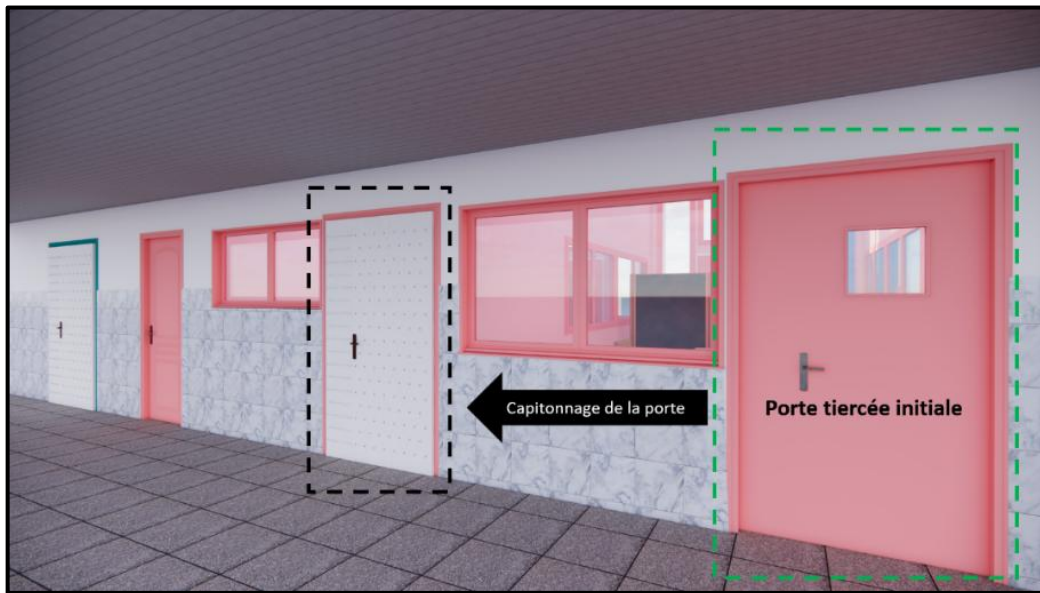


Figure 189 : l'intervention effectuée sur la porte (capitonnage) ; Source : Auteurs, 2025

Tableau 33 : les caractéristiques d'absorption du capitonnage de la porte utilisées ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.)

Fréquences	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_{sabine}	0.1	0.38	0.5	0.85	0.82	0.67

➤ Repositionnement de la porte

Une autre intervention a été réalisée en modifiant la position de la porte, qui a été reculée de 50 cm vers l'intérieur de la chambre afin de créer une cavité à l'entrée de la chambre, voir la figure 190. Cette cavité a été traitée avec des panneaux acoustiques en bois absorbants, voir la figure 191, qui portent les caractéristiques indiquées dans le tableau 34. Toutefois, l'amélioration obtenue a été moindre, avec un gain de 2 dB, portant les performances à 43 dB en $D_{nT,w}$ et 39 dB en R'_w .



Figure 190 : l'intervention effectuée sur la position de la porte capitonnée ; Source : Auteurs, 2025

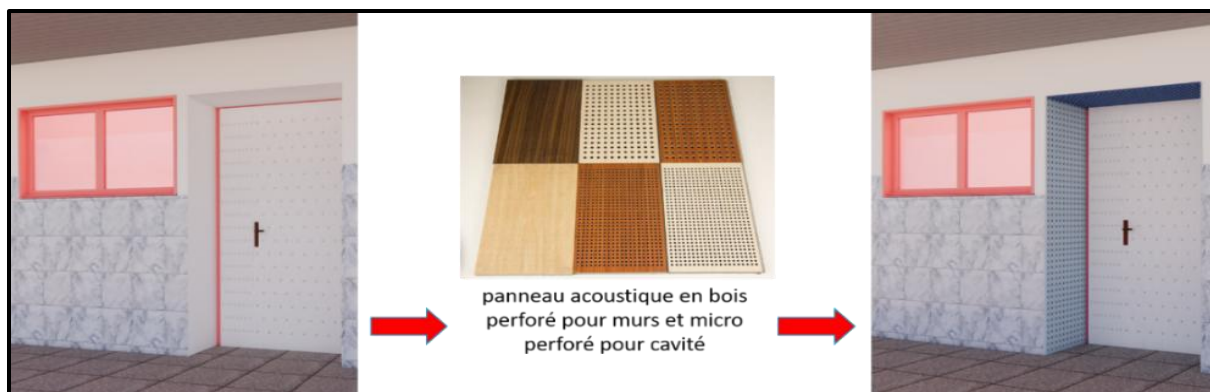


Figure 191 : l'intervention par des panneaux acoustiques effectuée sur la cavité d'entrée ; Source : Auteurs, 2025

Tableau 34 : Caractéristiques d'absorption des panneaux utilisés pour la cavité d'entrée ; Source : (www.leeeyinacoustics.com, s. d.)

Fréquences	α_{sabine} des panneaux perforés en bois pour murs	α_{sabine} des panneaux micro-perforés en bois pour la cavité
125 Hz	0.43	0.3
250 Hz	0.8	0.8
500 Hz	0.9	0.8
1000 Hz	0.8	0.7
2000 Hz	0.5	0.5
4000 Hz	0.4	0.6

c) Combinaison des interventions

L'ensemble des interventions a été combiné afin d'évaluer leur impact cumulé et global sur l'isolation acoustique, voir le tableau 35. L'optimisation complète a permis d'obtenir un gain total de 15 dB. La carte du bruit réalisée avant et après intervention met en évidence une réduction significative de la diffusion sonore dans la chambre, voir la figure 194. Les résultats montrent ainsi que le capitonnage de la porte constitue l'intervention la plus efficace pour l'amélioration de la performance d'isolation acoustique entre le couloir et la chambre, voir les figures 192 et 193.

Tableau 35 : évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la valeur unique de l'isolation acoustique entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025

Intervention/Descripteurs	Valeurs uniques	
	$D_{nT,w}$ (dBA)	R'_w (dBA)
1 = Mesuré et calculé	27 (-0.2 ; -0.7)	24 (-0.9 ; -1.5)
2 = Simulé et calibré	28 (-0.4 ; -1)	24 (-0.2 ; -0.8)
3 = 2 + 50% la taille de fenêtre initiale	29 (-0.7 ; -1.1)	25 (-0.4 ; -0.8)
4 = 3 + Double vitrage à la fenêtre réduite	29 (-0.2 ; -0.3)	26 (0 ; -0.1)
5 = 4 + capitonnage de la porte	41 (-0.5 ; -2.2)	37 (-0.3 ; -2)
6 = 5 + Cavité et porte décalée	42 (-1 ; -2.8)	38 (-0.8 ; -2.6)
7 = 6 + Correction acoustique de l'entrée	43 (-0.7 ; -2.6)	39 (-0.5 ; -2.3)

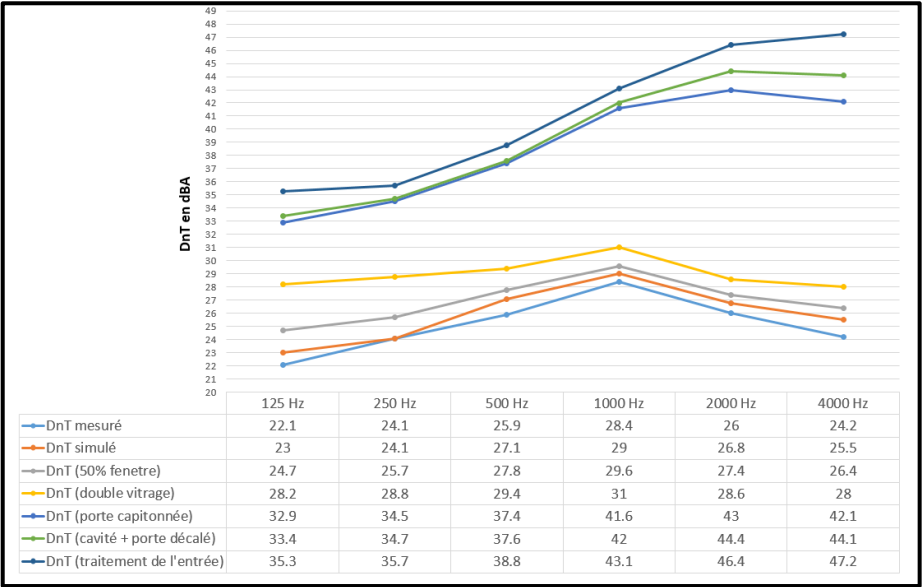


Figure 192 : Résultats de l'évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la l'isolement acoustique standardisé D_{nT} entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025

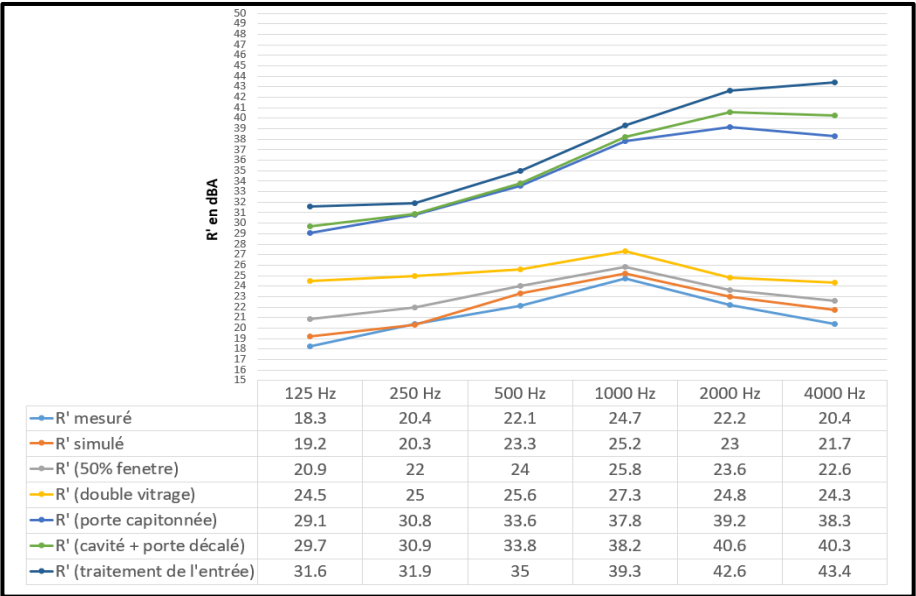


Figure 193 : Résultats de l'évolution et impact cumulé des interventions effectuées sur la l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R' entre le couloir et la chambre ; Source : Auteurs, 2025



Figure 194 : Résultats de la simulation acoustique avant et après les interventions effectuées sur le mur séparatif entre le couloir et la chambre, représentés en carte du bruit ; Source : Auteurs, 2025

3.2.2. Optimisation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes

L'amélioration de l'isolation acoustique entre les chambres adjacentes a été réalisée en appliquant des panneaux acoustiques absorbants sur le mur séparateur en briques. Ces panneaux, revêtus de tissu, sont composés de plusieurs matériaux superposés, notamment des fibres de verre et du polyester, voir figure 195. Ils offrent une absorption acoustique efficace et peuvent être fabriqués dans différentes couleurs et dimensions, avec la possibilité d'une conception décorative personnalisée selon les besoins esthétiques et fonctionnels, voir la figure 196.

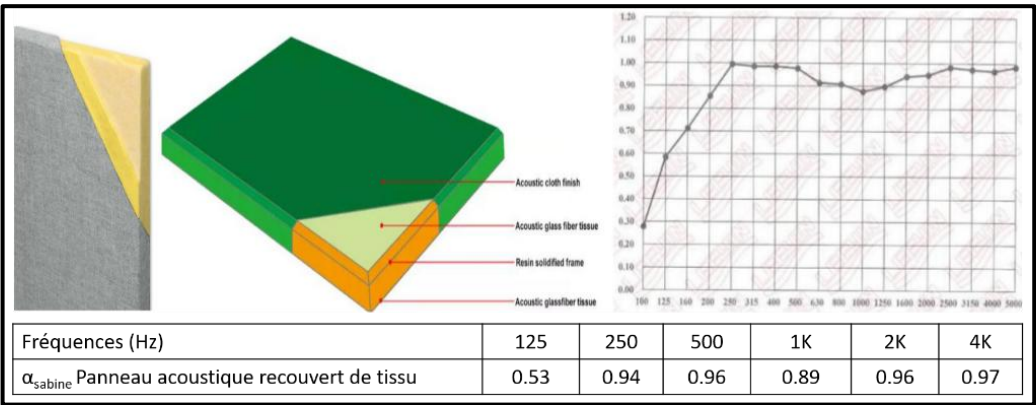


Figure 195 : caractéristiques des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu ;
Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.)

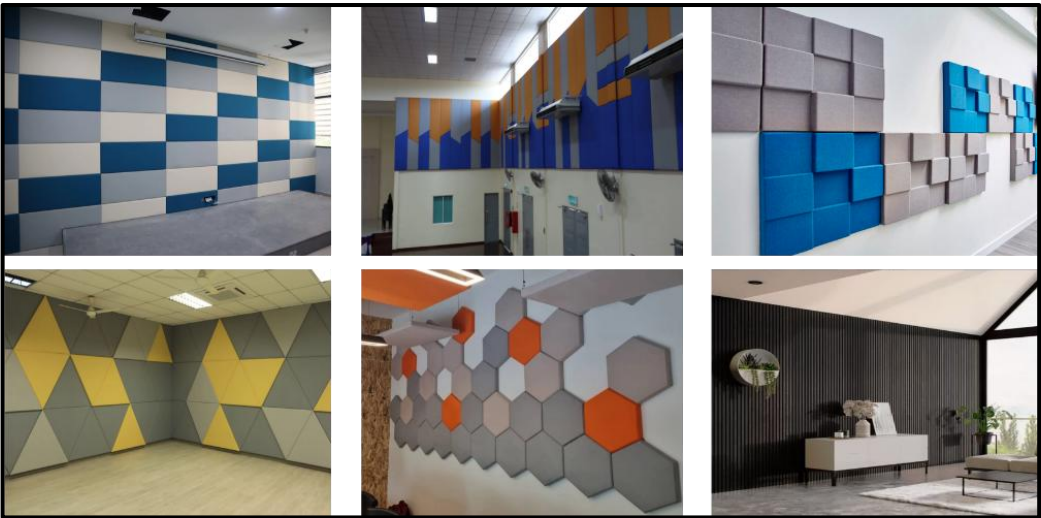


Figure 196 : quelques exemples des applications décoratives des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu ; Source : (www.leeyinacoustics.com, s. d.)

L'efficacité de ces panneaux acoustiques a été étudiée en fonction du pourcentage de surface couverte sur le mur séparatif entre les chambres. Trois scénarios ont été simulés : une application sur 50 %, 70 % et 90 % de la surface du mur, voir figure 197. Les résultats obtenus pour différentes fréquences sont présentés dans les figures 198 et 199 et les valeurs uniques des simulations sont regroupées dans le tableau 36.

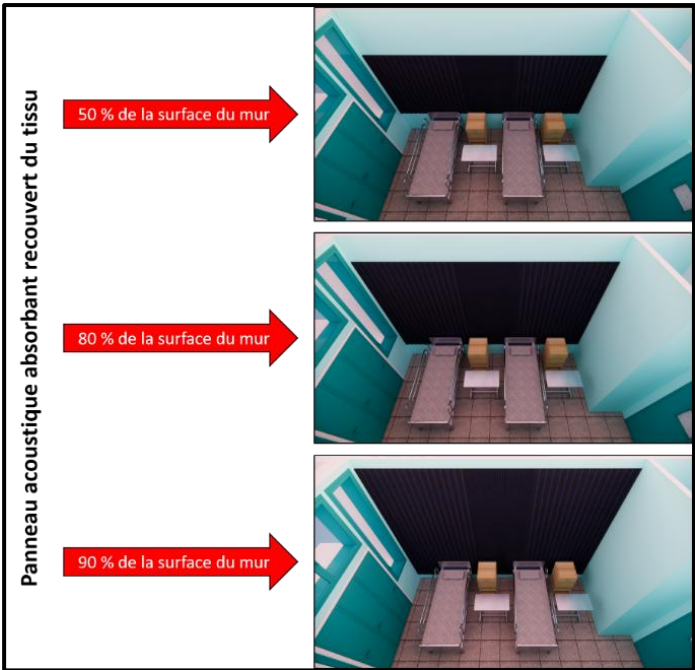


Figure 197 : Exemple de l'application des panneaux acoustiques absorbants revêtus de tissu en fonction de la surface d'application ; Source : Auteurs, 2025

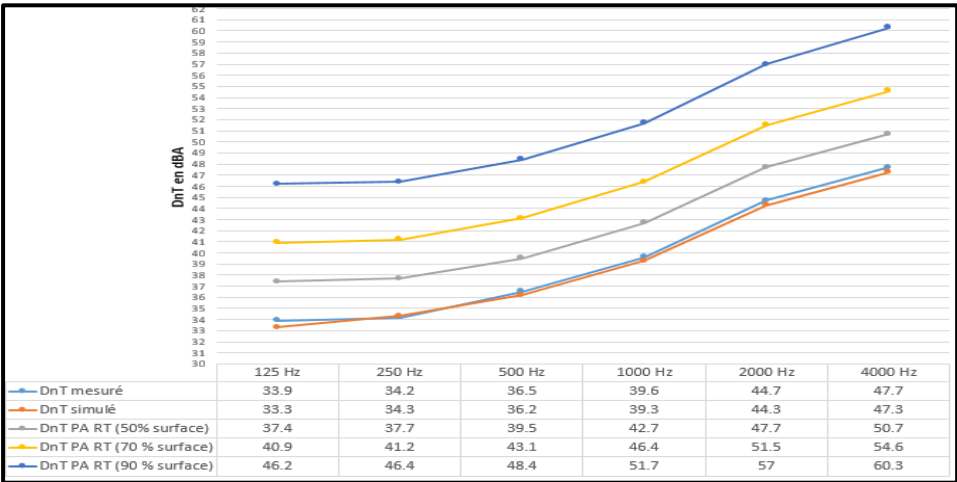


Figure 198 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en D_{nT} ; Source : Auteurs, 2025

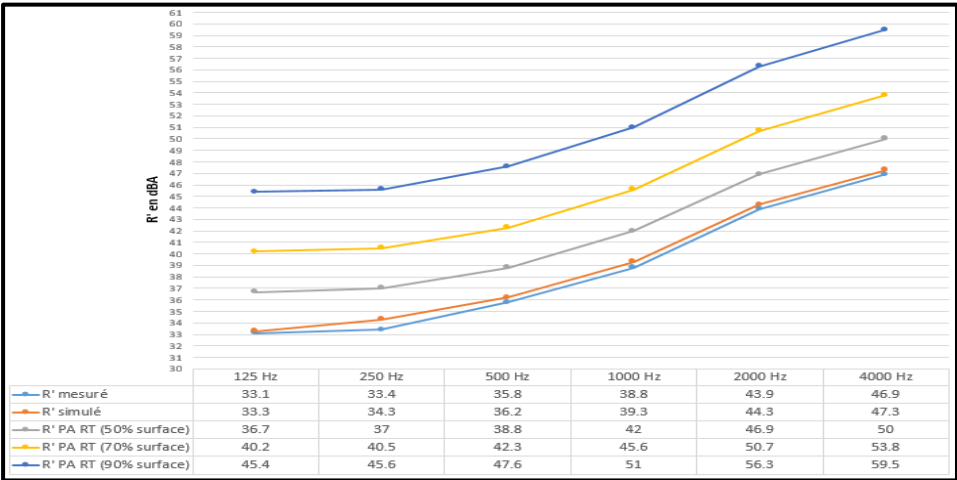


Figure 199 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en R' ; Source : Auteurs, 2025

Tableau 36 : Résultats de simulation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions et en fonction de la surface d'applications des panneaux acoustiques absorbants en Valeurs uniques $D_{nT,w}$ et R'_w ; Source : Auteurs, 2025

Intervention/Descripteurs	Valeurs uniques	
	$D_{nT,w}$ (dBA)	R'_w (dBA)
1- Mesuré et calculé	41 (-1.1 ; -2.8)	40 (-0.9 ; -2.6)
2- Simulé et calibré	40 (-0.3 ; -2)	36 (-0.5 ; -0.7)
2 + Panneau acoustique recouvert de tissu (50% surface)	44 (-0.9 ; -2.6)	43 (-0.7 ; -2.3)
2 + Panneau acoustique recouvert de tissu (70% surface)	48 (-1.3 ; -3)	47 (-1.1 ; -2.7)
2 + Panneau acoustique recouvert de tissu (90% surface)	53 (-1 ; -2.7)	52 (-0.8 ; -2.4)

- Les résultats de la première simulation, réalisés avec 50 % de couverture murale, montrent une amélioration de 4 dBA pour $D_{nT,w}$ et 7 dBA pour R'_w par rapport au modèle initial, atteignant des valeurs uniques de 44 (-0,9 ; -2,6) dBA pour $D_{nT,w}$ et 36 (-0,5 ; -0,7) dBA pour R'_w . Bien que ces valeurs soient améliorées, elles restent en dessous des exigences des normes étudiées, voir les tableaux 37, 38 et 39.
- Une seconde intervention, portant sur 70 % de la surface du mur, a permis une nouvelle amélioration de 4 dBA, portant ainsi le gain total à 8 dBA. Les nouvelles valeurs atteintes sont de 48 (-1,3 ; -3) dBA pour $D_{nT,w}$ et 47 (-1,1 ; -2,7) dBA pour R'_w . Ces performances permettent de satisfaire certaines normes, notamment celles du Danemark et de la Norvège, qui imposent un ($R'_w \geq 48$ dBA). De plus, les résultats respectent la norme française exigeant un ($D_{nT,A} \geq 42$ dBA), ainsi que les normes de l'Angleterre et du Portugal, qui imposent respectivement 47 dBA et 45 dBA en $D_{nT,w}$. Toutefois, ces valeurs restent inférieures aux exigences des normes les plus strictes, notamment celles de l'Italie et de la Turquie, qui imposent respectivement 50 dBA et 52 dBA en $D_{nT,w}$ et $D_{nT,A}$.
- Afin de répondre aux normes les plus exigeantes, une troisième intervention a été réalisée en améliorant la couverture des panneaux à 90 % de la surface du mur. Cette intervention a permis une supplémentaire de 5 dBA, portant ainsi le gain total à 13 dBA. Les nouvelles valeurs obtenues sont de 53 (-1 ; -2,7) dBA pour $D_{nT,w}$ et 52 (-0,8 ; -2,4) dBA pour R'_w . Ces performances dépassent toutes les normes étudiées et permettent de respecter les exigences les plus strictes, notamment celles de l'Italie et de la Turquie, voir les tableaux 37, 38 et 39.

Chapitre V : Résultats et discussions

Tableau 37 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique R'_w de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	R'_w				
Pays	Algérie (EHP A. B simulé avec panneaux acoustiques recouverts du tissu)			Danemark	Norvège
	50% du mur	70% du mur	90% du mur		
Valeurs limites (dBA) $\geq$	43	47	52	48	48

Tableau 38 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique $D_{nT,A}$ de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w} + C$				
Pays	Algérie (EHP A. B simulé avec panneaux acoustiques recouverts du tissu)			France	Turquie
	50% du mur	70% du mur	90% du mur		
Valeurs limites (dBA) $\geq$	43.1	46.7	52	42	52

Tableau 39 : évaluation des résultats de simulation en Valeur unique $D_{nT,w}$ de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes après interventions par rapport aux normes étudiées ; Source : Auteurs, 2025

Descripteur	$D_{nT,w}$					
Pays	Algérie (EHP A. B simulé avec panneaux acoustiques recouverts du tissu)			Angleterre	Italie	Portugal
	50% du mur	70% du mur	90% du mur			
Valeurs limites (dBA) $\geq$	44	48	53	47	50	45

L'application des panneaux acoustiques sur 90 % de la surface du mur permet d'avoir une réduction significative de la transmission du bruit entre les chambres adjacentes. Cette solution contribue à améliorer le confort acoustique des patients en minimisant l'impact des bruits provenant des chambres voisines. La carte du bruit issue de la simulation illustre l'efficacité de cette approche, qui permet de mieux contrôler la diffusion sonore, voir figure 200.

Les résultats obtenus démontrent que l'optimisation de l'isolation acoustique entre chambres adjacentes peut être réalisée efficacement par l'ajout de panneaux absorbants. L'efficacité de cette solution est liée ainsi au pourcentage de surface couverte, permettant d'atteindre un niveau de performance conforme aux normes acoustiques internationales tout en offrant une intégration esthétique adaptée aux environnements hospitaliers.

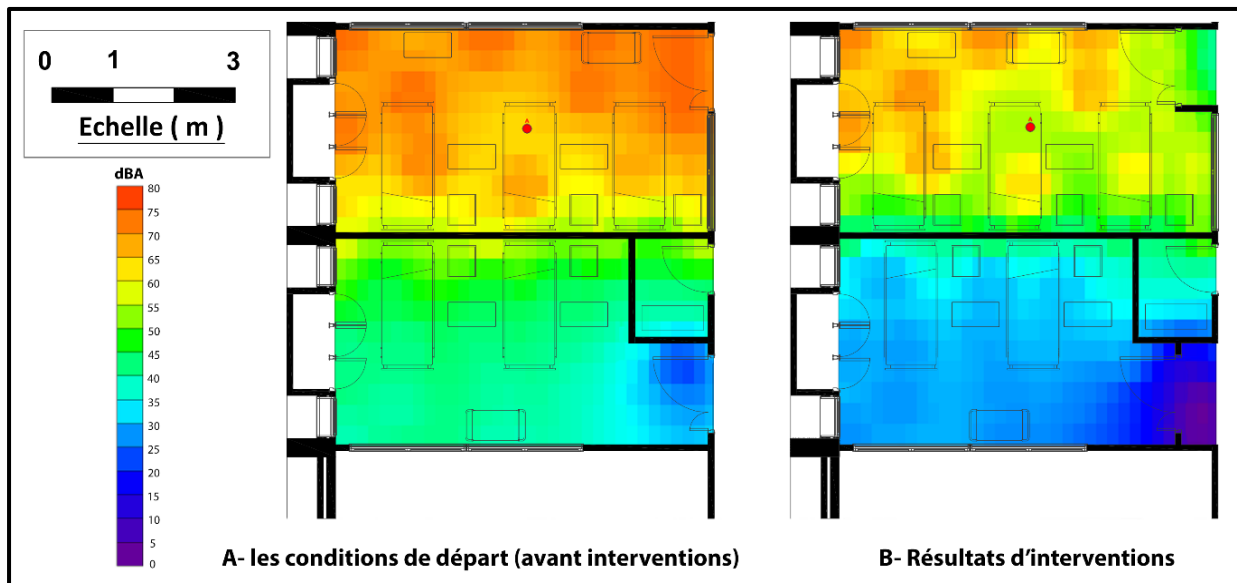


Figure 200 : Résultats de la simulation acoustique avant et après les interventions effectuées sur le mur séparatif entre chambres adjacentes, représentés en carte du bruit ; Source : Auteurs, 2025

4. Discussion générale des résultats

Les résultats obtenus dans cette étude démontrent que le service d'urologie de l'EHP A.B présente un environnement sonore non conforme aux recommandations internationales en matière de confort acoustique hospitalier. Les niveaux de bruit élevés, les fluctuations sonores nocturnes et les performances d'isolation insuffisantes affectent la qualité de l'environnement hospitalier, avec des implications potentielles sur la santé et le bien-être des patients.

Les solutions d'optimisation simulées montrent qu'une amélioration significative est possible, à condition d'adopter des stratégies d'intervention ciblées. Ces recommandations peuvent servir de base pour la rénovation des infrastructures hospitalières existantes et pour la conception de futurs établissements intégrant une approche acoustique adaptée aux besoins des patients et du personnel de soin.

4.1. Niveaux sonores et dynamique temporelle

Les mesures réalisées montrent des niveaux de bruit significativement élevés dans les espaces intérieurs du service d'urologie, en particulier dans les chambres occupées et les couloirs. En journée, les valeurs de L_{Aeq} mesurées atteignent en moyenne 63,12 dBA dans les chambres occupées et 56,57 dBA dans les couloirs, largement supérieures aux valeurs fixées par la majorité des normes étudiées. Cette situation s'explique par l'intensité des activités hospitalières, les passages réguliers du personnel et les visites des proches, qui contribuent à l'augmentation du bruit ambiant.

En période nocturne, bien que les niveaux sonores diminuent, ils restent élevés avec des valeurs moyennes de 56,05 dBA dans les chambres occupées et 52,58 dBA dans les couloirs, ce qui est ainsi largement supérieures aux valeurs fixées par la majorité des normes étudiées. Les analyses des fluctuations sonores nocturnes montrent que les événements impulsionnels (bruits de portes, alarmes, passages du personnel) perturbent le calme nécessaire au repos des patients. Ces fluctuations sont plus fréquentes dans les chambres et les couloirs que dans les espaces extérieurs, confirmant l'impact prédominant des sources de bruit interne.

Ces résultats sont supérieurs à certaines valeurs trouvées par d'autres études, notamment la valeur diurne de 37 dBA mesurée par Cho et al. (Cho et al., 2019) et la valeur nocturne de 38,7 dBA mesurée par Bevan et al. (Bevan et al., 2019). Cependant, ces dernières valeurs ne reflètent pas la réalité générale et peuvent être liées au contexte d'étude. En outre, les valeurs mesurées dans cette étude confirment les résultats d'autres recherches récentes ayant enregistré des niveaux L_{eq} en milieu hospitalier atteignant jusqu'à 88,6 dBA en journée (Pirsaheb et al., 2016) et jusqu'à 68,8 dBA la nuit (Filus et al., 2015). D'autres recherches partagent également les valeurs trouvées dans cette étude, situées entre 60 et 65 dBA pour la période diurne, comme celles de Oliveira et al. (Oliveira et al., 2015), D'Souza et al. (D'souza et al., 2017) et Bliefnick et al. (Bliefnick et al., 2019). De même, les valeurs nocturnes entre 50 et 55 dBA sont similaires à celles mesurées par aussi Oliveira et al. (Oliveira et al., 2015), Montes-González et al. (Montes-González et al., 2019) et Astin et al. (Astin et al., 2020). Ces constats renforcent l'idée que le bruit hospitalier constitue une problématique importante nécessitant une approche commune et concertée afin d'améliorer les conditions de guérison des patients.

4.2. Impact de l'occupation sur les niveaux sonores

L'analyse comparative entre chambres occupées et inoccupées met en évidence l'influence directe de l'activité humaine sur les niveaux de bruit. En journée, l'écart de bruit entre une chambre occupée et une chambre inoccupée atteint 19,26 dBA, réduisant cependant à 13,3 dBA durant la nuit. Cette différence confirme que les sources sonores internes, notamment les interactions entre patients, visiteurs et personnel, constituent le principal facteur d'augmentation du bruit.

Cependant, ces résultats des mesures indiquent que certaines normes, notamment la norme du bruit dans les hôpitaux de l'OMS est difficile à respecter, voire impossible, notamment dans la chambre inoccupée comme l'indique plusieurs études (Van Rompaey et al., 2012; Arora et al., 2017; Althahab et al., 2022).

De plus, la localisation des chambres joue un rôle déterminant, les chambres donnant sur la façade sud-est enregistrant des niveaux légèrement supérieurs, en raison du bruit routier et de l'affluence à l'entrée principale de l'hôpital.

4.3. Performances d'isolation acoustique

L'analyse des performances d'isolation acoustique révèle des insuffisances importantes par rapport aux normes internationales étudiées. L'isolation entre les chambres adjacentes atteint un indice R'_w de 40 dBA, soit 4 dBA en dessous des valeurs mesurés dans l'hôpital général Italien de Careggi (Secchi et al., 2022) et 8 dBA en dessous des exigences des normes danoises et norvégiennes. De même, l'isolation entre le couloir et la chambre présente un $D_{nT,w}$ de 27 dBA, valeurs qui est supérieurs à la valeur mesurée à l'hôpital de Careggi de 24 dBA (Secchi et al., 2022) mais qui reste inférieur aux seuils préconisés par les réglementations italienne et portugaise de 30 dBA et ainsi largement en dessous des exigences turques de 38 dBA.

Ces résultats indiquent que les cloisons séparatives et les éléments de fermeture (portes et fenêtres) offrent une isolation limitée, laissant passer une part importante du bruit des espaces adjacents. Cette faiblesse acoustique contribue à la perception de nuisances sonores excessives par les patients, nuisant à leur confort et à leur récupération.

4.4. Optimisation et perspectives d'amélioration

Les simulations d'optimisation ont montré que des interventions ciblées sur les ouvertures et les surfaces de séparation permettent une amélioration notable des performances acoustiques. Parmi les solutions les plus efficaces :

- Modification des fenêtres : Réduction de leur surface et passage au double vitrage ont permis un gain cumulé de 3 dBA, mais qui reste une faible amélioration.
- Capitonnage des portes : Gain de 11 dBA sur l'isolation entre le couloir et la chambre, atteignant ainsi 41 dBA en $D_{nT,w}$, conformes aux exigences normatives étudiées.
- Utilisation de panneaux acoustiques absorbants sur les cloisons : L'application sur 90 % de la surface des murs séparatifs a permis d'augmenter l'isolation jusqu'à 53 dBA en $D_{nT,w}$, respectant ainsi les exigences des normes les plus strictes, cependant, ainsi une application sur 70% de la surface du mur séparatifs reste une solution efficace et moins couteuse et qui garantit une réponse aux exigences de certains normes moins strictes étudiées.

Ces interventions mettent en avant la possibilité d'une amélioration significative du confort acoustique à travers des solutions techniquement viables, tout en gardant l'espace fonctionnel

sans introduire des modifications majeures. Elles soulignent l'importance d'une approche intégrée de l'acoustique hospitalière, tenant compte à la fois des performances d'isolation et de la gestion des sources sonores internes.

Conclusion

L'évaluation du confort acoustique dans le service d'urologie de l'EHP A.B. a mis en évidence des niveaux sonores souvent supérieurs aux seuils recommandés par les normes internationales. Les résultats ont montré une forte influence de l'occupation des chambres et des couloirs sur le bruit ambiant, avec des valeurs significativement plus élevées en journée et en présence de patients, de visiteurs et du personnel médical. L'analyse a également révélé des fluctuations sonores nocturnes, susceptibles de perturber le sommeil des patients et de compromettre leur rétablissement.

L'étude de l'isolation acoustique a mis en avant des performances insuffisantes des cloisons et des ouvertures (portes et fenêtres), entraînant une transmission excessive du bruit entre les espaces hospitaliers. Ces résultats confirment la nécessité de renforcer l'isolation acoustique pour améliorer le confort des patients et limiter les nuisances sonores internes.

Les simulations numériques ont permis d'identifier plusieurs solutions d'optimisation efficaces, notamment la réduction des surfaces vitrées, le passage au double vitrage, le capitonnage des portes et l'installation de panneaux absorbants sur les cloisons. Ces interventions ciblées ont démontré une amélioration significative des performances acoustiques, en particulier pour l'isolation entre les chambres et les couloirs.

Ainsi, cette étude souligne l'importance de prendre en compte l'acoustique dans la conception et la rénovation des infrastructures hospitalières. L'intégration de solutions adaptées permettrait d'offrir un cadre de soin plus serein, favorisant le rétablissement des patients et le bien-être du personnel hospitalier. Les résultats obtenus constituent une base de réflexion pour l'amélioration des standards acoustiques en milieu hospitalier et pour la mise en place de recommandations visant à optimiser le confort sonore dans les établissements de santé.

Conclusions générales et perspectives

1. Conclusions

Le bruit est un problème majeur à l'échelle nationale et internationale en raison de ses effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Ce problème est particulièrement critique dans les hôpitaux, où il affecte les patients, le personnel soignant et les visiteurs. Les patients, souvent vulnérables, ont besoin d'un environnement calme pour leur rétablissement. Le personnel médical doit pouvoir se concentrer sur des tâches sensibles, tandis que les visiteurs peuvent ressentir du stress supplémentaire.

Cette étude, menée dans le service d'urologie de l'Hôpital Abderezzak Bouharra à Skikda (Algérie), analyse les niveaux de bruit en fonction des normes nationales et internationales. Elle révèle ainsi que l'Algérie ne réglemente que les niveaux de bruit à l'extérieur des hôpitaux, sans spécifier ni ceux à respecter à l'intérieur des bâtiments ni ceux liées à la performance acoustique du bâtiment.

Les mesures effectuées dans les chambres occupées montrent qu'en période diurne, seul le seuil du CC, fixé à 65 dBA, est respecté. Toutefois, les niveaux sonores dépassent en moyenne de 18 dBA la recommandation de 45 dBA et excèdent de 23 dBA les seuils du NIOSH (40 dBA) et de 28 dBA ceux de l'OMS (35 dBA). En période nocturne, bien que les seuils du CC restent respectés, les niveaux nocturnes enregistrent des dépassements de 11 dBA par rapport aux normes de 45 dBA et de 21 dBA par rapport aux recommandations de 35 dBA. Les écarts atteignent 26 dBA et 36 dBA par rapport aux seuils de l'OMS et de l'INC, respectivement. Ces variations dépendent également des jours et des périodes : l'intensité du bruit fluctue en fonction de l'activité hospitalière et du taux d'occupation, accentuant les variations internes.

Dans les chambres inoccupées, les niveaux diurnes respectent environ 80 % des recommandations analysées, bien qu'ils présentent des dépassements modérés de 4 dBA par rapport au NIOSH et de 9 dBA par rapport à l'OMS. Ces résultats confirment que l'occupation des chambres influence notablement les niveaux sonores internes. De plus, l'augmentation du bruit dans les chambres occupées est principalement due à l'activité des patients, au personnel médical et à la présence des visiteurs, tandis que les chambres inoccupées, bien que plus stables, restent influencées par le bruit ambiant intérieur et extérieur. Ces résultats soulignent ainsi sur la difficulté de respecter certaines normes strictes, notamment celles de l'OMS.

Dans les couloirs, les niveaux du bruit diurnes dépassent la plupart des recommandations, à l'exception de celles du CC. Ils excèdent de 12 dBA les normes fixant un seuil de 45 dBA, de 17 dBA celles du NIOSH (40 dBA) et de 22 dBA celles de l'OMS (35 dBA). L'activité dans

les chambres influence également ces niveaux, le passage régulier du personnel et des visiteurs favorisant la propagation du bruit.

À l'extérieur, les niveaux sonores mesurés en période diurne dépassent également les recommandations, à l'exception de celles de l'Afrique du Sud qui fixent le seuil à 65 dBA. Les valeurs relevées dépassent de 2 dBA le seuil recommandé de 55 dBA. En période nocturne, les écarts varient de 8 à 18 dBA par rapport aux normes de Curitiba, d'Italie et de Tunisie, montrant l'impact non négligeable de la pollution sonore externe sur l'environnement acoustique hospitalier. Comparé à la réglementation algérienne, qui impose un seuil de 45 dBA en journée et 40 dBA la nuit pour les zones environnantes, les mesures relevées de 57 dBA en journée et 53 dBA la nuit sont nettement supérieures aux limites établies.

Cependant, L'analyse globale du bruit intérieur, incluant les chambres occupées, les chambres inoccupées et les couloirs, met en évidence une exposition acoustique plus élevée que celle de l'environnement extérieur pourtant que ces relevés aient été effectués dans un service moins fréquenté et en incluant des chambres inoccupées. Cela indique que les sources internes – activités humaines, équipements et circulation – constituent les principales sources de nuisance sonore, amplifiant l'exposition acoustique par rapport aux bruits extérieurs.

Par ailleurs, l'évaluation de l'isolation acoustique aérienne révèle un déficit important dans les performances des éléments séparatifs de l'établissement. Les mesures In-Situ montrent que l'isolation entre deux chambres adjacentes présente un indice R'_w de 40 dBA, inférieur de 8 dBA aux exigences des normes Danoises et Norvégiennes, et que l'indice $D_{nT,w}$ de 41 dBA est inférieur des valeurs requises par les normes du Portugal, d'Angleterre et d'Italie. De même, l'isolation entre le couloir et la chambre, avec un indice R'_w de 24 dBA et un indice $D_{nT,w}$ de 27 dBA, se révèle insuffisante par rapport aux exigences réglementaires, même si l'indice D_{nTA} se rapproche du seuil requis par la norme Française. Ces résultats traduisent une transmission sonore trop importante entre les espaces, ce qui aggrave les nuisances acoustiques à l'intérieur de l'hôpital.

Face à ce constat, diverses interventions d'optimisation acoustique ont été mises en œuvre sur les principaux éléments constitutifs de l'enveloppe acoustique. La réduction de la surface vitrée, le remplacement du simple vitrage par un double vitrage, ainsi que des modifications sur les ouvertures – notamment le capitonnage de la porte et son repositionnement afin de créer une cavité acoustique – ont été testés. Si la réduction de la surface vitrée et le double vitrage apportent chacun un gain marginal d'environ 1 dB, l'intervention sur la porte par un

capitonnage en tissu recouvert de cuir a permis d'obtenir un gain significatif de 11 dB, portant ainsi l'indice $D_{nT,w}$ à 41 dBA et l'indice R'_w à 37 dBA. Par ailleurs, l'ajout de panneaux acoustiques absorbants sur le mur séparant les chambres, évalué pour des couvertures de 50 %, 70 % et 90 %, a permis d'améliorer progressivement l'isolation sonore, avec un gain total atteignant 13 dBA pour une couverture de 90 %. Ces interventions montrent qu'une optimisation ciblée peut conduire au respect des exigences les plus strictes, notamment celles fixées par les normes Turques et Italiennes.

Cette recherche démontre de manière détaillée que les niveaux de bruit et les performances d'isolation acoustique dans le service d'urologie de l'Hôpital Abderezzak Bouharra ne répondent pas aux standards internationaux. L'exposition sonore excessive, qu'elle soit due aux sources internes ou externes, ainsi que l'insuffisance d'isolation entre les espaces, compromettent la qualité de l'environnement hospitalier. Ces constats soulignent sur l'importance d'intégrer une approche globale de l'acoustique dans la conception et la rénovation des établissements de santé en Algérie. L'optimisation du confort acoustique passe notamment par une révision des matériaux et des techniques d'isolation, une meilleure organisation des espaces et, fondamentalement, par le développement de réglementations spécifiques pour l'intérieur des hôpitaux et spécifiques aux performances acoustique de la construction. De plus, il serait possible d'assurer un environnement de soins propice à la guérison, d'améliorer les conditions de travail du personnel médical et de réduire le stress des visiteurs, tout en s'inscrivant dans une démarche de respect des normes internationales de confort acoustique.

2. Limites de recherche

Cette étude a été réalisée à Skikda, ce qui limite sa représentativité à l'échelle régionale. Il serait pertinent d'étendre les recherches à d'autres villes et wilayas afin de constituer une base de données plus vaste et de mieux comprendre le contexte national. De plus, Skikda dispose d'une diversité d'infrastructures hospitalières (EPSP, EPH, EHS) ; or, cette étude s'est concentrée uniquement sur l'EHP A.B. Pour une compréhension complète du contexte local, il serait intéressant d'évaluer également les autres établissements hospitaliers de la wilaya.

Par ailleurs, l'étude a été réalisée dans un environnement où l'activité hospitalière est relativement modérée (service d'urologie peu fréquenté). Il serait pertinent d'étendre l'analyse à d'autres espaces de l'établissement afin d'enrichir l'état des lieux sonore. Il serait également important d'étudier des services plus actifs, tels que les urgences, ainsi que d'évaluer d'autres

typologies d'hôpitaux, comme les CHU ou EHU, qui ont une portée et un impact plus importants à l'échelle nationale et internationale. Ces investigations permettraient de mieux refléter la complexité des activités hospitalières et d'identifier des solutions adaptées à différents contextes.

Le protocole temporel de l'étude a été limité à certaines périodes et jours. Un suivi sur une durée plus étendue – couvrant différentes saisons, mois, semaines et jours – permettrait d'obtenir des données plus intégrales et de mieux appréhender la variabilité du bruit dans les hôpitaux.

Concernant l'isolation acoustique, cette étude s'est focalisée sur l'isolation acoustique aérienne horizontale. Il serait utile d'évaluer également l'isolation de la façade, l'isolation du bruit d'impact, celle du bruit d'équipement et notamment l'isolation acoustique aérienne verticale pour une compréhension complète des performances acoustiques de l'établissement.

La précision des mesures pourrait être améliorée. Cette étude a été réalisée avec un sonomètre de classe 2 équipé de mesures par bandes de 1/1 octave. L'utilisation d'un sonomètre de classe 1, capable d'effectuer des mesures par bandes de 1/3 octave, offrirait une meilleure précision. De plus, bien que le logiciel de simulation acoustique Ramsete® 2.7 ait fourni de bons résultats, il serait utile de valider ces résultats à l'aide d'un autre logiciel et de méthodologies expérimentales complémentaires.

3. Perspectives et pistes de recherche

- Mise à niveau des établissements publics de santé : Correction des dysfonctionnements acoustiques internes et externes des hôpitaux existants à l'échelle nationale, en s'appuyant sur les standards internationaux pour améliorer le confort et la qualité des soins.
- Construction de nouveaux hôpitaux de grande envergure : Intégration du confort acoustique dès la phase de conception des futurs établissements hospitaliers, en respectant les normes internationales afin d'assurer des conditions optimales pour les patients et le personnel.
- Élaboration d'un rapport d'arbitrage : intégration des éléments du confort (thermique, énergétique, visuel, olfactif, psychologique et acoustique...etc.), et faire un arbitrage à travers l'utilisation de logiciels de simulation avancés et d'intelligence artificielle permettrait probablement d'optimiser la mise à niveau des hôpitaux existants et la conception des nouveaux établissements, en garantissant une approche objective et performante.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abid, larbi. (2008). *La pratique médicale en Algérie* (ANEP édition). anep.
- Abid, L., & Medjahed, Y. (2022). Les soignants missionnaires en Algérie pendant la colonisation : Entre soins et activités apostoliques des Pères Blancs. *Vakanüvis - Uluslararası Tarih Araştırmaları Dergisi*, 7(1), Article 1.
- ADNET, M.-N., & SAELMACKERS, F. (2018). 52. *PERCEPTION ET PROPAGATION DU BRUIT DANS LES LOGEMENTS EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE*.
- Ait-Mohand, A. (2017). *Le système national de santé (SNS)*. Faculté de Médecine Tizi Ouzou.
- Alain, L., & André, D. H. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques— Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Observatoire des énergies renouvelables. Paris. <https://side.developpement-durable.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/7394/traite-d-architecture-et-d-urbanisme-bioclimatiques-concevoir-edifier-et-amenager-avec-le-developpement>
- Alami, M. B. ali. (2020). *Le système juridique de l'établissement public à caractère administratif* [Master]. Université Docteur Moulay Tahar Saida.
- *ALGERIE RAPPORT NATIONAL DE MISE EN ŒUVRE DU NOUVEAU PROGRAMME POUR LES VILLES*. (2021). REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE. <https://www.urbanagendaplatform.org/sites/default/files/2021-06/Rapport%20Algerie-Nouveau%20Programme%20pour%20les%20Villes-NUA-mars%202021.pdf>
- Althahab, A. Q. J., Vuksanovic, B., Al-Mosawi, M., Machimbarrena, M., & Arias, R. (2022). Noise in ICUs : Review and Detailed Analysis of Long-Term SPL Monitoring in ICUs in Northern Spain. *Sensors*, 22(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/s22239038>
- Alzoubi, H., & Attia, A. (2019). Assessment of the acoustical standards in patient care units in Jordanian National Hospitals in light of the international criteria : Case of King Abdullah University Hospital. *Alexandria Engineering Journal*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.10.004>

Références bibliographiques

- Anctil, H. (2012). *La santé et ses déterminants : Mieux comprendre pour mieux agir*. Ministère de la santé et des services sociaux, Direction des communications.
- ARENAS, J., VALDERRAMA, C., & CARDENAS, J. (2024). Comparing Kurtosis-adjusted weighted levels with other metrics to assess the risk of hearing loss from non-Gaussian noise exposures. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 270(5), 6674-6681. https://doi.org/10.3397/IN_2024_3851
- Arora, R. C., Djaiani, G., & Rudolph, J. L. (2017). Detection, Prevention, and Management of Delirium in the Critically Ill Cardiac Patient and Patients Who Undergo Cardiac Procedures. *Canadian Journal of Cardiology*, 33(1), 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.08.020>
- ARRETE DU PRESIDENT DE LA COMMUNE MAIRE DE TUNIS, DU 22 AOÛT 2000. (2000). Conseil municipal de la Tunisie. <http://www.cpscl.com.tn/upload/telechargement/telechargement855.pdf>
- Astin, F., Stephenson, J., Wakefield, J., Evans, B., Rob, P., Garside, J., & Harris, E. (2020). Night-time Noise Levels and Patients' Sleep Experiences in a Medical Assessment Unit in Northern England. *Open Nursing Journal*, 14(1), 80-91. <https://doi.org/10.2174/1874434602014010080>
- Astley, P., Capolongo, S., Gola, M., & Tartaglia, A. (2015). Operative and design adaptability in healthcare facilities. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 162-170. <https://doi.org/10.13128/Techne-16118>
- Auffret, M. (2015). *Les notions essentielles de l'acoustique [Conseil en Acoustique]*. Silence, on vit !, Place Carpeaux 92055, Paris, France. <https://www.bruit.fr/images/stories/pdf/FIPS-juin-2015/maurice-auffret.pdf>
- Baazeem, M., Kruger, E., & Tennant, M. (2024). Are private hospital emergency departments in Australia distributed to serve the wealthy community? *Health Care Science*, 3(5), 287-297. <https://doi.org/10.1002/hcs2.112>
- Bagot, J.-D. (1999). *Information, sensation et perception*. Armand Colin.
- Bahlouli, A. S., & Remaoun, H. (2012). *La politique de santé en Algérie* [Département de sciences politiques et relation internationales d'Oran]. https://www.univ-oran2.dz/images/these_memoires/FDSP/Magister/TH4018.pdf

Références bibliographiques

- Baichi. (s. d.). *ORGANISATION SANITAIRE EN ALGERIE*. FACULTE DE MEDECINE - UNIVERSITE BATNA 2. https://medecine.univ-batna2.dz/sites/default/files/medecine/files/dr_baichi_organisation_sanitaire_en_algerie.pdf
- Banerjee, E. (2013). COMPARATIVE STUDY ON HEALTHCARE FACILITIES PRODUCED BY GOVERNMENT AND PRIVATELY OWNED HOSPITALS IN KOLKATA MUNICIPAL CORPORATION. *Asian journal of multidisciplinary studies*. <https://www.semanticscholar.org/paper/COMPARATIVE-STUDY-ON-HEALTHCARE-FACILITIES-PRODUCED-Banerjee/4b12edf4c4185881070ff6b5c163849b04e30416>
- Barkley, S., Marten, R., Reynolds, T., Kelley, E., Dalil, S., Swaminathan, S., & Ghaffar, A. (2020). Primary health care : Realizing the vision. *Bulletin of the World Health Organization*, 98(11), 727-727A. <https://doi.org/10.2471/BLT.20.279943>
- Barles, P., Daliphard, J., Paul, M., Gaven, R., Guilbaud, R., Meisser, M., & Strauss, P. (2017). *Rénovation énergétique, confort acoustique et qualité de l'air en habitat individuel* (Philippe Strauss (CIDB) et Walter Persello (ADEME)). ADEME. <https://www.bruit.fr/images/stories/pdf/thermique-acoustique-qai-ademe-juin-2017.pdf>
- Barros, H., Nagyova, I., (EUPHA), & (ASPHER). (2024). Global health. *European Journal of Public Health*, 34(Supplement_3), ckae144.002. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckae144.002>
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region : A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 519. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030519>
- Basset, B. (1999). *Hôpital et santé publique*. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique.
- Bauernfeind, A., Reid, J., McCallum, A., Sheek-Hussein, M., Magid, A., Lopes, H., Cunningham, C., Green, M. S., Koivusalo, M., Sarkar, A., Middleton, J., & Davidovitch, N. (2024). No time to lose : Pandemic agreement—Urgency over

Références bibliographiques

- complacency; unity over fragmentation. *The International Journal of Health Planning and Management*, 39(6), 1810-1818. <https://doi.org/10.1002/hpm.3847>
- Beauchamp, E. by D. E., & Steinbock, B. (Éds.). (1999). *New Ethics for the Public's Health*. Oxford University Press.
 - Beisson, G. (2004). *L'hôpital mémorial France-États-Unis de Saint-Lô (1956) : Le premier hôpital en hauteur moderne de France*. <https://doi.org/10.3406/lha.2004.961>
 - Benferhat, M. L., Debache, S., Bouttout, A., & Martellotta, F. (2023, octobre 2). *On the simulation of occupied acoustic conditions of Djedid mosque in Algiers*. Conférence : 10e Convention de l'Association Européenne d'Acoustique Turin, Italie. <https://doi.org/10.61782/fa.2023.0963>
 - Benmaghsoula, Z. (2016). *Relations entre composante acoustique et conception architecturale* [Thesis, Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté d'architecture et d'urbanisme]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/585>
 - Benmaghsoula, Z. (2024). CHARACTERISATION AND ACOUSTIC CORRECTION OF CLASSROOMS, CASE STUDY: FACULTY OF ARCHITECTURE IN CONSTANTINE, ALGERIA. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30092024/8253
 - Benmaghsoula, Z., & Filali, S. (2016). The Numerical Simulation Support Tool for the Assessment of the Acoustic Quality of Worship Spaces. *International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology*, 6, 01-20. <https://doi.org/10.5121/ijcseit.2016.6101>
 - Benzagouta-debache, S., & Filali, S. (2003). LA CONCEPTION SONORE DES BATIMENTS D'HABITATION. PROBLEMATIQUE DU CONFORT SONORE DANS LA MAISON TRADITIONNELLE -Cas de CONSTANTINE. *Sciences & technologie. B, Sciences de l'ingénieur*, 20, 108-113.
 - Berardi, U., Iannace, G., Trematerra, A., & Bevilacqua, A. (2022). Virtual acoustic reconstruction of the Roman amphitheater of Avella in Italy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152, A273-A273. <https://doi.org/10.1121/10.0016249>
 - Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H., & Team, W. H. O. O. and E. H. (1999). *Guidelines for community noise*. <https://iris.who.int/handle/10665/66217>

Références bibliographiques

- Berjon, M. (2007). *Analyse des réflexions précoces*. Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
- Berridge, V. (2016). *Public Health : A Very Short Introduction*. Oxford University Press.
- Bevan, R., Grantham-Hill, S., Bowen, R., Clayton, E., Grice, H., Venditti, H. C., Stickland, A., & Hill, C. M. (2019). Sleep quality and noise : Comparisons between hospital and home settings. *Archives of Disease in Childhood*, 104(2), 147-151. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-315168>
- Bezymyanny, A. S., Blokhina, E. V., & Mingazova, E. N. (2024). [The possibilities and advantages of conducting multicenter clinical trials on the basis of outpatient clinics in Moscow]. *Problemy Sotsial'noi Gigieny, Zdravookhraneniia I Istorii Meditsiny*, 32(Special Issue 1), 542-547. <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-s1-542-547>
- *BİNALARIN GÜRÜLTÜYE KARŞI KORUNMASI HAKKINDA YÖNETMELİK BİRİNCİ BÖLÜM*. (2017). Çevre ve Şehircilik Bakanlığında. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm>
- Blaxter, M. (1990). *Health and Lifestyles*. Routledge.
- Bliefnick, J. M., Ryherd, E. E., & Jackson, R. (2019). Evaluating hospital soundscapes to improve patient experience. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(2), 1117. <https://doi.org/10.1121/1.5090493>
- Borsato, F. G., & Carvalho, B. G. (2021). Hospitais gerais : Inserção nas redes de atenção à saúde e fatores condicionantes de sua atuação. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26, 1275-1288. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021264.10212019>
- Bouaziz, M. (s. d.). *La pratique médicale en Algérie pendant la période coloniale*. Faculté de Médecine d'Annaba. https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/pluginfile.php/49283/mod_resource/content/1/La%20pratique%20m%C3%A9dicale%20en%20Alg%C3%A9rie%20pendant%20la%20p%C3%A9riode.pdf
- Boukhedna, L., Benaïcha, A. nadia, & Fetak, A. (2018). *Le système juridique de l'établissement public à caractère économique dans la constitution Algérienne* [Master]. Université Ibn Khaldoun Tiaret.

Références bibliographiques

- Boulemaredj, A., & Haridi, F. Z. (2022). Assessment of Noise Pollution and Discomfort Levels of the Residents of the Champs De Manoeuvre Neighbourhood, Guelma, Algeria. *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*, 7, 170-179. <https://doi.org/10.20431/2456-4931.0706016>
- Boulemaredj, A., & Haridi, F. Z. (2023). *La rénovation acoustique des logements collectifs—Cas de la cité Champs de Manœuvre, Guelma.*
- Bourekba, O., Youcef, L., Amina, C., Secchi, S., & Amodeo, V. (2023). Assessment of acoustic comfort in Algerian hospitals with reference to national and international standards. The case study of the Urology Department in Abderrezak Bouharra Hospital, Skikda. 92, 187-207. <https://doi.org/10.37896/pd92.6/92611>
- Bouzir, T. A. K. (2018). *Morphologie urbaine et pollution sonore : Étude de cause à effet. Cas de la ville de Biskra.*
- Bouzir, T. A. K., & Zemmouri, N. (2018). Evaluation of the sound environment of the city of Biskra (Algeria). 4. <https://doi.org/10.69717/jaest.v4.i1.71>
- Brusaferrero, S., & Tricarico, P. (2017). How to include public health practice and practitioners in a European Network. *European Journal of Public Health*, 27(suppl_4), 56-59. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckx156>
- Buratti, C., Belloni, E., Merli, F., Ambrosi, M., Shtrepi, L., & Astolfi, A. (2022). From worship space to auditorium : Acoustic design and experimental analysis of sound absorption systems for the new auditorium of San Francesco al Prato in Perugia (Italy). *Applied Acoustics*, 191, 108683. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108683>
- Busch-Vishniac, I. J. (2022). Hospital acoustics characterization and context. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152(4_Supplement), A95. <https://doi.org/10.1121/10.0015661>
- Busch-Vishniac, I. J., West, J. E., Barnhill, C., Hunter, T., Orellana, D., & Chivukula, R. (2005). Noise levels in Johns Hopkins Hospital. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(6), 3629-3645. <https://doi.org/10.1121/1.2118327>
- Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. (2019). <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>

Références bibliographiques

- Coiado, O., Vergara, F., & Vergara, L. (2022). Noise Pollution in Hospitals and its Impacts on the Health Care Community and Patients. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152(4_Supplement), A190. <https://doi.org/10.1121/10.0015985>
- Coskun, S., Sava, B., & ŞAHİN, C. (2022). Investigation of Noise Level in Sensitive Areas; Hospitals Located in Isparta City Center. *Kent Akademisi*, 15. <https://doi.org/10.35674/kent.1051483>
- Cosmacini, G. (2005). *Storia della medicina e della sanità in Italia : Dalla peste nera ai giorni nostri*. Laterza.
- Cosmacini, G. (2016). *Storia della medicina e della sanità in Italia. Dalla peste nera ai giorni nostri*. Laterza.
- Croguennoc, A., & Dalle, B. (2011). *Evolutions du réseau de transport d'électricité : Vecteur du développement durable*. Lavoisier.
- Dahlke, J. D., Magann, E. F., Bird, T. M., Rohloff, J., Scardo, J. A., & Morrison, J. C. (2014). Mode of Delivery Trends by Hospital Type : An 18-Year Comparison of a Military Hospital With University and Community Hospitals. *Military Medicine*, 179(2), 169-173. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00431>
- Debache-Benzagouta, S., & Filali, S. (2004). *La Conception sonore des batiments d'habitation. Cas du logement collectif* [Université Frères Mentouri - Constantine 1]. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/5147>
- *Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro* (Portugal, Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro). (2007). Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/9-2007-522807>
- *Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho*. (2008). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/96-2008-449682>
- *Définition—Équipement* | Insee. (s. d.). Consulté 9 novembre 2024, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2187>
- de Lima Andrade, E., da Cunha E Silva, D. C., de Lima, E. A., de Oliveira, R. A., Zannin, P. H. T., & Martins, A. C. G. (2021). Environmental noise in hospitals : A

Références bibliographiques

- systematic review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(16), 19629-19642. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13211-2>
- Desmons, J. (2003). *Acoustique pratique*. Editions Parisiennes.
 - Desta, H. T., Mayet, N., Ario, A. R., & Tajudeen, R. (2022). *Role of National Public Health Institutes for a stronger health system in Africa*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1827014/v1>
 - Diercxsens, J. (2022). *Analyse de l'évolution de l'hôpital du XXe siècle en recherche d'une architecture hospitalière humaine et raisonnée* [Master]. Faculté d'architecture, ingénierie architecturale, urbanisme, Université catholique de Louvain.
 - Dilani, A. (2000). Healthcare buildings as supportive environments. *World Hospitals and Health Services: The Official Journal of the International Hospital Federation*, 36(1), 20-26.
 - *DIRECTIVE 2002/49/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement* (L 189/12; Version FR). (2002). PARLEMENT EUROPÉEN. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:FR:PDF>
 - *Documento Básico HR Protección frente al ruido*. (2019). MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA.
 - D'souza, S., Lewis, L., Kumar, V., Bhat, R., Purkayastha, J., & Prakash, H. (2017). Ambient Noise Levels in Acute Neonatal Intensive Care Unit of a Tertiary Referral Hospital. *Journal of Krishna Institute of Medical Sciences University*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Ambient-Noise-Levels-in-Acute-Neonatal-Intensive-of-D%27souza-Lewis/a672b9a7bb7b305ecf0298491b6532f88be7f0e4>
 - Du, X., Du, Y., Zhang, Y., Zhu, Y., & Yang, Y. (2024). Urban and rural disparities in general hospital accessibility within a Chinese metropolis. *Scientific Reports*, 14(1), 23359. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74816-4>
 - Dubos, R. (s. d.). *Définitions de la santé*. Consulté 24 décembre 2024, à l'adresse https://agora.qc.ca/documents/Adaptation--Definitions_de_la_sante_par_Rene_Dubos
 - Eghomwanre, A., Tijani, Y., Oguntoke, O., & Liasu, M. (2023). ASSESSMENT OF NOISE LEVELS AND HEALTH-RELATED PROBLEMS IN SELECTED

Références bibliographiques

- HOSPITALS IN ABEOKUTA, NIGERIA. *African Journal of Health Safety and Environment*, 4, 49-58. <https://doi.org/10.52417/ajhse.v4i1.392>
- Eijkelenboom, A., Kim, D. H., & Bluysen, P. M. (2020). First results of self-reported health and comfort of staff in outpatient areas of hospitals in the Netherlands. *Building and Environment*, 177, 106871. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106871>
 - Elafifi, M. A., Elawady, M. Y., & Alrifai, A. M. (2024). Noise Pollution Exposure Among Nurses in a Public Hospital in Palestine. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.11648/j.ajese.20240802.13>
 - *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. (2018). World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/279952/9789289053563-eng.pdf?sequence=1>
 - *Équipement Urbain : Définition & Architecture* | StudySmarter. (s. d.). StudySmarter FR. Consulté 9 novembre 2024, à l'adresse <https://www.studysmarter.fr/resumes/ingenierie/urbanisme/equipement-urbain/>
 - Établissement recevant du public en droit français. (2024). In *Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89tablissement_recevant_du_public_en_droit_fran%C3%A7ais&oldid=215766418
 - Fangel Skov, K., Axel Nielsen, P., & Kjeldskov, J. (2023). Tuning Shared Hospital Spaces : Sound Zones in Healthcare. *Proceedings of the 18th International Audio Mostly Conference*, 63-70. <https://doi.org/10.1145/3616195.3616198>
 - Farina, A. (2000). Validation of the pyramid tracing algorithm for sound propagation outdoors : Comparison with experimental measurements and with the ISO-DIS 9613 standards. *Advances in Engineering Software*, 31, 241-250. [https://doi.org/10.1016/S0965-9978\(99\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0965-9978(99)00053-8)
 - Ferreira, P. L., Tavares, A. I., Quintal, C., & Santana, P. (2018). EU health systems classification : A new proposal from EURO-HEALTHY. *BMC Health Services Research*, 18(1), 511. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3323-3>
 - Fiedler, P. E. K., & Zannin, P. H. T. (2015). Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs—Noise maps and measurements. *Environmental Impact Assessment Review*, 51, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.014>

Références bibliographiques

- Filus, W., Lacerda, A. B. M. de, & Albizu, E. (2015). Ambient Noise in Emergency Rooms and Its Health Hazards. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 19(3), 205-209. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1387165>
- Fiole, B. (2002). *Les équipements publics et la ville : Problématique du dialogue entre le projet de l'équipement et le projet urbain* (p. 135 pages, photos, figures) [Report, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)]. <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150556>
- Fischetti, A. (2003). *Initiation à l'acoustique : Cours et exercices* (2 éd.). Belin.
- Foteinou, A. (2013). *Perception of Objective Parameter Variations in Virtual Acoustic Spaces* [Phd, University of York]. <https://etheses.whiterose.ac.uk/5628/>
- Fournier, P., Gérin, M., Gosselin, P., Cordier, S., Viau, C., Quénel, P., & Dewailly, E. (2003). L'art et la science de la santé publique. *Environnement et santé publique-Fondements et pratiques*, 39-57.
- Fredriksson, S., Hammar, O., Torén, K., Tenenbaum, A., & Wayne, K. P. (2015). The effect of occupational noise exposure on tinnitus and sound-induced auditory fatigue among obstetrics personnel : A cross-sectional study. *BMJ Open*, 5(3), e005793. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005793>
- Frenk, J. (1993). The New Public Health. *Annual Review of Public Health*, 14(1), 469-490. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.14.050193.002345>
- Garg, A. (2024). General Issues to Be Considered While Designing Hospital Building. In A. Garg (Éd.), *Handbook on Hospital Planning & Designing : For Medical Administrators, Architects, Planners and Students* (p. 19-25). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9001-6_6
- GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA. (1997). Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1997/12/22/97A10190/sg>
- GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA. (2022). Gazzetta Ufficiale della repubblica Italiana. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/08/06/22A04307/sg>

Références bibliographiques

- Gilson, L. (2011). Health systems and institutions. In R. D. Smith & K. Hanson (Éds.), *Health Systems in Low- and Middle-Income Countries : An economic and policy perspective* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199566761.003.0015>
- Glé, P., Matthieu, É., & ROSSI, L. (2022). *Écrans et protections acoustiques. Guide du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre*. Cerema. https://piles.cerema.fr/IMG/pdf/cerema_guide_maitre_ouvrage_et_maitre_oeuvre_ecrans_et_protections_acoustiques_septembre_2022_cle07b461-1.pdf
- Gorini, R., Baggieri, G., & Giacomo, M. (2004). Internement et Traitement de la Maladie Mentale au Moyen-Âge islamiste : L'exemple des Bîmarîstâns au Maroc et en Syrie. *Antropo*, ISSN 1578-2603, Vol. 7, 2004, pags. 99-104.
- Goupil-Sormany, I., Debia, M., Glorennec, P., Gonzalez, J.-P., & Noisel, N. (2023). *Environnement et santé publique : Fondements et pratiques*. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique.
- Gramez, A. (2010). Introduction à la réglementation acoustique Algérienne et la réhabilitation acoustique des façades. *10ème Congrès Français d'Acoustique*.
- Gramez, A., & Boubenider, F. (2017). Acoustic comfort evaluation for a conference room : A case study. *Applied Acoustics*, 118, 39-49. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.11.014>
- Gramez, A., Ouis, D., & Belhamel, F. (2021). In-situ investigation of the acoustical performance in collective social dwellings. *Applied Acoustics*, Volume 180. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108124>
- *GUIDE PRATIQUE POUR LA CONSTRUCTION ET LA RENOVATION DURABLES DE PETITS BATIMENTS*. (2008). Institu Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement IBGE. https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20%20Part%20Eco-construction%20Recommandation%20CSS05%20FR
- Guller, C., & Varol, C. (2023). Location Strategies of Healthcare Facilities : The Case of Private Hospitals in Ankara. In N. Persiani, I. E. Vannini, A. Romiti, A. Karasavvoglou, & P. Polychronidou (Éds.), *Challenges of Healthcare Systems in the*

Références bibliographiques

- Era of COVID-19 : Management Practices, Services Innovation and Reforms* (p. 47-67). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43114-2_4
- Hachemi, N. (2022). *Étude Et Optimisation Du Confort Acoustique Dans Les Etablissements Scolaires* [Thesis, université Abderahmane Mira Bejaia]. <http://172.17.1.105:8080/xmlui/handle/123456789/20245>
 - Hall, R. (2009). SOUND INSULATION MEASUREMENTS IN BUILDINGS. *8th European Conference on Noise Control 2009*. Euronoise 2009, Edinburgh, UK. <https://doi.org/10.25144/17391>
 - Hamayon, L. (2006). *Réussir l'acoustique d'un bâtiment* (2e édition). Le Moniteur Editions.
 - Hamayon, L. (2008). *Comprendre simplement l'acoustique des bâtiments*. Le Moniteur Editions.
 - Hamayon, L. (2013). *Réussir l'acoustique d'un bâtiment : Conception architecturale, isolation et correction acoustiques*. Éd. le Moniteur.
 - Hamayon, L. (2014). *L'acoustique des bâtiments*. Édition le Moniteur.
 - Haque, M. (2018). Primary Health Care to Conserve the Access to Health Care for the Marginalized Communities of the Developing World. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 8(1), 1. https://doi.org/10.4103/ijnpnd.ijnpnd_80_17
 - *Health Technical Memorandum 08-01 : Acoustics* (Version 2013). (2013). NHS. <https://www.england.nhs.uk/publication/health-sector-buildings-acoustic-design-requirements-htm-08-01/>
 - HECHAICHI, S. (2020). *Cour d'équipement*. Département d'architecture, Université Badji Mokhtar Annaba.
 - Herzlich, C. (1973). *Health and Illness* (G. Douglas, Trad.). Academic Press Inc.
 - Hoet, T. (1992). *L'hôpital confronté à son avenir*. FeniXX.
 - Horsburgh, C. R. (1995). Healing by Design. *New England Journal of Medicine*, 333(11), 735-740. <https://doi.org/10.1056/NEJM199509143331117>

Références bibliographiques

- Houtaud, A. d', & Field, M. G. (1989). *La santé : Approche sociologique de ses représentations et de ses fonctions dans la société*. Presses universitaires de Nancy.
- <https://bpifrance-creation.fr/>. (2024, septembre 16). *Classification des établissements recevant du public (ERP)*. <https://bpifrance-creation.fr/encyclopedia/locaux-lentreprise/etablissements-recevant-du-public/classification-etablissements>
- <https://www.vie-publique.fr/>. (2022, juillet 18). *Qu'est-ce qu'un établissement public ?* <https://www.vie-publique.fr/fiches/20246-quest-ce-quun-etablissement-public>
- Hu, J., Peng, C., Hu, Y., Wang, Y., Yan, H., Li, J., Xu, S., & Yuan, S. (2024). Accessibility evaluation and multi-scenario optimization of medical services in underdeveloped city driven by multi-source data and latest policies for China. *Scientific Reports*, 14(1), 25707. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76518-3>
- Huard, P. (1960). *Le Service de Santé des Armées en Algérie (1830-1958)*. https://www.persee.fr/doc/rhs_0048-7996_1960_num_13_3_3881
- Humenyuk, V. (2023). On the effectiveness of international intergovernmental organizations : The UN system in opposing the COVID-19 pandemic. *Actual problems of law*, 2, Article 2. <https://doi.org/10.35774/app2023.02.052>
- Hutt, P., Singh, S., Modell, M., & Nazareth, I. (2010). Polyclinics and polysystems : Evolving ambiguity, evidence required. *British Journal of General Practice*, 60(575), 400-401. <https://doi.org/10.3399/bjgp10X502083>
- Institut National de Santé Publique. (2011). *Evaluation du Système National d'Information Sanitaire*. République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière Institut National de Santé Publique.
<https://www.insp.dz/images/PDF/SNIS/Evaluation%20du%20SNIS%20Alg%C3%A9rie%20%202011-%20Rapport%20final.pdf>
- Institute of Medicine (US) Committee for the Study of the Future of Public Health. (1988). *The Future of Public Health*. National Academies Press (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218218/>
- ISO 717-1:2013. (2013). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/51968.html>
- ISO 717-2:2013. (2013). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/51969.html>

Références bibliographiques

- ISO 3382-2:2008. (2008). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/36201.html>
- ISO 16283-1:2014. (2014). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/55997.html>
- ISO 16283-2:2018. (2018). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/73929.html>
- ISO 16283-3:2016. (2016). ISO. <https://www.iso.org/fr/standard/59748.html>
- Javed, S., & Chattu, V. K. (2020). Strengthening the COVID-19 pandemic response, global leadership, and international cooperation through global health diplomacy. *Health Promotion Perspectives*, 10(4), Article 4. <https://doi.org/10.34172/hpp.2020.48>
- Jensen, H. A. R., Rasmussen, B., & Ekholm, O. (2019). Neighbour noise annoyance is associated with various mental and physical health symptoms: Results from a nationwide study among individuals living in multi-storey housing. *BMC Public Health*, 19(1), 1508. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7893-8>
- Jesku, F. (2024). *The Architecture of Hospitals. Learning From the Past* (p. 136). <https://doi.org/10.37199/c41000110>
- Jit, M., Ananthakrishnan, A., McKee, M., Wouters, O. J., Beutels, P., & Teerawattananon, Y. (2021). Multi-country collaboration in responding to global infectious disease threats: Lessons for Europe from the COVID-19 pandemic. *The Lancet Regional Health – Europe*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100221>
- Joseph, A., & Ulrich, R. (2007). Sound Control for Improved Outcomes in Healthcare Settings. *The Center for Health Design*, 4.
- Journal Officiel de la République Algérienne, Pub. L. No. Titre 3, Chapitre 1 Des établissements publics et autres groupements (1988). <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/1988/F1988002.PDF>
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, Pub. L. No. N° 46, loi n° 18-11 (2018). <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2018/F2018046.pdf>
- Jovanović, S., Milovanović, S., Mandić, J., & Jovovic, S. (2015). Health care systems. *Engrami*, 37, 75-82. <https://doi.org/10.5937/engrami1501075J>
- Kaabi, S. A., Varughese, B., & Singh, R. (2022). Public and Private Healthcare System in Terms of both Quality and Cost: A Review. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/55387.16742>

Références bibliographiques

- Kaduha, I. (2024). The right to health care in the system of social human rights. *Uzhhorod National University Herald. Series: Law*, 3, 313-318. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.81.3.47>
- Kapologwe, N. A., Meara, J. G., Kengia, J. T., Sonda, Y., Gwajima, D., Alidina, S., & Kalolo, A. (2020). Development and upgrading of public primary healthcare facilities with essential surgical services infrastructure : A strategy towards achieving universal health coverage in Tanzania. *BMC Health Services Research*, 20(1), 218. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-5057-2>
- Kavčič, M., & Pahor, M. (2013). Public and Private Healthcare in Slovenia in Relation to Choice and Accessibility of Services. *International Journal of Public and Private Healthcare Management and Economics (IJPPHME)*, 3(3), 1-14. <https://doi.org/10.4018/ijpphme.2013070101>
- Kazmi, A. (1988). Management of Health Care Services. *Indian Journal of Public Administration*, 34(1), 119.
- Kellermann, A. L., Kotwal, R. S., & Rasmussen, T. E. (2023). Military Medicine's Value to US Health Care and Public Health : Bringing Battlefield Lessons Home. *JAMA Network Open*, 6(9), e2335125. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.35125>
- Kirati, R. (s. d.). *Organisation du système de santé Algérien*. Faculté de médecine de Constantine. <https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2021/11/ORGANISATION-DU-SS-Alg%C3%A9rien.ppt>
- Kolesnikova, N., & Zakharevska, N. (2023). FLEXIBLE ARCHITECTURE OF MODERN TREATMENT AND PREVENTIVE INSTITUTIONS. *Regional problems of architecture and urban planning*, 161-169. <https://doi.org/10.31650/2707-403X-2023-17-161-169>
- Kristianova, K. (2017, novembre 20). *TRANSFORMATIONS OF OLD HOSPITAL AREAS ➡ VALORIZATION OF HEALING GARDEN VALUES*. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017. <https://doi.org/10.5593/sgem2017H/63/S27.134>
- Kruse, F. M., Stadhouders, N. W., Adang, E. M., Groenewoud, S., & Jeurissen, P. P. T. (2018). Do private hospitals outperform public hospitals regarding efficiency, accessibility, and quality of care in the European Union? A literature review. *The*

Références bibliographiques

International Journal of Health Planning and Management, 33(2), e434-e453.
<https://doi.org/10.1002/hpm.2502>

- Kulkarni, M. (2023). Measuring the recurring frequency of noise producing sources in intensive care units (ICUs) of a tertiary care hospital in India. *International Journal of Healthcare Management*, 0(0), 1-9. <https://doi.org/10.1080/20479700.2023.2277985>
- LABADIE, J.-C. (2015). *Hôpital et risque infectieux : Du passé au futur*. XXVIe Congrès national de la SF2H, TOURS.
- Lacanna, G. (2014). Med/Architecture : The Typological evolution of Paradoxical Buildings. *ResearchGate*. Proceedings of the 2nd ICAUD International Conference in Architecture and Urban Design, Epoka University, Tirana, Albania. https://www.researchgate.net/publication/285345308_MedArchitecture_the_Typological_evolution_of_Paradoxical_Buildings
- Ladaoui Benferhat, M., & Debache Benzagouta, S. (2023). *L'Acoustique dans les lieux de culte* [Thesis, Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté d'architecture et d'urbanisme]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/5374>
- Larousse, É. (s. d.). *santé*—LAROUSSE. Consulté 21 décembre 2024, à l'adresse <https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/sant%C3%A9/15975>
- Lee, J. A., Kharel, R., Naganathan, S., Karim, N., Aluisio, A. R., & Levine, A. C. (2022). Frameworks for Global Health Collaboration in Pandemic Disease. *Rhode Island Medical Journal* (2013), 105(2), 33-37.
- Lefébure, B. (2018). *Entretien avec Bruno Lefébure, directeur général, administratif et financier*.
- *Lei 10625/2002, Curitiba*. (2002). LE CONSEIL MUNICIPAL DE CURITIBA. <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/15706084/lei-n-10625-de-19-de-dezembro-de-2002-do-municipio-de-curitiba>
- Lenzi, S., Lindborg, P., Han, N., Spagnol, S., Kamphuis, D., & Ozcan, E. (2024). Disturbed Sleep : Estimating Night-time Sound Annoyance at a Hospital Ward. *Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association Forum Acusticum 2023*, 2607-2614. <https://doi.org/10.61782/fa.2023.1140>

Références bibliographiques

- *Les équipements publics : Demain, quels usages, quels lieux, quels partages ?* (s. d.). Horizons publics. Consulté 9 novembre 2024, à l'adresse <https://www.horizonpublics.fr/les-equipements-publics-demain-quels-usages-quels-lieux-quels-partages>
- *Les équipements publiques.* (2013, mai 9). SlideShare. <https://fr.slideshare.net/slideshow/les-equipements-publiques/20853881>
- Lin, X., & Chen, C.-Y. (2024). Research on the Performance, Measurement, and Influencing Factors of the Acoustic Environment in Hospital Buildings. *Applied Sciences*, 14(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/app14167219>
- Lin, Y.-T., Chen, T.-W., Chang, Y.-C., Chen, M.-L., & Hwang, B.-F. (2020). Relationship between time-varying exposure to occupational noise and incident hypertension: A prospective cohort study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 226, 113487. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113487>
- Liste des wilayas d'Algérie par superficie. (2023). In *Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_des_wilayas_d%27Alg%C3%A9rie_par_superficie&oldid=210970693
- Lo Castro, F., Iarossi, S., Brambilla, G., Mariconte, R., Diano, M., Bruzzaniti, V., Strigari, L., Raffaele, G., & Giliberti, C. (2022). Surveys on Noise in Some Hospital Wards and Self-Reported Reactions from Staff: A Case Study. *Buildings*, 12(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/buildings12122077>
- L'O. M. S. Bureau régional de l'Europe. (1986). *Promotion de la santé: Charte d'Ottawa* (WHO/EURO:1986-4044-43803-61666). Article WHO/EURO:1986-4044-43803-61666. <https://iris.who.int/handle/10665/349653>
- L'O.M.S. (1948). *Débats et actes finaux de la Conférence internationale de la Santé tenue à New-York du 19 juin au 22 juillet 1946*. Nations Unies, Organisation mondiale de la Santé, Commission intérimaire. <https://iris.who.int/handle/10665/88278>
- L'O.M.S. (1952). *Comité d'experts de l'administration de la santé publique* (Rapport technique 55). Organisation Mondiale de la santé. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41749/WHO_TRS_55_fre.pdf?utm_source=chatgpt.com

Références bibliographiques

- Long, M. (2005). *Architectural Acoustics*. Elsevier.
- Lorente, A., & Martín-Gómez, C. (2017, décembre 13). *Evolución funcional y tipológica de los hospitales desde la medicina racional griega hasta la ruptura tecnológica del siglo XX. El hospital como reflejo de las influencias médicas, sociales y tecnológicas de su tiempo*. SciSpace - Paper. <https://typeset.io/papers/evolucion-funcional-y-tipologica-de-los-hospitales-desde-la-3vaknu7ddd>
- Loupa, G., Katikaridis, A., Karali, D., & Rapsomanikis, S. (2019). Mapping the noise in a Greek general hospital. *The Science of the Total Environment*, 646, 923-929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.315>
- Machimbarrena, M., Rasmussen, B., & Fausti, P. (2014). Evolución del marco normativo internacional en acústica de la edificación : Congreso Iberoamericano de Acústica. *FIA2014 IX Congreso Iberoamericano de Acústica, Valdivia, Chile 1-3, Diciembre*, 51-70.
- Machimbarrena, M., Rasmussen, B., & Monteiro, C. (2019). *Regulatory sound insulation requirements in South America – Status for housing, schools, hospitals and office buildings*. InterNoise2019, Madrid. <https://www.semanticscholar.org/paper/Regulatory-sound-insulation-requirements-in-South-%E2%80%93-Machimbarrena-Rasmussen/9eb857dff4592fb15998739a64c46ea505826cce>
- Mahdjoub-Assaad, S. (2018). *Les nuisances liées au trafic routier (bruit, pollution de l'air et insécurité) : De la gêne à la perception du risque sanitaire sous l'angle des inégalités sociales* [These de doctorat, Lyon]. <https://theses.fr/2018LYSE1252>
- Malichenko, V. (2022). The role of the World Health Organization in the global health governance. *Международное право и международные организации / International Law and International Organizations*, 46-55. <https://doi.org/10.7256/2454-0633.2022.1.38082>
- Martellotta, F., Benferhat, M. L., Rubino, C., Bouttout, A., & Debache, S. (2025). Geometrical acoustic modelling of occupied acoustic conditions in mosques : Application to a case study. *Applied Acoustics*, 228, 110323.

Références bibliographiques

- Mays, G. P., Scutchfield, F. D., Bhandari, M. W., & Smith, S. A. (2010). Understanding the Organization of Public Health Delivery Systems : An Empirical Typology. *The Milbank Quarterly*, 88(1), 81-111. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2010.00590.x>
- Medah, Y., & Derifi, N. (2016). *Les types d'établissements publics en Algérie* [Master]. Université Mouhamed Boudiaf Messila.
- Merlin, P., & Choay, F. (2009). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement* (3e édition). Presses Universitaires de France - PUF.
- Merlin, P., & Choay, F. (2015). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement* (4e édition). Presses Universitaires de France - PUF.
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Ministère de la Transition énergétique, & Secrétariat d'État chargé de la Mer. (2023). *LES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS NATIONAUX*. Ministères Françaises. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/recueil_etablissements_publics_2023.pdf
- Montagu, D., Raman, A. V., & Sarker, M. (2022). Harnessing the Contribution of the Private Health Care Sector toward Public Health Goals. In A. Mataria, K. D. Rouleau, M. Iqbal, & S. Siddiqi (Éds.), *Making Health Systems Work in Low and Middle Income Countries : Textbook for Public Health Practitioners* (p. 421-434). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009211086.028>
- Montes-González, D., Barrigón-Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Vélchez-Gómez, R., Rey-Gozalo, G., Atanasio-Moraga, P., & Méndez-Sierra, J. A. (2019). Environmental Noise around Hospital Areas : A Case Study. *Environments*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/environments6040041>
- Morikawa, M. (1998). The changing role of civilian surgeons in conflicts : A meta-analysis of epidemiological data. *Medicine, Conflict and Survival*, 14(3), 237-242. <https://doi.org/10.1080/13623699808409395>
- Moscatelli, M. (2022). FLEXIBILITY IN PRIMARY HEALTH CARE DESIGN IN MARGINAL AREAS. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 9(1). [https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9\(1\).AAE-21](https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9(1).AAE-21)

Références bibliographiques

- Mousavi, S. A., & Sohrabi, P. (2018). A comprehensive evaluation of the level of noise pollution in hospitals of kermanshah university of medical sciences. *Global Nest Journal*, 20, 363-367.
- Muhamad, J., Ismail, A. A., Shahbudin, M., Arman, M., & Sulong, Z. (2024). DESIGNING A PUBLIC HOSPITAL IN MALAYSIA : A COMPREHENSIVE APPROACH IN ENHANCING HEALTHCARE FROM THE ARCHITECTURAL PERSPECTIVE. *PLANNING MALAYSIA*, 22. <https://doi.org/10.21837/pm.v22i31.1482>
- Münzel, T., Sørensen, M., Schmidt, F., Schmidt, E., Steven, S., Kröller-Schön, S., & Daiber, A. (2018). The Adverse Effects of Environmental Noise Exposure on Oxidative Stress and Cardiovascular Risk. *Antioxidants & Redox Signaling*, 28(9), 873-908. <https://doi.org/10.1089/ars.2017.7118>
- Myhre, S., Habtemariam, M. K., Heymann, D. L., Ottersen, T., Stoltenberg, C., Ventura, D. de F. L., Vikum, E. F., & Bergh, A. (2022). Bridging global health actors and agendas : The role of national public health institutes. *Journal of Public Health Policy*, 43(2), 251-265. <https://doi.org/10.1057/s41271-022-00342-0>
- Nassur, A. M. (2018). *Effets de l'exposition au bruit des avions sur la qualité du sommeil des riverains des aéroports français* [These de doctorat, Lyon]. <https://theses.fr/2018LYSE1295>
- *NBR 10152:1997—Níveis de ruído para conforto acústico*. (1997). ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. <https://querosossego.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/abnt-nbr-10152.pdf>
- *NBR 10152:2017—Níveis de ruído para conforto acústico*. (2017). ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. <http://www2.uesb.br/biblioteca/wp-content/uploads/2022/03/ABNT-NBR10152-AC%C3%9ASTICA-N%C3%8DVEIS-DE-PRESS%C3%83O-SONORA-EM-AMBIENTES-INTERNOS-E-EDIFICA%C3%87%C3%95ES.pdf>
- Neitzel, R., Daniell, W., Sheppard, L., Davies, H., & Seixas, N. (2009). Comparison of Perceived and Quantitative Measures of Occupational Noise Exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*, 53(1), 41-54. <https://doi.org/10.1093/annhyg/men071>

Références bibliographiques

- Neufert, E. (2021). *Les éléments des projets de construction—11e édition* (11e édition). Dunod.
- Okokon, E. O., Taimisto, P., Turunen, A. W., Amoda, O. A., Fasasi, A. E., Adeyemi, L. G., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Particulate air pollution and noise : Assessing commuter exposure in Africa's most populous city. *Journal of Transport & Health*, 9, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.04.003>
- Oliveira, L., Gomes, C., Bacelar Nicolau, L., Ferreira, L., & Ferreira, R. (2015). Environment in pediatric wards : Light, sound, and temperature. *Sleep Medicine*, 16(9), 1041-1048. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.03.015>
- *One health*. (s. d.). Consulté 28 décembre 2024, à l'adresse <https://www.who.int/health-topics/one-health>
- *ONS : Office National des Statistiques*. (s. d.). Consulté 8 février 2025, à l'adresse <https://www.ons.dz/>
- OULD-KADA, M. (2010). *Recueil des textes reglementaire relative à la santé*.
- OULD-KADA, M. (2023). *Organisation Sanitaire des Etablissements de Santé en Algérie*. Éditions universitaires européennes.
- *Page d'accueil de Ramsete*. (s. d.). Consulté 18 mars 2025, à l'adresse <https://www.ramsete.com/>
- Paiva, K. M., Cardoso, M. R. A., & Zannin, P. H. T. (2019). Exposure to road traffic noise : Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. *The Science of the Total Environment*, 650(Pt 1), 978-986. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.041>
- Pereira, D. E., & Campbell, L. (2024). Chapter 103—Public health institutions and systems. In A. E. M. Eltorai, J. A. Bakal, J. M. Haglin, J. A. Abboud, & J. J. Crisco (Éds.), *Translational Orthopedics* (p. 495-497). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85663-8.00016-7>
- Pirsahab, M., Yarmohammadi, H., Dabirian, M., & Sohrabi, Y. (2016). A study of public and local noise level in wards of a state hospital in Kermanshah. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(5), 1069-1073. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2016.1069.1073>

Références bibliographiques

- *PLAN D'ACTION DU GOUVERNEMENT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DU PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE.* (2020). REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE. http://www.majliselouma.dz/images/pdf/nossousse/Texte_janv20/Plan_act_gov_fr.pdf
- *PLAN D'ACTION DU GOUVERNEMENT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME DU PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE.* (2021). République Algérienne Démocratique et Populaire Services du Premier Ministre. <https://amb-algerie.fr/wp-content/uploads/2022/04/Pland-action-du-gouvernement-pour-la-mise-en-oeuvre-du-programme-du-president-de-la-republique-2021-fr.pdf>
- *PLAN DE RELANCE ÉCONOMIQUE.* (2020). République Algérienne Démocratique et Populaire Services du Premier Ministre. <https://www.energymagazinedz.com/wp-content/uploads/2021/12/Plan-de-relance-economique-2020-2024-fr.pdf>
- Quezel, P., & Gast, M. (1997). Euphorbes. *Encyclopédie berbère*, 18, Article 18. <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.2010>
- Ramadhan, S. H., & Talal, S. K. (2015). Noise pollution in wards and other areas in general hospital at Zakho city-Kurdistan region/Iraq. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*.
- Rapin, J.-M. (2017). *L'acoustique du bâtiment (Manuel professionnel d'entretien et de réhabilitation)* (1ère édition). Eyrolles. <https://www.eyrolles.com/BTP/Livre/l-acoustique-du-batiment-9782212673715/>
- *RAPPORT DE LA COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT EUROPÉEN sur l'exercice du pouvoir d'adopter des actes délégués conféré à la Commission en vertu de la directive 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement* (COM(2023) 709 final). (2023). PARLEMENT EUROPÉEN. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7786-2023-INIT/fr/pdf>
- Rasmussen, B. (2010). Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*, 71(4), 373-385. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.08.011>
- Rasmussen, B. (2012). Sound classification of dwellings: EURONOISE 2012. *Proceedings of EURONOISE 2012*, 1178-1183.

Références bibliographiques

- Rasmussen, B. (2018). Acoustic classification of buildings in Europe – Main characteristics of national schemes for housing, schools, hospitals and office buildings. *Conference Proceedings*.
- Rasmussen, B., Carrascal Garcia, T., & Secchi, S. (2021). Acoustic regulations for hospital bedrooms—Comparison between selected countries in Europe. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 263(4), 2793-2800. <https://doi.org/10.3397/IN-2021-2230>
- Rasmussen, B., Carrascal, T., & Secchi, S. (2023). A Comparative Study of Acoustic Regulations for Hospital Bedrooms in Selected Countries in Europe. *Buildings*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/buildings13030578>
- Rasmussen, B., & Machimbarrena, M. (Éds.). (2014). Action COST TU0901 – Acoustique des bâtiments en Europe. Volume 1 : Vers un cadre commun pour l’acoustique des bâtiments en Europe. *Action COST TU0901 – Acoustique des bâtiments en Europe. Volume 1 : Vers un cadre commun pour l’acoustique des bâtiments en Europe*.
- Rasmussen, B., Machimbarrena, M., Smith, S., Garretsen, E., Dunbavin, P., Simmons, C., Rychtarikova, M., Horvat, M., Herbert, M., Antonio, J., Carrascal, T., Fausti, P., Beentjes, W., Clarke, E., Steel, C., Ingelaere, B., Monteiro, C., Santoni, A., & Secchi, S. (2014). *Building acoustics throughout Europe Volume 1 : Towards a common framework in building acoustics throughout Europe*.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, Pub. L. No. Real Decreto 1367/2007, BOE-A-2007-18397 42952 (2007). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/19/1367>
- *Règlement de construction*. (2018). Danemark. <https://www.bygningsreglementet.dk/tekniske-bestemmelser/17/vejledninger/hospitaler-laegehuse-og-klinikker/>
- *Réglementations Acoustiques des Bâtiments*. (2017). CNB.
- Retief, F., & Cilliers, L. (2010). The evolution of hospitals from antiquity to the Renaissance. *Acta Theologica*, 26. <https://doi.org/10.4314/actat.v26i2.52575>

Références bibliographiques

- Richardson, H. (Éd.). (1999). *English Hospitals, 1660-1948 : A Survey of Their Architecture and Design* (First Edition). Royal Commission on Historical Monuments.
- Rosenfeld, E. L., Binder, S., Brush, C. A., Whitney, E. A. S., Jarvis, D., Seib, K., Verani, A. R., Flores, M. A., & Menon, A. N. (2020). National Public Health Institute Legal Framework : A Tool to Build Public Health Capacity. *Health Security*, 18(S1), S43-S52. <https://doi.org/10.1089/hs.2019.0093>
- Santé. (2024). In Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sant%C3%A9&oldid=221401865>
- Santos, V. C. dos, Siqueira, R. M., & Godinho-Filho, M. (2024). Enhancing healthcare operations : A systematic literature review on approaches for hospital facility layout planning. *Journal of Health Organization and Management*, 39(1), 22-45. <https://doi.org/10.1108/JHOM-12-2023-0358>
- *Schéma National d'Aménagement du Territoire SNAT 2025*. (2025). Ministère de l'Amenagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme. https://gisnt.org/pdf/SNAT_versionNov08.pdf
- Schriver-Mazzuoli, L. (2009). *La pollution de l'air intérieur : Sources. Effets sanitaires. Ventilation*. Dunod.
- SECCHI, S., DE SALVIO, D., AMODEO, V., D'ORAZIO, D., & GARAI, M. (2024). Noise within hospital wards : A survey method. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 270(7), 4933-4942. https://doi.org/10.3397/IN_2024_3524
- Secchi, S., Setola, N., Marzi, L., & Amodeo, V. (2022). Analysis of the Acoustic Comfort in Hospital : The Case of Maternity Rooms. *Buildings*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/buildings12081117>
- Seijas, V., Kiekens, C., & Gimigliano, F. (2023). Advancing the World Health Assembly's landmark Resolution on Strengthening Rehabilitation in Health Systems : Unlocking the Future of Rehabilitation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 59(4), 447-451. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.23.08160-1>

Références bibliographiques

- Seve, J.-C., & Söderlind, J. (2006). *CONFORT ACOUSTIQUE DU BÂTIMENT*. CNDB, NTC. <https://cndb.org/site/wp-content/uploads/2018/10/les-essentielles-du-bois-N2-confort-acoustique-du-batiment-CNDB-2006.pdf>
- SHAILJA SONI, A., & PRANJAL, J. (2024). *Exploring the Therapeutic Potential of Acoustic Interventions in Healing Environments*. 08(04). <https://doi.org/10.55041/IJSREM30024>
- Shephard, R. J. (2014). *An Illustrated History of Health and Fitness, from Pre-History to our Post-Modern World* (2015th edition). Springer.
- Sherwood, L., & Ectors, F. (2015). *Physiologie humaine* (3e édition). DE BOECK SUP.
- Shiers, N., Shield, B., & Glanville, R. (2015). FACTORS AFFECTING NOISE LEVELS IN HOSPITAL INPATIENT WARDS. *ACOUSTICS 2015*. ACOUSTICS 2015, Harrogate. <https://doi.org/10.25144/16102>
- Sieber, C., Ragetti, M. S., Brink, M., Olaniyan, T., Baatjies, R., Saucy, A., Vienneau, D., Probst-Hensch, N., Dalvie, M. A., & Rösli, M. (2018). Comparison of sensitivity and annoyance to road traffic and community noise between a South African and a Swiss population sample. *Environmental Pollution*, 241, 1056-1062. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.007>
- Sivan, M., & Negrini, S. (2024). An expanded workforce is needed to strengthen rehabilitation in health systems. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 384, q60. <https://doi.org/10.1136/bmj.q60>
- solange, buset. (2017). *Architecture hospitalière* [Master, ULB La Cambre/ Horta]. https://issuu.com/solangebuset/docs/me__moire_final_pdf_
- Sørensen, M., Ketzel, M., Overvad, K., Tjønneland, A., & Raaschou-Nielsen, O. (2014). Exposure to road traffic and railway noise and postmenopausal breast cancer : A cohort study. *International Journal of Cancer*, 134(11), 2691-2698. <https://doi.org/10.1002/ijc.28592>
- Swamy, N., Hart, J., Lindly, O., Wave, T., Monroe, J., Mattison, S., Thomas, C., Pérez, D., Wehr, K., Schubert, K., Russo, P., Cofsky, A., Henry, B., Kramer, A., Marx, J., McGowan, A., Paloma, M., Scutchfield, F., Coil, L., & Timsina, L. (2012). A National

Références bibliographiques

- Research Agenda for Public Health Services and Systems. *American Journal of Preventive Medicine*, 42, S72-S78. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.01.026>
- Sweitzer, G. E. (2022). Integrated healthcare acoustics for patients, patient advocates, and staff in environments of care. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 151(4_Supplement), A71. <https://doi.org/10.1121/10.0010690>
 - Terris, M. (1992). *The Crisis of public health : Reflections for the debate* (Pan American Health Organization, Éd.). Pan American Health Organization.
 - Thomas, A., Bergmark, K., & Janssen, M. (2009). ROOM ACOUSTIC COMFORT™ IN HEALTHCARE PREMISES. *8th European Conference on Noise Control 2009. Euronoise 2009*, Edinburgh, UK. <https://doi.org/10.25144/17289>
 - Tronchin, L., Merli, F., & Dolci, M. (2020). Acoustic Reconstruction of Eszterháza Opera House Following New Archival Research. *Applied Sciences*, 10, 8817. <https://doi.org/10.3390/app10248817>
 - Trutyak, I., Los, D., Medzyn, V., Trunkvalter, V., & Zukovsky, V. (2022). TREATMENT OF COMBAT SURGICAL TRAUMA OF THE LIMBS IN THE CONDITIONS OF MODERN WAR. *Proceeding of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences*, 69(2), Article 2. <https://doi.org/10.25040/ntsh2022.02.16>
 - Turshen, M. (1989). *The Politics of Public Health* (None edition). Rutgers University Press.
 - Twahir, M. (2017). *Determinants of Patients' Choice of Healthcare Facilities in the Private Sector in Kenya : Optimizing Hospital Strategic Positioning*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Determinants-of-Patients%E2%80%99-Choice-of-Healthcare-in-Twahir/5ae4e77eec380400c8c8d2dffdd4df97c8f47b8c>
 - Valentinuzzi, M. E., & Leder, R. (2009). The modern hospital in historical context. *2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1089-1091. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5332558>
 - Van Rompaey, B., Elseviers, M. M., Van Drom, W., Fromont, V., & Jorens, P. G. (2012). The effect of earplugs during the night on the onset of delirium and sleep perception : A randomized controlled trial in intensive care patients. *Critical Care (London, England)*, 16(3), R73. <https://doi.org/10.1186/cc11330>

Références bibliographiques

- van Wijngaarden, J. D. H., Braam, A., Buljac-Samardžić, M., & Hilders, C. G. J. M. (2023). Towards Process-Oriented Hospital Structures; Drivers behind the Development of Hospital Designs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031993>
- Venkatraman, A., & Lahariya, C. (2024). Governance Framework and Public–Private Partnership for Universal Health Coverage : Findings from India’s Federal Health Structure. *Journal of Medical Evidence*, 5(3), 205. https://doi.org/10.4103/JME.JME_66_23
- Vines, D. (2021). Towards resilient health systems : New institutions, an invigorated civil society, and global cooperation. *INET Oxford Working Papers*, Article 2021-15. <https://ideas.repec.org/p/amz/wpaper/2021-15.html>
- Vonderheid, S., & al-Gasseer, N. (2002). World Health Organization and Global Health Policy. *Journal of nursing scholarship : an official publication of Sigma Theta Tau International Honor Society of Nursing / Sigma Theta Tau*, 34, 109-110. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2002.00109.x>
- Vyaznikov, V. E. (2019). *Reorganization of Healthcare Facilities and its Economic and Medical Feasibility*. 764-767. <https://doi.org/10.2991/hssnpp-19.2019.146>
- Wallis, R., Harris, E., Lee, H., Davies, W., & Astin, F. (2019). Environmental noise levels in hospital settings : A rapid review of measurement techniques and implementation in hospital settings. *Noise & Health*, 21(102), 200-216. https://doi.org/10.4103/nah.NAH_19_18
- Waye, K. P., & Ryherd, E. (2013). Achieving a healthy sound environment in hospitals : 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013: Noise Control for Quality of Life, INTER-NOISE 2013. *42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013*, 38-45.
- Winslow, C.-E. A. (1920). THE UNTILLED FIELDS OF PUBLIC HEALTH. *Science (New York, N.Y.)*, 51(1306), 23-33. <https://doi.org/10.1126/science.51.1306.23>
- Winslow, C.-E. A. (1923). *The evolution and significance of the modern public health campaign*. Yale University Press. <https://catalog.hathitrust.org/Record/001558776>

Références bibliographiques

- [www.coursgeniecivil.com](https://fr.scribd.com/document/474802015/acoustique-cours-procedes-generaux-de-construction-pdf). (s. d.). *Cours sur les procédés généraux de construction acoustique*. Consulté 30 septembre 2024, à l'adresse <https://fr.scribd.com/document/474802015/acoustique-cours-procedes-generaux-de-construction-pdf>
- Zamanian, M., Karimmian, Z., Zamanian, M., & Karimmian, Z. (1^{apr. J.-C.}, janvier 1). *A Systematic Approach towards the Typology of Functions of National Health System : Provision of Functional Model of National Health System* (a-systematic-approach-towards-the-typology-of-functions-of-national-health-system) [Chapter]. <https://Services.Igi-Global.Com/Resolvedoi/Resolve.aspx?Doi=10.4018/978-1-5225-1674-3.Ch057>; IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1674-3.ch057>
- Zannin, P. H. T., & Ferraz, F. (2016). Assessment of Indoor and Outdoor Noise Pollution at a University Hospital Based on Acoustic Measurements and Noise Mapping. *Open Journal of Acoustics*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.4236/oja.2016.64006>
- Ziani, A. (2022). *Cours d'acoustique architecturale*. Département d'architecture, Faculté de Technologie, Université TAHRI Mohamed Béchar. <https://www.univ-bechar.dz/site/wp-content/uploads/2022/03/COURS-DACOUSTIQUE-ARCHITECTURALE.pdf>
- Zuber, A., Pearson, J., Sebeh, Y., Jarvis, D., & Bratton, S. (2023). Essential public health functions are not enough : Fostering linkages between functions through National Public Health Institutes improves public health impact. *BMJ Global Health*, 8(6). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2023-011728>
- Булах, И. В. (2019). Общие особенности архитектурного проектирования зданий медицинского назначения. *НАУКА и ТЕХНИКА*, 18(4), Article 4. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-4-311-318>
- Кобушко, Я. В., Летуновська, Н. Є., & Христій, В. Ю. (2022). BASIC DETERMINANTS OF EFFECTIVE HEALTH INSTITUTIONS MANAGEMENT AS AN ELEMENT OF SOCIAL AND MEDICAL PROVISION IN A REGION. *Управління змінами та інновації*, 33-38. <https://doi.org/10.32782/CMI/2022-3-6>

Références bibliographiques

- Радченко, В. (2022). ІСТОРИЧНІ ПОПЕРЕДНИКИ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, 64, Article 64. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.64.284-294>
- Рыбников, В. Ю., Леонтьев, О. В., & Нестеренко, Н. В. (2022). Виды, условия и формы медицинской помощи: Нормативно-правовая основа, структурно-функциональный анализ. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*, 0(1), Article 1. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2022-0-1-52-61>
- شنطاوي, ع. خ. (1990). *نظرية المؤسسات العامة وتطبيقاتها في المملكة الأردنية الهاشمية* (ط. 1). دار الفكر،

Annexes

Annexe 1

1. Typologies des équipements publics

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des typologies d'équipement selon divers critères ; Source : (Définition - Équipement | Insee, s. d.; Fiore, 2002; Merlin & Choay, 2009, 2015; Neufert, 2021)

Critères	Typologies	Descriptions
Nature d'activité	Équipements éducatifs	Structures pour l'enseignement et la formation (écoles, collèges, lycées, universités).
	Équipements de santé	Infrastructures pour les soins médicaux et la prise en charge sanitaire (hôpitaux, cliniques).
	Équipements culturels	Lieux de promotion de la culture et du savoir (musées, bibliothèques, théâtres, centres culturels).
	Équipements sportifs et récréatifs	Espaces pour le sport et les loisirs (salles de sport, stades, parcs).
	Équipements administratifs	Services de gestion publique et administrative (mairies, tribunaux, bureaux de poste).
	Équipements de sécurité	Infrastructures pour la sécurité publique (casernes de pompiers, commissariats, centres d'urgence).
Affectations	à usage exclusif	Équipements dédiés exclusivement à une activité spécifique (écoles, hôpitaux).
	partagés	Équipements utilisés conjointement par plusieurs services, souvent dans les zones moins peuplées (centre sportif et culturel)
	polyvalents	Équipements pouvant accueillir diverses activités selon les besoins de la collectivité (salles polyvalentes).
Accessibilité	accès libre	Équipements accessibles librement à tous sans restrictions (parcs publics, bibliothèques).
	accès contrôlé	Accès régulé selon les usagers, avec des conditions spécifiques (ex. : écoles pour les élèves, hôpitaux pour les patients).
	accès restreint	Réservé à un public spécifique ou soumis à des autorisations (centres de recherche, installations militaires).
Echelle d'activité	Équipements de proximité	Destinés aux besoins quotidiens de la population locale, souvent à l'échelle du quartier ou de la commune (écoles primaires, crèches, centres de soins)..
	Équipements régionaux	Servent une population régionale ou départementale (hôpitaux régionaux, théâtres régionaux).
	Équipements nationaux	Desservent l'ensemble du territoire national (musées nationaux, grands hôpitaux universitaires).

2. Classification des ERPs

2.1. Classification des ERPs par capacité d'accueil

Tableau 2 : Catégories des ERPs suivant la capacité d'accueil en France ; Source : (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024)

Groupes	Catégories	Capacité d'accueil
1	1	Plus de 1500 personnes
	2	de 701 à 1 500 personnes
	3	de 301 à 700 personnes
	4	300 personnes et au-dessous, à l'exception des établissements compris dans la 5e catégorie
2	5	Inférieur aux seuils fixés pour la 5 ^{ème} catégorie, voir le tableau 4 dans l'annexe 1.

2.2. Classification des ERPs selon la nature d'exploitation

Tableau 3 : Classification des ERPs en fonction de la nature d'exploitation en France ; Source : (Code de la construction et de l'habitation de la France, 2024; <https://bpifrance-creation.fr/>, 2024)

Type	Nature d'exploitation
J	Structures d'accueil pour personnes âgées ou personnes handicapées
L	Salles d'audition, de conférence, de réunions, de spectacles ou à usages multiples
M	Magasins de vente, centres commerciaux
N	Restaurants et débits de boissons
O	Hôtels et pensions de famille
P	Salles de danse et salles de jeux
R	Établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement
S	Bibliothèques et centres de documentation
T	Salles d'expositions
U	Établissements de soins
V	Établissements de culte
W	Administrations, banques, bureaux
X	Établissements sportifs couverts
Y	Musées

2.3. Seuils de la capacité d'accueil des ERPs de la 5^{ème} catégorie (tableau 4)

Annexes

Tableau 4 : Seuils spécifiques de la capacité d'accueil des ERPs de la 5^{ème} catégorie en fonction de l'activités ; Source : (<https://bpi-france-creation.fr/>, 2024)

Type	Nature d'exploitation	Limites de la capacité d'accueil de la 5 ^{ème} catégories		
		En sous-sol	En étage	Ensemble des niveaux
J	Structure d'accueil pour personnes âgées	/	/	Effectif total de moins de 100 avec moins de 25 personnes âgées résidentes
J	Structure d'accueil personnes handicapées	/	/	Effectif total de moins de 100 avec moins de 20 personnes handicapées résidentes
L	Salle d'audition, de conférence, de réunion, de pari, salle réservée aux associations, salle de quartier, salle multimédia, salle polyvalente, salle polyvalente à dominante sportive dont la superficie unitaire est supérieure ou égale à plus de 1 200 m ² ou dont la hauteur sous plafond est inférieure à 6,50 m	100	/	200
L	Salle de spectacles, de projections (y compris les cirques non forains), cabarets	20	/	50
M	Magasins de vente	100	100	200
N	Restaurants ou débits de boisson	100	200	200
O	Hôtels ou pensions de famille	/	/	100
P	Salles de danse ou salles de jeux	20	100	120
R	Écoles maternelles, crèches, halte-garderie, jardins d'enfants	Activité interdite	20 (en cas l'établissement n'a qu'un seul niveau situé en étage)	100
R	Maison d'assistantes maternelles			16
R	Autres établissements d'enseignement	100	100	200
R	Établissements avec locaux réservés au sommeil	/	/	30
S	Bibliothèques ou centres de documentation	100	100	200
T	Salles d'expositions	100	100	200
U	Établissements de soins	/	/	- Sans hébergement : 100 - Avec hébergement : 20
V	Établissements de culte	100	200	300
W	Administrations, banques, bureaux	100	100	200
X	Établissements sportifs couverts	100	100	200
Y	Musées	100	100	200
OA	Hôtels-restaurants d'altitude			20
GA	Gares aériennes			200
PA	Établissements de plein air			300
CTS	Chapiteaux et tentes			50

2. La santé

La notion de santé a évolué au fil du temps, reflétant des visions diverses en fonction des contextes scientifiques, sociaux et philosophiques. Les définitions proposées par différents auteurs et organismes illustrent cette évolution, mettant en lumière les multiples dimensions de la santé. Ce tableau présente une synthèse des principales définitions, allant de perspectives biomédicales centrées sur l'absence de maladie à des approches holistiques intégrant le bien-être, l'adaptation, et l'interaction entre l'individu et son environnement. Ces contributions offrent une vision enrichie et multidimensionnelle de la santé, essentielle pour comprendre les enjeux contemporains de son optimisation et de sa promotion.

Tableau 5 : Évolution et perspectives des définitions de la santé ; Source : (L'O.M.S., 1948) ; (L'O. M. S. Bureau régional de l'Europe, 1986) ; (Herzlich, 1973; Houtaud & Field, 1989; Blaxter, 1990) ; (Terris, 1992) ; (Basset, 1999) ; (« Santé », 2024) ; (Dubos, s. d.) ; (Larousse, s. d.) ; (World Health Organization (WHO), s. d.)

La Santé	
Références	Définitions
René Leriche 1936	« la santé c'est la vie dans le silence des organes » (« Santé », 2024)
L'O.M.S. 1946	En 1964, L'OMS a défini la santé comme « un état complet de bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (L'O.M.S., 1948).
René Dubos 1973	« Un état physique et mental relativement exempt de gêne ou de souffrance qui permet à l'individu de fonctionner aussi efficacement et aussi longtemps que possible dans le milieu où le hasard ou le choix l'ont placé » (Dubos, s. d.)
L'O.M.S. 1986	« La santé est... l'aptitude d'identifier et de réaliser ses aspirations, satisfaire à ses besoins et modifier ou faire face à son environnement. La santé est donc une ressource de la vie quotidienne et non pas un objectif de vie. La santé est un concept positif mettant l'accent sur les ressources sociales et personnelles ainsi que sur les capacités physiques ». (L'O. M. S. Bureau régional de l'Europe, 1986)
Définition spontanée auprès du publics 1973-1990	« C'est l'absence de maladie, santé physique et mentale, fonctionnalité, adaptation psychologique et physique aux conditions environnantes ou à la maladie et potentiel de réalisation ». (Herzlich, 1973; Houtaud & Field, 1989; Blaxter, 1990)
Terris Milton 1992	« La santé est, d'une part, un état de bien- être physique, mental et social et, d'autre part, la capacité de se réaliser et non simplement l'absence d'inconfort ou d'infirmité ». (Terris, 1992)
Larousse	« État de bon fonctionnement de l'organisme (Larousse, s. d.) »
Bernard Basset 1999	En plus à la définition adopté par l'OMS, la santé, « l'un des droits fondamentaux de tout être humain, quelles que soient sa race, sa religion, ses opinions politiques, sa condition économique ou sociale » (World Health Organization (WHO), s. d.), « elle implique aussi la satisfaction de tous les besoins fondamentaux de la personne, qu'ils soient affectifs, sanitaires, nutritionnels, sociaux ou culturels » (Basset, 1999).
Hervé Anctil 2012	« La santé résulte d'une interaction constante entre l'individu et son milieu. Elle n'est plus considérée uniquement comme l'absence de maladie, mais comme une ressource de la vie quotidienne. Précisément, la santé est définie comme la capacité physique, psychique et sociale des personnes d'agir dans leur milieu et d'accomplir les rôles qu'elles entendent assumer d'une manière acceptable pour elles-mêmes et pour les groupes dont elles font partie » (Anctil, 2012).
Synthèse	La santé est un état globale de bien-être physique, mental et social, marqué par l'équilibre, l'adaptation et l'absence de maladie.

3. La santé publique

La santé publique a évolué au fil du temps, passant de la prévention des maladies à une vision plus globale incluant le bien-être des populations et leurs interactions avec l'environnement. Ce tableau présente les principales étapes de cette évolution.

Tableau 6 : Complexité, la diversité et évolution de la définition de la santé publique ; Source : (Winslow, 1923, 1923) ; (L'O.M.S., 1952) ; (Institute of Medicine (US) Committee for the Study of the Future of Public Health, 1988) ; (Turshen, 1989) ; (L'O.M.S., 1994) ; (Frenk, 1993) ; (Beauchamp & Steinbock, 1999) ; (Cosmacini, 2005; Shephard, 2014; Berridge, 2016; Cosmacini, 2016; One health, s. d.)

La santé publique	
Références	Définitions
Winslow Charles-Edward Amory 1920/1923	« La santé publique est la science et l'art de prévenir les maladies, de prolonger la vie et de promouvoir la santé physique et l'efficacité, par le biais d'efforts collectifs organisés, et visant la salubrité de l'environnement, le contrôle des infections communautaires, l'éducation des individus à l'hygiène personnelle, l'organisation des services médicaux et infirmiers pour le diagnostic précoce et la prévention de la maladie et le développement de l'infrastructure social qui assurera à chaque individu de la communauté un standard de vie adéquat pour se maintenir en santé » (Winslow, 1923, 1923).
L'O.M.S. 1952	« la santé publique est la science et l'art de prévenir les maladies, de prolonger la vie et d'améliorer la santé et la vitalité mentales et physiques des individus par le moyen d'une action collective concertée visant à assainir le mieux, à lutter contre les maladies qui présentent une importance sociale, à enseigner à l'individu les règles de l'hygiène personnelle, à organiser des services médicaux et infirmiers en vue de diagnostic précoce et du traitement préventif des maladies, ainsi qu'à mettre en œuvre des mesures sociales propres à assurer à chaque membre de la collectivité un niveau de vie compatible avec le maintien de la santé, l'objet final étant de permettre à chaque individu de jouir de son droit inné à la santé et à la longévité » (L'O.M.S., 1952)
Les professionnels 1988	« Quand je pense à la santé publique, je pense intervention précoce, prévention... ». « La santé publique, c'est la vaccination, la santé dans les écoles, le contrôle des maladies contagieuses... ». « C'est tout ce qui affecte la santé de la communauté sur une base collective... ». « La santé publique, c'est tout ce qui est en dehors de la pratique médicale individuelle... ». (Institute of Medicine (US) Committee for the Study of the Future of Public Health, 1988)
Turshen Meredith 1989	« Le terme de santé publique est communément utilisé avec deux sens: celui d'établir une distinction entre des services publics et privés et celui de distinguer le particulier (ou individuel) du général (ou collectif) » (Turshen, 1989).
L'O.M.S. 1992	« efforts systématiques faits pour identifier les besoins de santé et pour organiser l'ensemble des services » (L'O.M.S., 1994)
Frenk Julio 1993	« Le terme de santé publique évoque également, dans le langage courant, les notions d'action gouvernementale, de services collectifs (par exemple, l'assainissement), de services personnels destinés à des groupes vulnérables, et la notion de problème de santé publique réfère à des maladies fréquentes ou dangereuses. En fait, le terme public ne désigne pas un groupe spécifique de services, une forme de propriété, un type de problème, mais plutôt un niveau spécifique de référence et d'analyse: celui de la population. » (Frenk, 1993)
Beauchamp & Steinbock 1999	« Tout en santé publique commence avec la perspective populationnelle et avec l'effort de mesurer et d'améliorer l'état de santé des populations » (Beauchamp & Steinbock, 1999)
Cosmacini & Shephard & Berridge & O.M.S	Émergence du concept "One Health" ou "Une seule santé", reconnaissant l'interconnexion entre la santé humaine, animale et environnementale, et promouvant une approche intégrée pour faire

4. Rôle des établissements public

Tableau 7 : Rôles et initiatives des Établissements Publics de Santé (Swamy et al., 2012; Brusaferrero & Tricarico, 2017; Javed & Chattu, 2020; Kokudo & Sugiyama, 2020; Jit et al., 2021; Desta et al., 2022; Lee et al., 2022; Abiétar et al., 2022; Stephenson, 2022; Myhre et al., 2022; Humenyuk, 2023; Tzagkarakis et al., 2023; Zhang et al., 2023; Zuber et al., 2023; Bauernfeind et al., 2024; Karo, 2024; Kuznetsova, 2020; Ndejjo et al., 2024; Rajab et al., 2024; Vasconcelos et al., 2024; Barros et al., 2024)

Echelle	Rôles et responsabilités des EPS	Initiatives et applications concrètes
International	Collaboration avec des organisations internationales (OMS) pour partager des informations et coordonner les réponses aux crises sanitaires.	Coordination des efforts de vaccination pendant la COVID-19.
	Harmonisation des efforts face aux menaces sanitaires mondiales (pandémies).	Surveillance de la propagation des virus et fourniture de soins aux patients infectés.
	Contribution à l'élaboration de normes et de protocoles internationaux en matière de santé publique.	Élaboration de lignes directrices par l'OMS pour améliorer les systèmes de santé.
	Contribution internationale à la recherche scientifique et la formation médicale ainsi qu'à la promotion et au développement de la santé .	L'enrichissement et alimentation de la base de données sanitaire
National	Coordination des efforts de santé publique au sein d'un pays, assurant un leadership centralisé pour harmoniser les politiques de santé et répondre aux besoins sanitaires de la population	Coordination et collaboration hiérarchique allant de l'échelle rurales et sectoriel et passant par l'échelle régional jusqu'au échelle national.
	Surveillance épidémiologique et gestion des crises sanitaires	Collecter des statistiques probantes sur la propagation des maladies et la situation sanitaire pour déterminer la stratégie adéquate au pays pour réduire l'impact des pandémies notamment des confinement temporel et spécial.
	Garantir l'accès aux soins pour tous, notamment les populations vulnérables grâce au financement public.	A travers des politiques de santé basé sur la gratuité et la subvention des services médicaux ainsi que des initiatives comme les Vaccinations gratuites et les cliniques mobiles en zones rurales.
	Formation continue des professionnels de santé et participation à la recherche médicale pour améliorer les compétences et encourager l'innovation dans le domaine médical.	A travers une connexion et une collaboration avec les instituts nationaux de santé comme « Centers for Disease Control and Prevention CDC » aux États-Unis et l'Institut National de Santé Publique en France. Ainsi qu'à travers des conduites d'études sur l'efficacité des traitements et le développement de nouvelles stratégies de prévention.

5. Evolution de l'architecture hospitalière

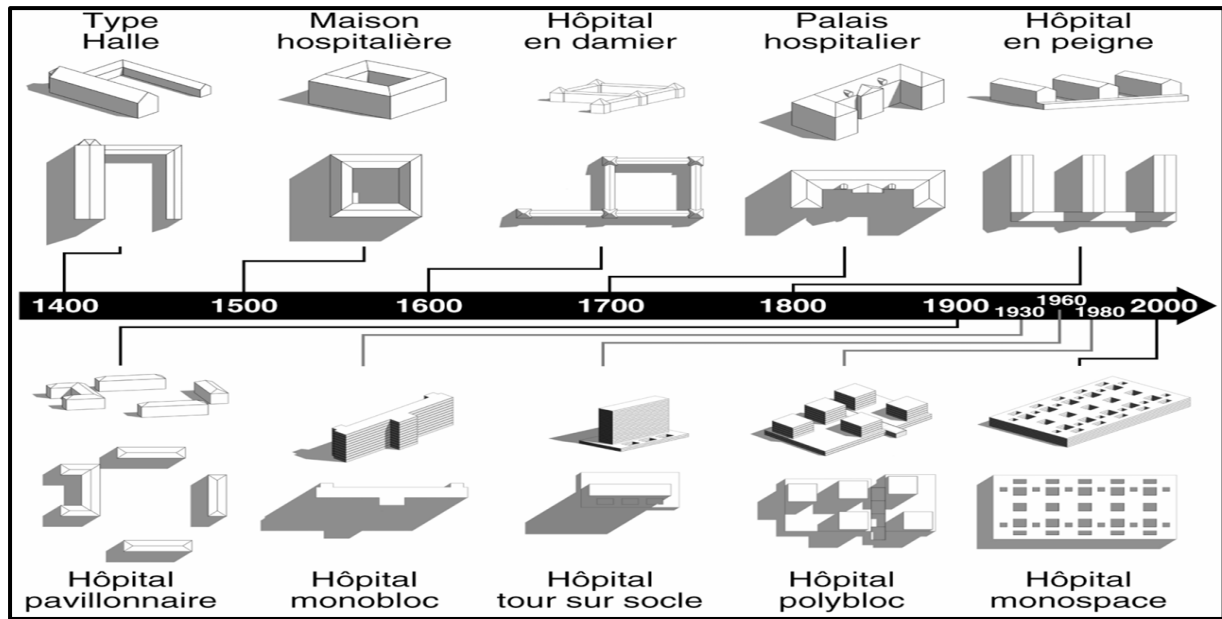


Figure 1 : évolution de l'architecture hospitalière ; Source : (LABADIE, 2015)

6. Le futur hôpital : Évolution de L'hôpital ZNA Stuivenberg

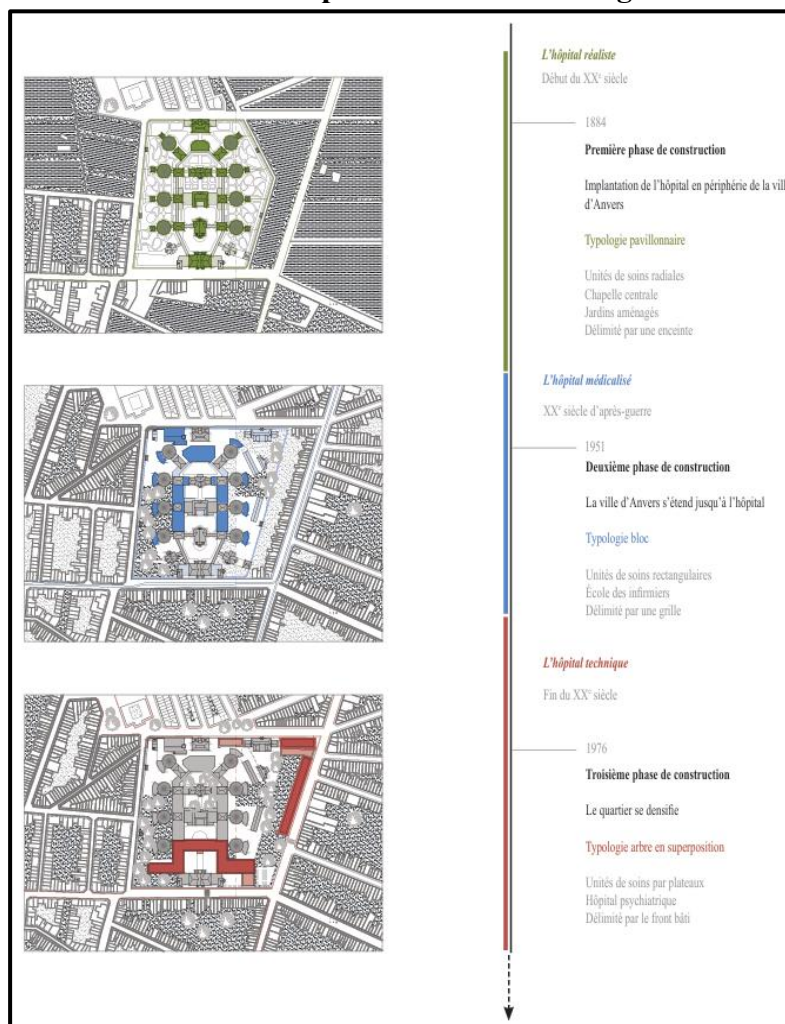


Figure 2 : Évolution de L'hôpital ZNA Stuivenberg ; Source : Diercxsens, 2022

7. Typologies des hôpitaux

7.1. Selon le statut

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des typologies des hôpitaux selon le statu ; Source : (Morikawa, 1998; Childress, 2013; Dahlke et al., 2014; Haque, 2018; Barkley et al., 2020; Du et al., 2024; Kapologwe et al., 2020; Hu et al., 2024)

Critères	Hôpitaux civils	Hôpitaux militaires
Organisation	Gérés par des institutions publiques, privées.	Autonomes, souvent intégrés aux structures militaires.
Population cible	Tous les citoyens	Militaires actifs, retraités et leurs familles (en paix), blessés militaires (en guerre).
Mission principale	Fournir un accès universel aux soins médicaux.	Répondre aux besoins médicaux des forces armées et soutenir les opérations militaires.
Services spécialisés	Médecine générale, soins spécialisés, maternité, urgences, chirurgie.	Traumatologie, médecine de guerre, réhabilitation, médecine d'urgence militaire.
Implantation	Proximité des populations pour maximiser l'accessibilité (urbain/rural).	Zones sécurisées et stratégiques proches des bases militaires ou des zones d'opérations.
Flexibilité	Moins adaptée aux situations de crise majeure.	Mobilité accrue grâce aux hôpitaux de campagne et aux unités médicales mobiles.

7.2. Selon le secteur

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des typologies des hôpitaux selon le secteur ; Source : (Morikawa, 1998; Banerjee, 2013; Kavčič & Pahor, 2013; Dahlke et al., 2014; Twahir, 2017; Kruse et al., 2018; Kaabi et al., 2022; Montagu et al., 2022; Trutyak et al., 2022; Skoroplit et al., 2022; Bricknell, 2023; Guller & Varol, 2023; Kellermann et al., 2023; Nikoomanesh et al., 2023; Baazeem et al., 2024)

Critères	Hôpitaux publics	Hôpitaux privés
Normes de conception	Soumis à des standards étatiques anciens et économiques, peu adaptés aux tendances modernes.	Basés sur des normes internationales (HQE, LEED), mettant en avant la qualité et l'innovation.
Coût et qualité	Projets orientés vers le "moins-disant", avec des compromis sur le confort et l'esthétique.	Investissements élevés pour garantir confort, réputation et attractivité.
Espaces intérieurs	Simple, fonctionnels, avec une décoration limitée.	Luxueux, soignés, et conçus pour offrir une expérience patient optimale.
Esthétique extérieure	Design fonctionnel et simpliste, souvent déconnecté du contexte urbain et des tendances actuelles.	Design marquant et attractif, souvent utilisé comme outil de communication et de différenciation.
Réhabilitation	Interventions fréquentes pour corriger des défauts post-occupationnels.	Réhabilitations rapides et flexibles grâce à des financements privés, sans considération de coût.
Implantation	Localisation stratégique pour maximiser l'accessibilité et la connexion aux réseaux de transport.	Emplacements axés sur la visibilité et l'apparence, souvent dans des banlieues ou zones périphériques.
Recherche scientifique	Sujet fréquent d'études pour optimiser qualité, coûts et adaptabilité aux tendances.	Sujet rarement étudié car les solutions innovantes sont rapidement mises en œuvre grâce à leurs moyens.

7.3. Selon l’ancienneté

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des typologies des hôpitaux selon le secteur ; Source : (Valentinuzzi & Leder, 2009; Astley et al., 2015; Kristianova, 2017; Lorente & Martín-Gómez, 2017; Wallis et al., 2019; Радченко, 2022; Garg, 2024)

Critères	Hôpitaux anciens	Hôpitaux nouveaux
	Seconde moitié du 19 ^e siècle à la première moitié du 20 ^e siècle.	À partir de la seconde moitié du 20 ^e siècle.
Contexte historique	Réponse aux crises sanitaires et militaires, influencée par les guerres mondiales et l’urbanisation croissante.	Reflète les avancées technologiques et médicales dans un contexte de paix et de développement durable.
Organisation spatiale	Rigide, rendant les adaptations futures complexes et coûteuses.	Flexible, permettant des réaménagements et des intégrations technologiques.
Décoration intérieure	Riche en détails décoratifs (corniches, chapiteaux, ornements).	Minimaliste, parfois perçue comme déshumanisée, mais avec une tendance à intégrer des éléments modernes et fonctionnels.
Qualité environnementale	Isolation thermique et acoustique passive grâce à des murs épais.	Souvent critiquée pour son manque de durabilité et sa dépendance aux systèmes énergivores.
Structure	Portiques sans acier, vulnérables aux séismes et aux charges modernes.	Structures en acier et béton armé, conformes aux normes antisismiques, permettant de grandes portées et des bâtiments en élévation.
Esthétique extérieure	Style classique ou néoclassique, riche en ornementation, intégration au contexte urbain de l’époque.	Formes fonctionnelles, souvent simples, mais évoluant vers des enveloppes modernes et esthétiques (murs-rideaux, façades en double peau).
Réhabilitation	Fréquente, coûteuse et techniquement complexe.	Moins fréquente grâce à des conceptions flexibles avec des coûts d’entretien réduits.

7.4. Selon la fonction

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des typologies des hôpitaux selon la fonction ; Source : (Zamanian et al., 1apr. J.-C.; Mays et al., 2010; Hutt et al., 2010; Ferreira et al., 2018; Булах, 2019; Рыбников et al., 2022; Moscatelli, 2022; van Wijngaarden et al., 2023; Bezymyanny et al., 2024; Borsato & Carvalho, 2021)

Critères	Taille	Échelle d’activité	Fonction principale	Organisation spatiale
Salles des soins	Petite	Locale	Soins primaires	Simple et fonctionnelle
Polycliniques	Moyenne	Sectorielle	Soins polyvalents	Fonctionnelle avec spécialités
Hôpitaux spécialisés	Moyenne à grande	Régionale ou nationale	Soins spécifiques	Spécialisée et technologique
Hôpitaux généraux	Grande	Régionale	Soins polyvalents	Modulable et polyvalente
Hôpitaux universitaires	Très grande	Nationale ou internationale	Soins, recherche, enseignement	Complexe et intégrée

8. L'architecture et la promotion de la santé : rôles et enjeux

8.1. Rôle central dans la conception

8.1.1. L'architecte comme médiateur

L'architecte occupe une position stratégique dans la conception des hôpitaux, servant de lien entre les exigences techniques imposées par les normes sanitaires et les besoins humains en termes de confort et de bien-être. Ce rôle implique une compréhension profonde des attentes des différents usagers, allant des patients au personnel soignant (Aziz, 2023; Quesada-García et al., 2023; Muhamad et al., 2024).

8.1.2. Collaboration avec des experts multidisciplinaires

Pour répondre aux exigences complexes de la conception hospitalière, l'architecte collabore avec des professionnels issus de divers domaines notamment en médecins, psychologues, ingénieurs, designers d'intérieur ...etc. Cette synergie garantit que les solutions architecturales répondent à la fois aux besoins médicaux et humains (Aziz, 2023; Quesada-García et al., 2023; Muhamad et al., 2024).

8.1.3. Traduction des besoins en solutions spatiales

Les architectes transforment les besoins médicaux et les attentes des usagers en espaces fonctionnels et adaptés, voir la figure 3. Cela comprend la planification de chambres, de zones de soins, et d'espaces communs qui favorisent une expérience positive et une efficacité accrue (Aziz, 2023; Quesada-García et al., 2023; Gola & Capolongo, 2023; Garg, 2024; Muhamad et al., 2024).

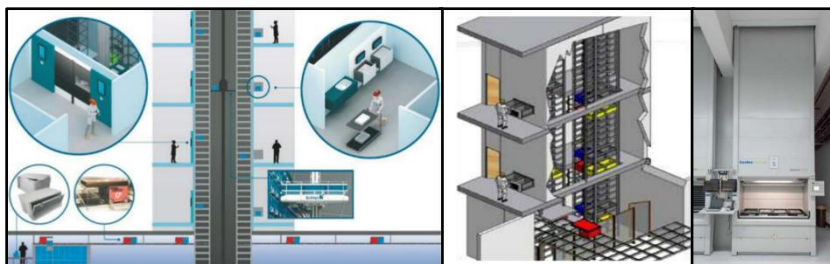


Figure 3 : Technique de stockage automatisé et multi-étages ; Source : <https://www.iledefrance.ars.sante.fr/>

8.2. Relation entre espace et santé

8.2.1. L'impact de l'environnement physique sur la santé des patients

L'architecture hospitalière joue un rôle important dans le bien-être des patients et du personnel soignant. Les études montrent que des éléments comme la lumière naturelle, la ventilation et

l'acoustique influencent significativement la santé mentale et physique. Par exemple, un accès à la lumière naturelle peut réguler le rythme circadien, améliorer l'humeur et réduire les durées d'hospitalisation. Une bonne ventilation contribue à limiter la propagation des agents pathogènes et à améliorer la qualité de l'air, ce qui est essentiel dans les espaces fermés tels que les chambres d'hôpitaux (Ammar & A, 2024; Crnic et al., 2024).

8.2.2. Les effets d'un espace bien conçu sur tous les usagers

Un espace hospitalier bien conçu peut réduire le stress, accélérer la guérison et améliorer la qualité de vie. La conception ergonomique des espaces permet de répondre aux besoins physiologiques et psychologiques des patients, voir la figure 4, créant ainsi un environnement convenable à la récupération. Pour le personnel soignant, des espaces optimisés réduisent la fatigue et augmentent l'efficacité, améliorant ainsi la qualité des soins fournis (Ammar & A, 2024; Crnic et al., 2024).



Figure 4 : Prévior des unités d'accueils préopératoires pour préparer l'état morale du patient avant l'intervention adoptée au CHU Amiens-Picardie ; Source : <https://www.chu-amiens.fr/>

8.3. Principes d'aménagement hospitalier

8.3.1. Circulation fluide et séparation des flux

La circulation fluide est essentielle pour garantir une gestion efficace des hôpitaux. Cela inclut la séparation des flux de patients, de personnel et de visiteurs afin de réduire les risques de contamination croisée et d'améliorer l'efficacité logistique. Ceci est à travers des solutions comme la prévision des centres de commande, voir la figure 5, des couloirs différenciés pour les patients ambulants et les patients en soins critiques permettent d'éviter des interactions inutiles (Nazarian et al., 2011; Arcidiacono et al., 2017; Радченко, 2022; Agrawal, 2024).



Figure 5 : Photos exemplaires des Centre de commande et de contrôle dans les hôpitaux ; Source : <https://www.iledefrance.ars.sante.fr/>

8.3.2. Accessibilité universelle

Un hôpital doit être conçu pour accueillir toutes les personnes, y compris celles à mobilité réduite, voir la figure 6. Cela implique des rampes d'accès, des ascenseurs adaptés, des toilettes accessibles et des parcours sans obstacles (Nazarian et al., 2011; Радченко, 2022).

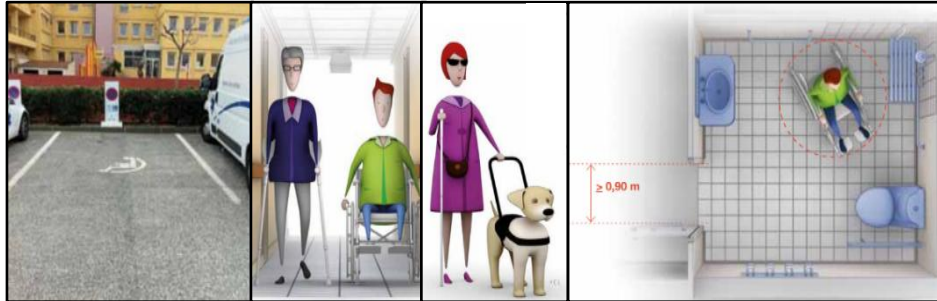


Figure 6 : Photos qui rappellent à la prise considération des besoins spécifique des personnes à mobilité réduite lors de la conception des hôpitaux ; Source : <https://www.aphp.fr/>

8.3.3. Modularité et flexibilité

La capacité d'un hôpital à s'adapter aux évolutions technologiques et aux crises sanitaires est cruciale. Par exemple, la pandémie de COVID-19 a montré l'importance de concevoir des espaces modulables, capables de se transformer rapidement en unités de soins intensifs ou en zones de confinement (Reiling, 2006; Радченко, 2022; Kucan et al., 2022, 2024).

8.3.4. Intégration de technologies modernes

Les innovations technologiques jouent un rôle important dans la conception hospitalière. L'architecte conçoit des espaces prévus pour accueillir des systèmes de domotique, voir la figure 7, des technologies avancées de ventilation et des outils de gestion automatisée des flux pour améliorer l'efficacité des soins (Reiling, 2006; Agrawal, 2024).



Figure 7 : Salles d'opération hybride qui sert à des interventions chirurgicales multiples à travers une architecture et des technologies intégrés ; Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki>

8.4. L'humanisation des espaces hospitaliers

8.4.1. Espaces verts et jardins thérapeutiques

Intégrer des espaces verts dans les hôpitaux contribue à réduire l'anxiété des patients et à améliorer leur bien-être. Des jardins thérapeutiques offrent des zones de détente et de ressourcement, à la fois pour les patients et le personnel (Eufrazio, 2022; Lestari & Favurita, 2024; Pimentel et al., 2024; Sabila et al., 2024).

8.4.2. Ambiances accueillantes

L'utilisation de couleurs apaisantes, de matériaux chaleureux et d'éclairages adaptés contribue à humaniser les espaces hospitaliers. Ces éléments favorisent un sentiment de sécurité et de confort (Eufrazio, 2022; Lestari & Favurita, 2024; Pimentel et al., 2024; Sabila et al., 2024; Al Khatib et al., 2024).

8.5. Réduction des nuisances environnementales

8.5.1. Conception acoustique

Le bruit est une source majeure de stress dans les hôpitaux. Une bonne conception acoustique réduit les nuisances sonores en isolant les espaces sensibles comme les chambres des patients à travers des techniques et des matériaux absorbants (N. J. Shiers et al., 2011; Farrehi et al., 2016; Thomas et al., 2023; Fangel Skov et al., 2023; Rodríguez-Montaña et al., 2024; del Rosario-Gilabert et al., 2024).

8.5.2. Lutte contre les infections nosocomiales

La configuration des espaces et le choix des matériaux jouent un rôle crucial dans la prévention des infections nosocomiales. Des revêtements faciles à nettoyer et des plans favorisant l'hygiène sont essentiels (Lateef, 2009; Park et al., 2011).

8.6. Architecture durable et résiliente

8.6.1. Intégration de pratiques écologiques

Les hôpitaux modernes intègrent des techniques durables comme d'adoption des systèmes de réduction de la consommation d'énergie ainsi de gestion des déchets, voir la figure 8. Ces initiatives réduisent l'impact environnemental tout en diminuant les coûts d'exploitation (Apriyanti et al., 2025).



Figure 8 : Equipement de gestion, de tri et de stérilisation des déchets médicaux adopté à l'hôpital Whipps Cross à Leytonstone ; Source : <https://www.bertin-medical-waste.fr/>

8.6.2. Résilience face aux catastrophes

Une architecture résiliente permet aux hôpitaux de faire face aux catastrophes naturelles comme les séismes et les inondations et ainsi aux pandémies. Cela inclut des structures renforcées, des systèmes d'alimentation en énergie d'urgence et des plans d'évacuation efficaces (Kumara, 2024)

9. Politique d'hiérarchisation institutionnelles en Algérie

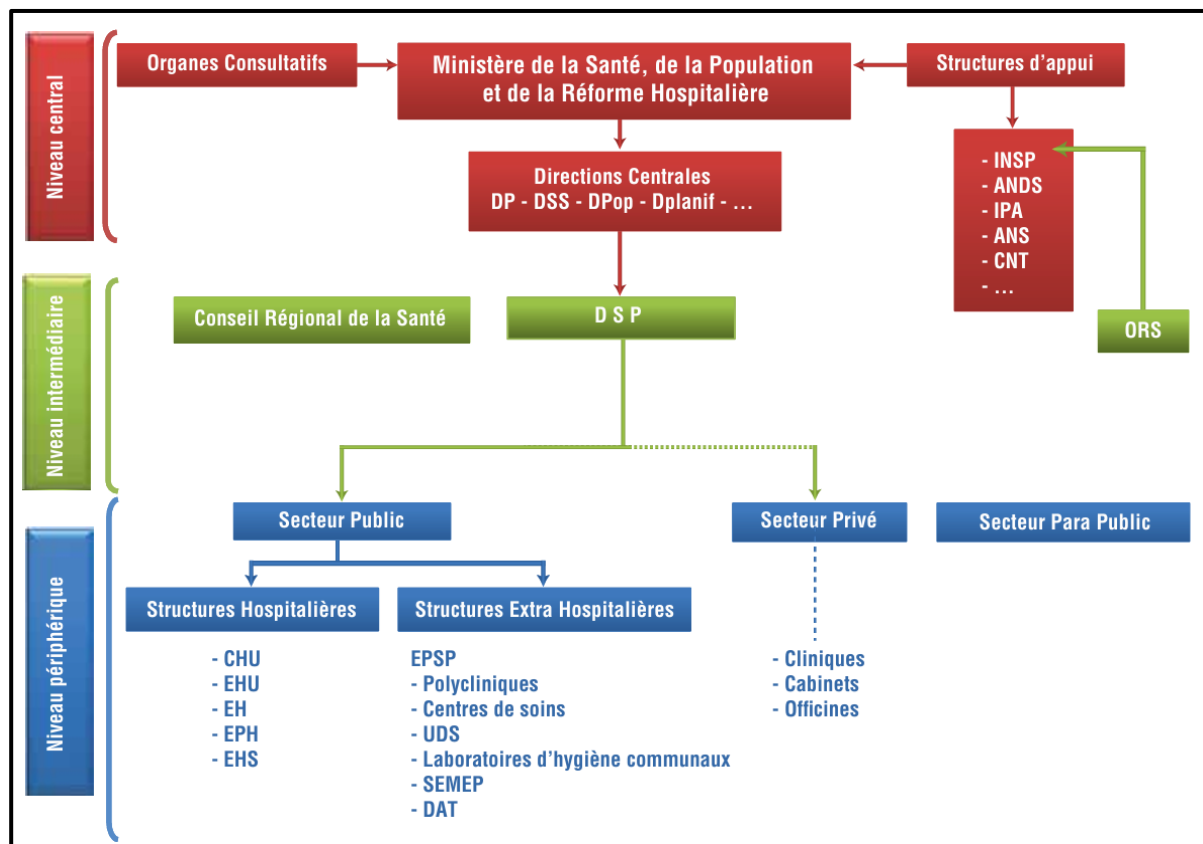


Figure 9 : Organisations du système de la santé en Algérie ; Source : Institut National de Santé Publique, 2011

Annexe 2

1. Recommandations du Royaume-Uni concernant le bruit dans les hôpitaux

Tableau 12 : Recommandations du Royaume-Uni concernant le bruit dans les hôpitaux ; Source : (Health Technical Memorandum 08-01: Acoustics, 2013)

Types d'espaces	Exemples	Niveaux sonores admissibles (dB)
Chambre à un seul lit	Chambre simple, zones de récupération à un lit, chambre de garde, séjour des proches	40 $L_{Aeq,1h}$ Jour 35 $L_{Aeq,1h}$ Nuit 45 L_{Amax} Nuit
Chambre à plusieurs lits	Chambres à plusieurs lits, zones de récupération	45 $L_{Aeq,1h}$ Jour 35 $L_{Aeq,1h}$ Nuit 45 L_{Amax} Nuit
Petits espaces de bureaux	Bureaux privés, petites salles de traitement, salles d'interview, salles de consultation	40 $L_{Aeq,1h}$
Espaces cliniques ouverts	Urgences	45 $L_{Aeq,1h}$
Espaces de circulation	Couloirs, halls d'hôpital, atriums	55 $L_{Aeq,1h}$
Espaces publics	Salles à manger, salles d'attente, salles de jeux	55 $L_{Aeq,1h}$
Hygiène personnelle (salle privée)	Toilettes, salles de bain	45 $L_{Aeq,1h}$
Hygiène personnelle (public et personnel)	Toilettes, douches	55 $L_{Aeq,1h}$
Petites zones de préparation alimentaire	Kitchenette	50 $L_{Aeq,1h}$
Grandes zones de préparation alimentaire	Cuisines principale	55 $L_{Aeq,1h}$
Grandes salles de réunion (>35 m²)	Amphithéâtres, salles de réunion, salles de conseil, salles de séminaire, salles de classe	35 $L_{Aeq,1h}$
Petites salles de réunion (<35 m²)	Salles de réunion, salles de séminaire, salles de classe	40 $L_{Aeq,1h}$
Blocs opératoires	Blocs opératoires	40 $L_{Aeq,1h}$ 50 $L_{Amax, f}$
Laboratoires	Laboratoires	45 $L_{Aeq,1h}$

2. L'acoustique dans les hôpitaux : Sujet d'intérêt multidisciplinaire et de pointe

Tableau 13 : la répartition des domaines d'études des auteurs qui ont publié les 33 articles examinés par da Lima Andrade en 2021; Source : (de Lima Andrade et al., 2021)

Domaines d'études des auteurs	Nombres d'articles
Architecture	5
Ingénierie	4
Santé et environnement	2
Médecine	2
Modélisation des systèmes environnementaux	2
Infirmierie	2
Pédiatrie	2
Pollution de l'air	1
Physique appliquée	1
Sciences appliquées	1
Troubles de la communication	1
Acoustique environnementale	1
Santé environnementale	1
Sciences et technologies de l'environnement	1
Durabilité environnementale	1
Sciences cliniques expérimentales	1
Sciences de la santé	1
Santé du travail et de l'environnementale	1
Météorologie physique	1
Santé publique	1
Protection et écologie	1

3. La carte du bruit

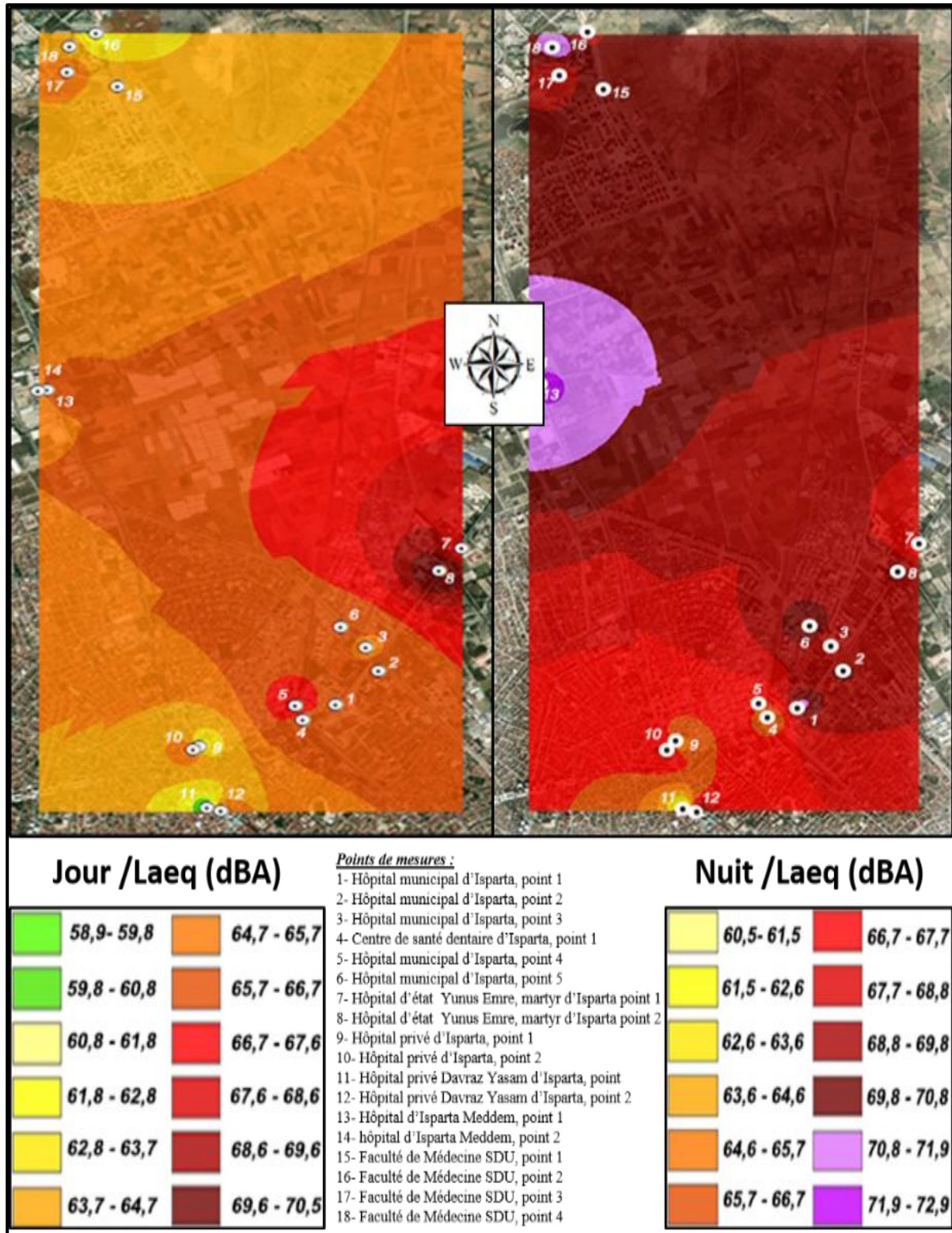


Figure 10 : Exemple d'une carte acoustique établie par Coskun et al., en 2022 ; Source : (Coskun et al., 2022)

4. la pollution sonore dans les zones résidentielles en Algérie

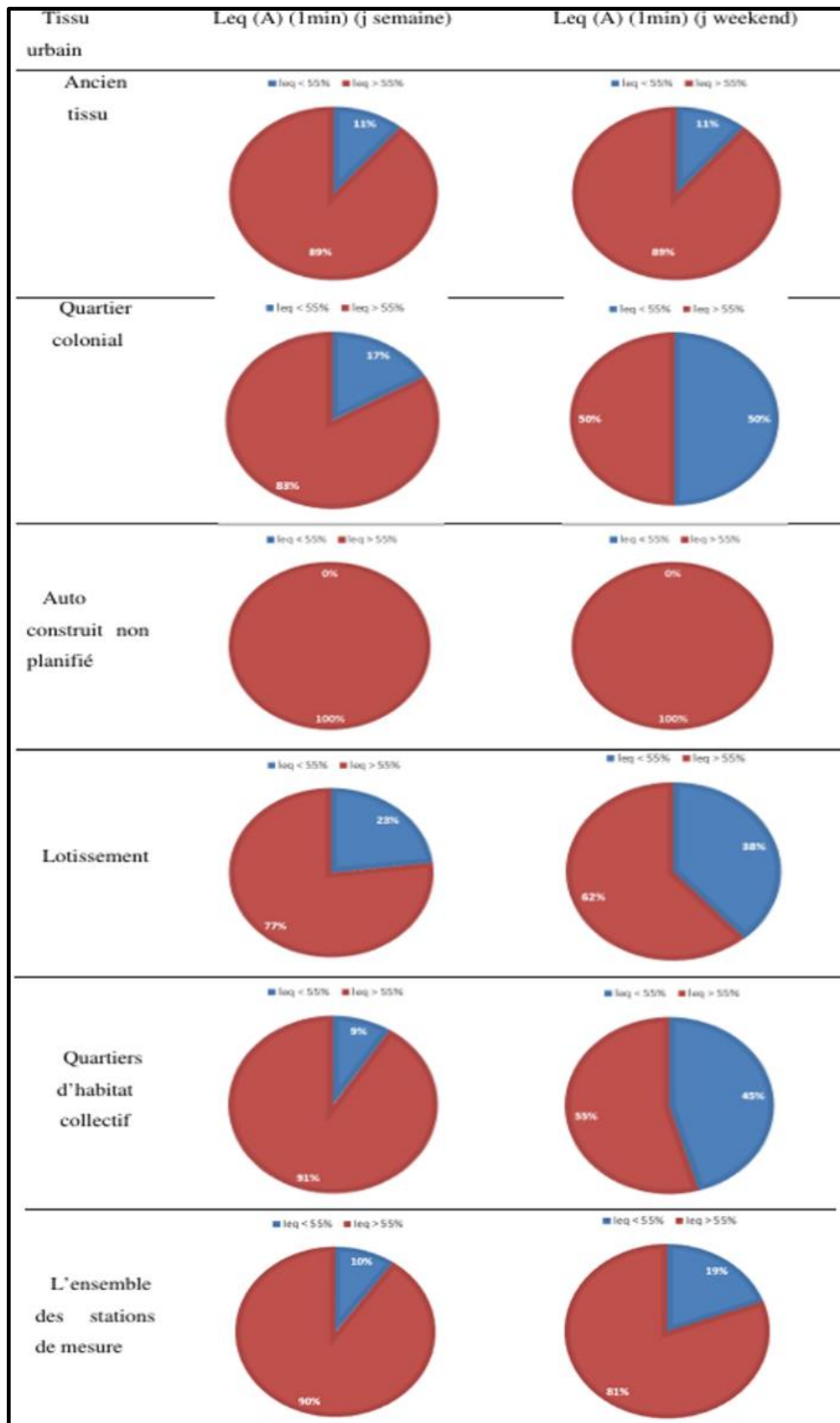


Figure 11 : Le taux de pollution sonore selon les recommandations internationales en fonction des typologies d'habitat à Bikra en Algérie ; (Bouzir, 2018)

Annexe 3

➤ Les EHP existants en algérie

Tableau 14 : l'infrastructure algérienne des EHPs selon les derniers statistiques du 2017 ; Source : (ONS : Office National des Statistiques, s. d.)

EHP	Nombre de lits
Ophtalmologie Bechar	44
Ophtalmologie Djelfa	120
Ain Azel	154
REZAK BOUHARA Skikda	273
DIDOUCHE MOURAD Constantine	200
Ophtalmologie Ouargla	44
Ain Turck MADJBEUR TAMI	216
Ophtalmologie El oued	34
Ain Témouchent	234
TOTAL	1 319