



Thème :

Exploration immersive de l'impact acoustique et du confort sonore sur l'expérience des usagers dans les espaces de lecture publique

Cas (Bibliothèque Principale De Béjaïa)

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture

« Spécialité : Architecture »

**« Coloration : « Architecture Environnement et
Technologie »**

Préparé par :

DEHOUCHE Hana

Dr.Soukane Samira	MAA	Département architecture de Bejaia	Président de jury
Dr. Saraoui Selma	MCA	Département architecture de Bejaia	Rapporteur
Dr.Messaoudi Sofiane	MAA	Département architecture de Bejaia	Examinateur

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 ()*
Fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : Dehouche

Prénom : Hana

Matricule : 202033000910

Spécialité et/ou Option : Architecture, Urbanisme Et Métiers De La Ville

Département : D'Architecture

Faculté : De Technologie

Année universitaire : 2024/2025

Et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : Mémoire

Intitulé : Exploration immersive de l'impact acoustique et du confort sonore sur l'expérience des usagers dans les espaces de lecture publique Cas (Bibliothèque Principale De Béjaïa)

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, Et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
10/07/2025

Signature de l'intéressé
(*) *Lu et approuvé*

Jusqu'au bout des rêves...

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, fruit de longues années d'efforts, de patience et de persévérance :

À mes parents, pour leur amour infini, leur patience et leur présence à chaque étape de mon parcours.

À ma chère sœur **Malia**, pour sa tendresse et sa lumière au quotidien.

À toute ma famille, en particulier mes tantes **Berkaoum** et **Aziza**, dont le soutien discret et les prières m'ont profondément portée.

À mon encadrante, pour sa bienveillance et sa confiance.

À mes amies **Lilia Guenaoui** et **Hanane**, pour leur fidélité, leur écoute et leur force.

À tous mes camarades de la promotion **2025**, avec qui j'ai partagé des moments inoubliables, des défis communs, des rires, du stress, et surtout une belle aventure humaine.

Enfin, à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ce chapitre de ma vie :

cette dédicace vous est aussi destinée.

Remerciement

Il y a des chemins qu'on ne traverse jamais seul.
Ce mémoire est le reflet de tant de voix, de gestes, de présences. Il porte en lui des silences pleins de sens, des épaules sur lesquelles je me suis appuyée, souvent sans le dire.

Ma première pensée va à Allah, source de toute chose. Merci pour la lumière discrète dans les jours d'incertitude, pour la force déposée au fond de moi quand j'avais envie de renoncer, et pour cette paix intérieure qui m'a guidée au-delà des mots.

Mes sincères remerciements vont à Mme ATTAR Selma, mon encadrante, pour son accompagnement bienveillant, ses conseils éclairés et son soutien constant.

Aux membres du jury, merci pour le temps accordé à ce travail, et pour votre regard critique et bienveillant.

À mes enseignants et à tout le département d'architecture de Béjaïa, merci pour chaque mot partagé, chaque exigence, chaque remarque. Vous avez éveillé en moi le goût de chercher, de comprendre et de créer.

Je remercie profondément Madame la Secrétaire et la Technicienne, pour leur gentillesse, leur disponibilité sans faille, et leur présence discrète mais précieuse. Vous avez adouci bien des journées compliquées.

Un grand merci à Madame Medhmadje, pour son aide précieuse au sein de la direction de la culture, sa disponibilité et sa générosité.

À mes camarades, compagnons de galères, de rires, de nuits blanches et d'idées folles : merci pour les sourires, les mots simples, les regards qui se comprennent sans parler. Ce parcours, on l'a construit ensemble.

À ma famille, ma fondation solide dans les jours de tempête. À mes parents, merci pour la foi, les silences rassurants et les sacrifices invisibles mais réels. À ma sœur, mes tantes, mes proches : votre présence m'a portée plus que vous ne l'imaginez.

Et à mes grands-parents, qui ne sont plus là mais vivent dans chacun de mes pas. Ce travail est un hommage à leur amour, à ce qu'ils m'ont transmis.

Ce travail, c'est une trace, un souvenir.

Un petit hommage à tout ce que j'ai reçu en marchant aux côtés des autres.

Merci, pour tout ce qui ne s'oubliera jamais.

À toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont croisé ma route durant ce voyage : merci

Résumé

Dans les espaces de lecture, la qualité de l'environnement sonore est un facteur déterminant du confort et de l'expérience des usagers. Un cadre acoustique mal maîtrisé peut nuire à la concentration, tandis qu'un confort sonore adapté favorise la sérénité, la productivité et le bien-être. Ce mémoire, intitulé « *Exploration immersive de l'impact acoustique et du confort sonore sur l'expérience des usagers dans les espaces de lecture publique* », s'inscrit dans cette problématique en prenant comme cas d'étude la Bibliothèque Principale de Béjaïa.

La démarche adoptée repose sur une analyse croisée entre observations in situ, relevés acoustiques, enquête par questionnaire auprès des usagers, et simulation numérique via le logiciel Ecotect. Cette approche a permis d'évaluer la perception réelle du confort sonore et d'identifier les points de dysfonctionnement.

L'objectif est de mieux comprendre comment l'environnement acoustique agit sur l'expérience des usagers, de repérer les points faibles dans l'aménagement sonore, et de proposer des pistes d'amélioration. À travers cette étude, ce travail cherche à contribuer à la conception d'espaces de lecture plus confortables et adaptés aux besoins des usagers.

Mots clés

Confort acoustique, bruit, expérience des usagers, espaces de lecture, bibliothèque publique.

Abstract

In Reading spaces, the quality of the sound environment is a key factor in user comfort and overall experience. Poorly managed acoustics can hinder concentration, while a well-balanced sound environment promotes calmness, productivity, and well-being. This thesis, entitled "*Immersive Exploration of Acoustic Impact and Sound Comfort on User Experience in Public Reading Spaces*", addresses this issue using the Main Library of Béjaïa as a case study.

The methodology adopted is based on a cross-analysis of on-site observations, acoustic measurements, a user questionnaire survey, and digital simulation using Ecotect software. This approach made it possible to assess users' real perception of acoustic comfort and to identify areas of dysfunction.

The objective is to better understand how the acoustic environment affects user experience, to pinpoint weaknesses in the current acoustic setup, and to propose possible improvements. Through this study, the aim is to contribute to the design of more comfortable and user-oriented reading spaces.

Keywords

Acoustic comfort, noise, users experience, reading spaces, , public library

ملخص

تُعد جودة البيئة الصوتية في فضاءات القراءة من العوامل الأساسية التي تؤثر تأثيراً مباشراً على راحة المستخدمين وتجربتهم داخل المكتبات. فحين لا يُراعى الجانب الصوتي في التصميم، قد يؤدي ذلك إلى تشتت الانتباه وضعف التركيز، بينما تساهم بيئه صوتية مريحة في خلق جو من الطمأنينة، وتعزز من إنتاجية القارئ ورفاهيته. وفي هذا الإطار، يندرج هذا البحث الذي يحمل عنوان: "استكشاف تأثير البيئة الصوتية والراحة السمعية على تجربة المستخدمين في فضاءات القراءة العامة"، والذي اتّخذ من المكتبة الرئيسية لولاية بجاية نموذجاً تطبيقياً للدراسة".

وقد اعتمدنا في هذا البحث منهجاً تحليلياً مركباً، جمع بين الملاحظة الميدانية، والقياسات الصوتية العلمية، واستطلاع آراء المستخدمين عبر استبيان موجّه، فضلاً عن اللجوء إلى المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج Ecotect، من أجل تمثيل الواقع الصوتي بدقة. وقد مكّننا هذه المقاربة التعددية من رصد مواطن الخلل في البيئة السمعية للمكتبة، كما ساعدتنا على فهم أعمق لتجربة المستخدمين من منظور حسي ووظيفي.

يهدف هذا العمل إلى تسلیط الضوء على أثر البيئة الصوتية في جودة الاستفادة من فضاءات القراءة، وإلى تقديم مقترنات عملية لتحسين الأداء الصوتي لتلك الفضاءات بما يتماشى مع حاجات الرؤاد وتطلعاتهم. ومن ثم، يطمح هذا البحث إلى الإسهام في بلورة رؤية تصميمية أكثر وعيّاً بالبعد الحسي والمعيشي في المعمار المكتبي.

الكلمات المفتاحية

الراحة السمعية، الضوابط، تجربة المستخدم، فضاءات القراءة، المكتبة العامة.

Table des matières	
<i>Dédicaces</i>	
<i>Remerciement</i>	
Résumé	I
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XIII
Chapitre : Chapitre introductif	
1. Introduction	1
2. Problématique	2
3. Hypothèses de recherche	3
4. Contexte et objectifs de la recherche	4
5. Méthodologie	5
5.1 La partie théorique	5
5.2 La partie pratique	5
6. Structure du mémoire	6
Première partie : Théorique	
Chapitre 1 : Les espaces de lecture au cœur des bibliothèques	
Introduction	9
1.1 Définition de l'espace Architecturale	9
1.2 Origines et Évolution du Concept d'Espace Architectural	10
1.2.1 Impact de la Philosophie et des Théories Esthétiques	10
1.2.2 Le modernisme et la Nouvelle Approche de l'Espace	10
1.2.3 Apparition de l'Espace Postmoderne et des Nouvelles Méthodes	11
1.2.4 L'évolution en sociologie et philosophie	11
1.2.5 Crise de l'Espace et Perspectives Contemporaines Nouvelles	11
1.3 Les typologies des espaces architecturaux	12
1.3.1 Espaces éducatifs	12
1.3.2 L'espace habitable	12
1.3.3 Espace de loisirs	13
1.3.4 Espace culturel	13
1.3.5 Espace commerciale	14
1.3.6 Espace médicale	14
1.3.7 Espace de transport	14
1.3.8 Espace industriel	15
1.3.9 Espace religieux	15

1.3.10 Espace de lecture.....	15
1.4 Evolution de l'espace de lecture à travers l'histoire.....	16
1.4.1 Antiquité	16
1.4.2 Moyen Âge.....	17
1.4.3 15e siècle – Invention de l'imprimerie	17
1.4.4 18e – 19e siècles	17
1.4.5 Époque moderne	17
1.5 Définition de la bibliothèque	18
1.5.1 Classification des bibliothèques.....	19
1.5.1.1 Les bibliothèques nationales	19
1.5.1.2 Les bibliothèques d'enseignement	20
1.5.1.3 Les bibliothèques importantes non spécialisées.....	20
1.5.1.4 Les bibliothèques scolaires.....	21
1.5.1.5 Les bibliothèques spécialisées.....	21
1.5.1.6 Les bibliothèques de lecture publique	22
1.6 Exigences fonctionnelles et techniques	23
1.6.1 Exigences spatiales	23
1.6.1.1 Les espaces publics	23
1.6.1.2 Les services internes.....	24
1.6.1.3 Les services annexes	24
1.6.2 Exigences fonctionnelles.....	25
1.6.2.1 Implantation	25
1.6.2.2 Accessibilité et Accueil	25
1.6.3 Exigences techniques	29
1.6.3.1 Résistance des planchers	29
1.6.3.2 Ventilation et aération	30
1.6.3.3 Chauffage et hygrométrie.....	30
1.6.3.4 Éclairage naturel et artificiel	30
1.6.3.5 Insonorisation	31
1.6.3.6 Sécurité.....	31
1.6.4 Exigences liées aux équipements et mobiliers	32
1.6.4.1 Mobilier et aménagement intérieur	32
Conclusion	34
Chapitre 2: Le confort Acoustique dans les Espaces De Lecture	
Introduction	36

2.1 Définition de l'ambiance	36
2.1.1 Les composantes de l'ambiance.....	37
2.1.2 Les différents types d'ambiance	37
2.2 Définition du confort	39
2.2.1 Les types du confort.....	40
2.3 Les notions fondamentales en acoustique	41
2.3.1 Les caractéristiques du son	42
2.3.1.1 La pression acoustique (P)	42
2.3.1.2 Le niveau de pression acoustique (Lp).....	43
2.3.1.3 La puissance acoustique	43
2.3.1.4 Le niveau de puissance sonore	43
2.3.1.5 L'intensité sonore (I).....	44
2.3.1.6 Le niveau d'intensité sonore (Li)	44
2.3.1.7 La fréquence et l'amplitude.....	44
2.3.1.8 La durée.....	45
2.3.2 Types de son	45
2.3.3 Les sources sonores.....	48
2.3.3.1 La source ponctuelle.....	48
2.3.3.2 La source linéaire	48
2.3.4 La propagation du son.....	49
2.3.4.1 Dans un espace libre.....	49
2.3.4.2 Dans un espace clos.....	50
2.3.5 Le bruit.....	52
2.3.5.1 Définition	52
2.3.5.2 Classification des bruits	52
2.3.5.3 La propagation et la transmission du bruit	54
2.3.5.4 Appareil de mesure du bruit	56
2.3.5.5 Addition du bruit	56
2.3.5.6 Effets du bruit.....	58
2.3.5.7 Réglementation algérienne pour la lutte contre le bruit	59
2.3.6 L'acoustique dans la conformation architecturale	61
2.3.6.1 Relation entre l'espace architectural et la propagation du son.....	61
2.3.6.2 Le confort acoustique dans les espaces de lecture	63
Conclusion	66

Deuxième partie : Pratique**Chapitre 3 : Méthodologie et étude empirique**

Introduction	68
3.1 Justification du choix du cas d'étude	68
3.2 Localisation et situation urbaine	69
3.3 Environnement immédiat	69
3.4 Description du cas d'étude (Bibliothèque municipale de Béjaïa)	70
3.5 Organisation des espaces intérieurs	71
3.6 Observation in situ	72
3.6.1 Les différentes sources de bruit	72
3.6.2 Le Mobilier des salles de lectures	73
3.6.3 Les Matériaux de construction	73
3.7 Étude quantitative	75
3.7.1 Etude empirique in situ	76
3.7.1.1 Protocole de la prise de mesures	76
3.7.2 Etude numérique (simulation)	79
3.7.2.1 Le choix d'outil de simulation	79
3.7.2.2 Présentation du logiciel	80
3.7.2.3 Les caractéristiques principales du logiciel	80
3.7.2.4 Les différentes étapes de simulation	81
3.8 Etude qualitative: L'enquête sur terrain	86
3.8.1 Présentation de l'enquête	86
3.9 Présentation des résultats de l'étude empirique	87
3.9.1 Etude de la salle de lecture pour enfants (4–6 ans) – Rez-de-chaussée	87
3.9.2 Etude de la salle Salle de lecture pour adolescents – R+1 (côté boulevard)	89
3.9.3 Etude de la salle Salle de lecture pour étudiants préparant le baccalauréat – R+2 (côté boulevard)	91
3.9.4 Etude de la salle Salle de lecture pour étudiants – R+3 (côté lac)	93
Conclusion	96
Chapitre 4 : Analyse et optimisation (interprétation des résultats de la simulation et de l'enquête)	
Introduction	97
4.1 Validation du modèle d'analyse acoustique	97
4.2 Interprétation des résultats de simulation	98
4.2.1 Interprétation des résultats de simulation au RDC	99

4.2.2 Interprétation des résultats de simulation au R+1	102
4.2.3 Interprétation des résultats de simulation au R+2	104
4.2.4 Interprétation des résultats de simulation au R+3	107
4.3 Interprétation des résultats de l'étude qualitative (questionnaire)	111
4.3.1 Profil des répondants au questionnaire	111
4.3.2 Habitudes de fréquentation de la bibliothèque principale de Béjaïa	112
4.3.3 Activités pratiquées par les usagers à la bibliothèque	113
4.3.4 Répartition des usagers selon les étages fréquentés	113
4.3.5 Impact de l'ouverture des fenêtres sur la perception du bruit	114
4.3.6 Nuisances sonores perçues	114
4.3.7 Impact du bruit sur l'usage des espaces	115
4.3.8 Variabilité sonore et satisfaction des usagers	115
4.3.9 Impact et pistes d'amélioration acoustique	116
4.4 Correspondances entre les études	117
4.5 Recommandation spécifique au cas d'étude	118
4.6 Recommandation générale	118
Conclusion	119
Chapitre 5 : Intégration Des Résultat De la Recherche Dans Le Projet De Fin D'étude	
Introduction	120
5.1 Processus d'élaboration du projet	120
5.1.1 Analyse du site	120
5.1.2 Analyse des exemples	125
5.1.2.1 Médiathèque Estaminet Grenay pas de calais	125
5.1.2.2 La médiathèque du Vétérans Park	127
5.1.3 Le programme	130
5.1.4 Schémas de Structures et Scenarios	132
5.1.5 Idéation et Morphogenèse	134
Conclusion	136
Conclusion générale	137
Bibliographie	140
Annexes	143

Liste des figures

Figure 1: Les objectifs de la Recherche	5
Figure 2: La Structure du Mémoire.....	8
Figure 3: L'espace architecturale de jean cousin	9
Figure 4: Frise chronologique de l'espace architecturale.....	12
Figure 5: Evolution de l'espace de lecture	18
Figure 6: La Bibliothèque El Hamma à Alger	19
Figure 7: La Bibliothèque universitaire de paris 8	20
Figure 8: La Bibliothèque de George Pompidou paris.....	20
Figure 9: La Bibliothèque CDI du Lycée Jean Monnet Paris	21
Figure 10: La Bibliothèque de museum of modern art	21
Figure 11: Bibliothèque publique de Toronto au Canada	22
Figure 12: sous-catégories de bibliothèques publiques	23
Figure 13: organigramme de l'Organisation Intérieur D'une Bibliothèque.....	24
Figure 14: Organisation Intérieur D'une Bibliothèque	26
Figure 15: Les normes des rampes d'accès.....	27
Figure 16: Aménagement Des Entrées des bibliothèques.....	28
Figure 17: Aménagement Des Entrées des bibliothèques	29
Figure 18: Isolation Acoustique Des Parois.....	31
Figure 19: Normes d'aménagement de l'espace accueil d'une bibliothèque.....	32
Figure 20: Normes du Mobilier d'une bibliothèque.....	34
Figure 21: les composantes de l'ambiance	37
Figure 22 : Interaction signal et organe recepteur source	38
Figure 23: Le confort lumineux.....	40
Figure 24: Le confort thermique	41
Figure 25: Variation ponctuelle de la pression en un point de l'espace	42
Figure 26: Echelle des décibels.....	43
Figure 27: Les niveaux d'intensité sonore	44
Figure 28: La fréquence et l'amplitude du son	45
Figure 29: La durée du son.....	45
Figure 30: Les Types du son selon la fréquence	46
Figure 31: Le son pur et le son complexe	47
Figure 32: Le son confus.....	48

Figure 33: La propagation d'une onde sonore ponctuelle	48
Figure 34: La propagation d'une onde sonore linéaire	49
Figure 35: La propagation du son dans un espace libre.....	50
Figure 36: La propagation du son dans un espace clos.....	51
Figure 37: La propagation du son dans un espace clos.....	51
Figure 38: Les différents types du bruit	53
Figure 39: Les différents types du bruit	54
Figure 40: Les différents manières de propagation du bruit	55
Figure 41: Les différents types de transmission du bruit	55
Figure 42: Le Sonomètre.....	56
Figure 43: Exemple 01 sur les règles d'addition des niveaux sonores.....	57
Figure 44: exemple 01 sur les règles d'addition des niveaux sonores	58
Figure 45: Les effets du bruit sur la santé humaine	58
Figure 46: Les lois et les décrets exécutifs.....	60
Figure 47: La propagation du son selon la forme de l'espace.....	61
Figure 48: La propagation du son dans les différentes formes de toitures.....	63
Figure 49: Traitement acoustique préconisé au niveau du plafond et du mur du fond de la salle.	65
Figure 50: La propagation du son dans les différents volumes d'espaces	66
Figure 51: la bibliothèque principale de Bejaia Chahid T a h a r Amirouchene	68
Figure 52: situation géographique de la bibliothèque	69
Figure 53: l'environnement immédiat de la bibliothèque principale de Béjaïa	70
Figure 54: Le plan de masse de la bibliothèque principale de Béjaïa	71
Figure 55: Le mobilier des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa	73
Figure 56: Le traitement du sol des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa	73
Figure 57: La composition des parois de la bibliothèque principale de Béjaïa.....	74
Figure 58: L'aspect des portes de la bibliothèque principale de Béjaïa.....	74
Figure 59: L'aspect des Fenêtres de la bibliothèque principale de Béjaïa.....	75
Figure 60: Le choix des salles de lecture étudié de la bibliothèque principale de Béjaïa.....	76
Figure 61: L'interface de l'application sonomètre utiliser.....	77
Figure 62: La trame de mesure élaborer.....	78
Figure 63: l'interface du logiciel de simulation	80
Figure 64: Les fonctionnalités du logiciel Ecotect	80
Figure 65: Les étapes de simulation avec le logiciel Ecotect	85

Figure 66: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du RDC scenario calme	87
Figure 67: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du RDC scenario bruit intérieur	88
Figure 68: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+1 scenario calme	89
Figure 69: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+1 scenario bruit intérieur	90
Figure 70: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+2 scenario calme	91
Figure 71: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+2 bruit intérieur	92
Figure 72: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+3 scenario calme	93
Figure 73: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+3 scenario bruit intérieur	94
Figure 74: La validation du model d'analyse.....	97
Figure 75: Temps de réverbération	110
Figure 76: Variation des ondes sonores en fonction du temps.....	111
Figure 77: Diagrammes en barre illustrant le profil des répondants au questionnaires	112
Figure 78: Diagrammes circulaires illustrant les habitudes de fréquentation de la bibliothèque	112
Figure 79: Diagrammes circulaires illustrant les Activités pratiquées par les usagers	113
Figure 80: Diagrammes en barre illustrant la répartition des usagers selon les étages	113
Figure 81: Diagrammes en barres illustrant Impact des fenêtres sur la perception du bruit	114
Figure 82: Diagrammes circulaires illustrant les nuisances sonores perçue	114
Figure 83: Diagrammes en barres illustrant les nuisances sonores perçue	115
Figure 84: Diagrammes en barres illustrant la variabilité sonore et satisfaction des usagers	115
Figure 85 : Diagrammes en barres illustrant l'impact de l'amélioration acoustique sur les usagers	116
Figure 86: Suggestions émises par les usagers pour améliorer le confort acoustique	116
Figure 87: Situation du terrain d'intervention	121
Figure 88: L'analyse du SWOT du terrain d'intervention	121
Figure 89: L'environnement immédiat du terrain	122
Figure 90: L'accessibilité au terrain d'intervention	123
Figure 91: Coupes topographiques du terrain	124
Figure 92: analyse solaire et du vent dans le terrain	124
Figure 93: Médiathèque Estaminet de Grenay	125
Figure 94: Le plan de masse de médiathèque Estaminet.....	126

Figure 95: Le plan de masse de médiathèque Estaminet.....	126
Figure 96: Les plans du RDC et R+1 de la médiathèque Estaminet	127
Figure 97: La médiathèque du Vétérans Park	127
Figure 98: Localisation et contexte de la médiathèque du Vétérans Park.....	128
Figure 99: l'enveloppe extérieur de médiathèque de vétérans Park.....	129
Figure 100: Les plans du RDC et R+1 de la médiathèque vétérans park.....	129
Figure 101: Les schémas de structure existants et proposés	132
Figure 102: Le scénario 1 proposés.....	133
Figure 103: Le scénario 2 proposés.....	133
Figure 104: Le scénario 3 proposés	134
Figure 105: Schémas représentatif de l'idée du projet.....	134
Figure 106: La morphogenèse du projet architecturale	136
Figure 107: les étapes d'élaboration du questionnaire Google Forms	147

Liste des tableaux

Tableau 1: Exigences spécifique d'éclairage	31
Tableau 2: Qualification de l'ambiance sonore selon les organes sensoriel.....	38
Tableau 3: Qualification de l'ambiance sonore selon les signaux physiques	39
Tableau 4: Addition des niveaux sonores	57
Tableau 5: Le coefficient d'absorption des matériaux.....	62
Tableau 6: Description de la bibliothèque principale de Béjaïa	70
Tableau 7: Description des sources de bruit présente dans la bibliothèque.....	72
Tableau 8: Description du questionnaire	86
Tableau 9: Simulation de la propagation sonore RDC. Ecotect.....	99
Tableau 10: Simulation de la propagation sonore R+1. Ecotect.....	102
Tableau 11: Simulation de la propagation sonore R+2. Ecotect.....	104
Tableau 12 : Simulation de la propagation sonore R+3. Ecotect	107
Tableau 13: Correspondances entre les différents résultats	117
Tableau 14: Les éléments à prendre et à éviter dans mon PFE.....	130
Tableau 15: Le Programme surfacique du projet de fin d'étude.....	130



Chapitre introductif

1. Introduction

Le rapport que nous entretenons avec notre environnement dépasse largement le cadre du visible. Si les formes, les matières ou la lumière guident notre regard, d'autres dimensions plus subtiles, comme le son, façonnent silencieusement notre perception des espaces sculptant ainsi discrètement notre expérience sensorielle. Dans un monde contemporain caractérisé par l'urbanisation croissante, la diversité des fonctions des bâtiments est reléguée au second plan dans les projets architecturaux. (Hamayon, 2014).

Bien que les phénomènes sonores soient généralement imperceptibles, ils ont une influence considérable sur notre relation avec les espaces. Ils contribuent à la création d'atmosphères, influencent notre bien-être, notre attention et nos actions. Comme le met en évidence Delarue : « s'interroger sur le son, c'est s'ouvrir à une lecture plus sensible de l'architecture, où l'espace ne se regarde pas seulement, mais s'écoute aussi » (cité dans Hamayon, 2014). Dans ce contexte les espaces publics, notamment les bibliothèques, se situent à l'intersection de diverses tensions : entre tranquillité et dynamisme, entre intimité et sociabilité, entre silence et expression.

Longtemps perçues comme des temples du silence, les bibliothèques subissent une évolution significative. Elles se transforment en lieux diversifiés, accessibles et dynamiques, où l'expression, la médiation et le numérique acquièrent une importance croissante. Ce changement s'accompagne d'une transformation du paysage auditif, où le confort acoustique devient un enjeu majeur. Le silence n'est plus vu comme une règle stricte, mais comme un service à part entière, à incorporer de manière réfléchie dans la conception des espaces (Kherchaoui, 2019).

Pour Victor Kherchaoui, dans *Le silence comme service*, le bien-être acoustique ne doit pas être considéré comme un luxe ou un simple aspect technique : il constitue une condition essentielle d'égalité d'accès, un élément de la qualité de l'expérience et un outil d'inclusion, une atmosphère contrôlée peut favoriser la concentration, faciliter le repos, promouvoir la lecture ou simplement offrir un moment de calme dans un environnement saturé de stimuli. Néanmoins, comme l'indique David Le Breton (1997), notre société contemporaine valorise l'hypercommunication, reléguant le silence à une expérience inhabituelle, parfois inconfortable.

Dès l'époque antique, des intellectuels tels que Pythagore et Vitruve incorporaient déjà la problématique de la transmission du son dans l'élaboration des infrastructures. Mais Ce n'est

qu'au cours du XIXe siècle que l'acoustique s'établit en tant que discipline scientifique organisée, facilitant son utilisation méthodique dans des édifices tels que les salles de concert, les établissements de santé ou les bibliothèques (Hamayon, 2014 ; Decamps, 2016). Actuellement, l'architecture sonore s'étend à des environnements de vie quotidiens, où l'on s'efforce d'harmoniser la coexistence des divers usages avec la qualité de l'expérience sensorielle (De Sa & Molinaro, 2017).

Pour répondre à la diversité des besoins, les bibliothèques modernes utilisent des aménagements spatiaux tels que le zonage sonore, les cabines d'isolement ou encore les espaces de calme. Toutefois, pour être véritablement efficace, cette gestion acoustique doit se fonder sur une analyse minutieuse des exigences des utilisateurs, considérer les moments d'occupation et réfléchir aux matériaux et volumes mis en œuvre (Bassin, 2019). Ainsi, la bibliothèque peut à nouveau se transformer en un havre de paix sonore, un lieu d'accueil attentionné, où chacun peut trouver une ambiance à la mesure de ses besoins.

Ce mémoire s'inscrit dans cette perspective et se consacre à l'analyse de l'influence du confort sonore sur l'expérience des utilisateurs dans les salles de lecture. Cette étude, réalisée à la bibliothèque principale de Bejaïa, combine des études quantitatives et des enquêtes auprès des utilisateurs afin d'examiner comment l'environnement sonore contribue à la qualité d'utilisation des espaces. Elle vise donc à souligner l'importance du confort acoustique comme outil de conception architecturale au profit du bien-être et de la qualité des espaces consacrés à la lecture.

2. Problématique

En Algérie, l'élaboration des infrastructures publiques qu'il s'agisse de bibliothèques, d'auditoriums ou d'installations culturelles à tendance à se concentrer sur des aspects fonctionnels et structurels, souvent au détriment des aspects sensibles de l'espace tels que la qualité de la lumière, de l'air... ou du son. Cependant, le paysage sonore a un impact crucial sur la façon dont les lieux sont perçus et utilisés, en particulier dans les espaces dédiés à la lecture où l'on recherche concentration, tranquillité et immersion intellectuelle.

Malgré des avancées réglementaires depuis les années 1980 (Gramez, 2010), l'expérience concrète prouve que l'acoustique reste souvent une préoccupation mineure dans la majorité des projets architecturaux en Algérie. Ce désintérêt se manifeste particulièrement dans les bibliothèques publiques, où les espaces de lecture sont souvent mal traités sur le plan acoustique, voire pas du tout : bruit de fond constant, résonance excessive, mauvaise isolation

vis-à-vis de l'extérieur ou des circulations internes. Ces problèmes affectent la qualité de l'accueil, provoquent de la lassitude mentale et risquent de dissuader la fréquentation, notamment parmi les groupes les plus vulnérables tels que les étudiants ou les chercheurs.

Dans un pays où l'accès à l'éducation et à la culture demeure essentiel pour le progrès humain, cette insuffisance dans la création des lieux de lecture suscite de réelles inquiétudes. Bien que l'acoustique soit depuis longtemps prise en compte comme un critère de qualité spatiale dans les normes internationales, cette facette peine encore à s'intégrer dans la culture architecturale algérienne. Toutefois, la bibliothèque, bien qu'elle soit modeste, peut être reconSIDérée comme un endroit favorisant le bien-être sensoriel, offrant un havre sonore, un lieu propice à la concentration et à la sérénité.

C'est dans cette optique qu'il paraît nécessaire de porter une attention particulière à la ville de Bejaïa, elle-même dotée d'un patrimoine culturel riche, mais dont les équipements de lecture ne semblent pas épargnés par ces problématiques acoustiques. Avant de penser à une transformation globale, il devient essentiel de s'attaquer aux réalités locales, en analysant comment ces défaillances se manifestent concrètement dans nos propres bibliothèques et en quoi elles affectent le quotidien des usagers.

En tenant compte de cette observation, notre recherche se concentrera sur les questions suivantes :

Question générale

Quel est l'impact du confort sonore sur l'expérience des usagers dans les salles de lecture ?

Questions secondaires

- 1.** Quelles stratégies architecturales peuvent être mises en œuvre pour améliorer l'ambiance sonore dans ces espaces ?
- 2.** Comment intégrer efficacement la dimension acoustique dans la conception ou la réhabilitation des salles de lecture dans le contexte algérien ?

3. Hypothèses de recherche

Afin de répondre à la problématique posée, nous avons élaboré les hypothèses suivantes :

- Une mauvaise acoustique réduit la concentration, augmente la fatigue et limite la fréquentation des salles de lecture.
- Le manque de traitement sonore décourage surtout les étudiants et chercheurs.
- Des solutions simples (matériaux absorbants, sas, meilleure circulation) peuvent améliorer l'acoustique sans gros budgets.
- L'absence de culture acoustique et de sensibilisation des concepteurs freine l'amélioration des espaces.
- Intégrer l'acoustique dès la conception renforcerait le confort et l'attractivité des bibliothèques.

4. Contexte et objectifs de la recherche

L'objectif de cette étude est d'analyser le niveau de confort acoustique dans les espaces de lecture, en se concentrant spécifiquement sur la bibliothèque principale de la ville de Béjaïa en Algérie. En tant qu'exemple illustratif des enjeux acoustiques présents dans les lieux de lecture publics Algériens.

L'objectif de la recherche est de :

- Mesurer la qualité acoustique dans ces espaces (via prises de mesures, simulations...),
- Comprendre son impact sur l'expérience des usagers (grâce à un questionnaire),
- Identifier les défauts acoustiques existants,
- Proposer des solutions adaptées (architecturales, techniques ou matérielles).
- Conception d'une médiathèque.



Figure 1: Les objectifs de la Recherche (Source : Auteur, 2025)

5. Méthodologie

Afin de traiter la question soulevée par cette étude et de valider ou réfuter les hypothèses émises, une méthodologie en deux parties a été mise en place, combinant des méthodes à la fois quantitatives et qualitatives.

5.1 La partie théorique

La partie théorique du travail repose sur une approche thématique axée sur une recherche bibliographique afin de définir le sujet à examiner, à travers la compilation de divers ouvrages, livres, revues, articles, thèses...

5.2 La partie pratique

L'approche pratique s'appuie sur une étude de cas relative à la bibliothèque principale de Béjaïa. Cette méthode se décline en deux volets complémentaires : l'un centré sur des méthodes quantitatives et l'autre sur des méthodes qualitatives.

- **L'approche quantitative** : comprend deux éléments essentiels :

D'une part, les relevés acoustiques in situ, qui consistent en des évaluations concrètes des niveaux de bruit effectuées directement sur le terrain à l'aide d'une application

sonomètre. Ces mesures sont réalisées dans divers lieux de lecture de la bibliothèque, dans le but de rassembler des données précises sur l'acoustique réelle de chaque espace.

D'autre part, la simulation acoustique numérique, où un modèle tridimensionnel de l'espace est d'abord conçu à l'aide d'un logiciel de modélisation, puis transféré dans Ecotect pour simuler la performance acoustique. Cela facilite l'examen de la diffusion du son et l'identification des zones nécessitant une amélioration.

- **L'approche qualitative** : repose sur un questionnaire distribué aux utilisateurs de la bibliothèque dans le cadre d'une enquête. Cette étude vise à rassembler les opinions et les ressentis des utilisateurs concernant la qualité sonore de l'environnement, en mettant particulièrement l'accent sur leur satisfaction et leur aisance auditive.

Cette double approche permet de croiser les données objectives issues des mesures et des simulations avec les données subjectives issues du vécu des utilisateurs, afin d'obtenir une évaluation globale et cohérente du confort acoustique.

6. Structure du mémoire

Le mémoire se divise en deux parties principales : une partie théorique et une partie pratique, avec un chapitre introductif, un chapitre 5 et une conclusion générale.

Chapitre introductif

Ce chapitre présente le cadre de la recherche. Il introduit la problématique, les hypothèses, et les objectifs du travail. La méthodologie de recherche est définie, et la structure du mémoire est exposée, permettant de comprendre l'organisation du travail et les étapes de l'étude.

Première partie : Partie théorique

La section initiale du mémoire se focalise sur l'aspect théorique et comprend deux chapitres :

Chapitre 1 : Les espaces de lecture au cœur des bibliothèques

Ce chapitre se concentre sur les bibliothèques en mettant un accent particulier sur les espaces de lecture. Il explore les diverses exigences liées à ces espaces, qu'elles soient spatiales, techniques ou fonctionnelles, afin de garantir un environnement propice à la concentration et au confort des usagers.

Chapitre 2 : Le confort acoustique dans les espaces de lecture

Ce chapitre définit le confort acoustique ainsi que l'ambiance sonore. Il présente également les différentes méthodes d'évaluation utilisées pour mesurer la qualité de l'acoustique et de l'ambiance sonore, afin de garantir un environnement sonore optimal pour les usagers.

- **Partie pratique : Analyse acoustique des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa :**

Cette partie est dédiée à l'étude de cas, à travers une analyse approfondie du confort acoustique dans les salles de lecture. Elle aborde le choix des outils méthodologiques, les différentes étapes du travail ainsi que les résultats obtenus. Elle se compose de deux chapitres :

Chapitre 3 : méthodologie et étude empirique

- Ce chapitre repose sur une approche méthodologique mixte :

D'une part, une étude quantitative à travers des relevés acoustiques *in situ* et une simulation numérique réalisée avec le logiciel *Ecotect* ;

D'autre part, une étude qualitative menée à l'aide d'un questionnaire destiné aux usagers, afin de recueillir leurs impressions et évaluer leur satisfaction face à l'ambiance sonore.

Chapitre 4 : Analyse et optimisation (interprétation des résultats de la simulation et de l'enquête)

- Ce chapitre porte sur l'interprétation des résultats issus de la simulation et de l'enquête. Il vise à identifier les faiblesses acoustiques et propose des pistes d'amélioration, en s'appuyant sur les données recueillies pour formuler des recommandations concrètes.

Chapitre 5 : Intégration des résultats dans le projet architectural

Ce chapitre représente le prolongement du travail de recherche en le traduisant en un projet architectural. L'objectif est d'incorporer les connaissances acquises grâce à l'analyse acoustique dans la création d'un équipement culturel, spécifiquement une médiathèque, sur le site étudié.

Conclusion générale : La conclusion générale résume les résultats clés de l'étude et suggère des conseils pratiques pour optimiser le confort acoustique au sein des bibliothèques. Elle fait également le lien entre la recherche théorique et les solutions architecturales proposées,

soulignant l'importance de l'acoustique dans l'architecture des bibliothèques (espace de lecture).

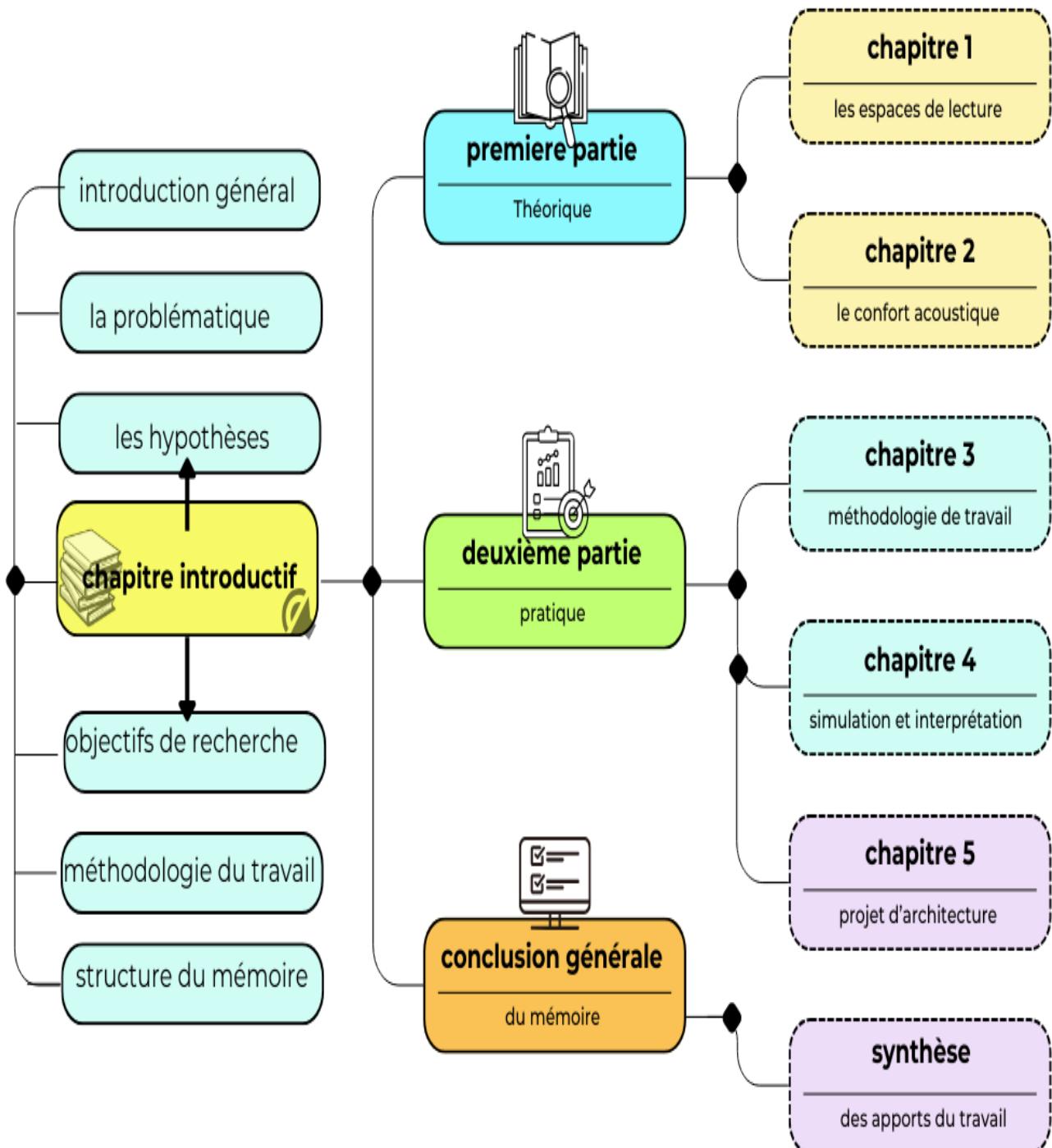


Figure 2: La Structure du Mémoire (Source : Auteur, 2025)

Première partie : Théorique

Chapitre 1 :

*Les espaces de lecture au cœur des
Bibliothèques*

Introduction

Une citation aussi concise que précise « Lire c'est voyager, voyager c'est lire. » Victor Hugo exprime pleinement la magie de la lecture un voyage statique, une aventure intérieure sans frontières.

Les bibliothèques, bien au-delà de simples réservoirs de livres, se révèlent comme de véritables espaces culturels dynamiques, des centres communautaires où l'apprentissage, le partage d'idées et les interactions sociales prennent toute leur ampleur.

À la lumière de ces pensées et au fil de ces réflexions Ce premier chapitre explore le monde des bibliothèques, en mettant l'accent sur leurs espaces de lecture.

1.1 Définition de l'espace Architectural

Dans notre perception commune l'espace architectural réside souvent comme une conséquence directe de l'acte de bâtir un vide ou un espace défini et structuré par des limites physique ou virtuels dans lequel on peut ressentir une sensation d'enfermement (Ekholm 2000).

L'architecture spatial tel que conceptualisée par jean cousin représente une véritable avancée dans la compréhension et l'exploration des dimensions qui dépassent les mesures géométriques basiques ainsi dans son livre intitulé « L'Espace vivant : introduction à l'espace architectural premier » il affirme que l'espace ne devrait pas être vu comme une réalité matérielle mais plutôt comme un phénomène vivant en perpétuel mouvement et en interaction constante avec son environnement. (Cousin,1980)



Figure 3: L'espace architecturale de jean cousin (Source : www.mbarchitecture.xyz)

Selon Henri Van Lier, l'espace architectural est une enveloppe totale et instantanée où les rapports établis par l'architecture entre les lignes, les couleurs, les matières, les poids, les volumes, la chaleur, l'humidité, les odeurs, etc., semblent s'étendre à l'infini, et où chaque partie de l'espace résonne en harmonie avec les autres.

Le concept d'espace architectural a progressé au cours des époques, influencé par des changements et des impacts significatifs. Depuis l'Antiquité jusqu'à l'ère moderne et contemporaine, chaque période a présenté une interprétation unique de l'espace, influencée par des éléments esthétiques, philosophiques et technologiques. Cette recherche examine ces diverses étapes en soulignant les transformations fondamentales dans la conception de l'espace au fil du temps.

Selon Laurent Baridon dans son étude « Le concept d'espace architectural dans l'histoire de l'art », l'évolution de la notion d'espace architectural s'est progressivement affirmée dans l'histoire de l'art et de l'architecture :

1.2 Origines et Évolution du Concept d'Espace Architectural

Bien que l'espace architectural soit présent de manière implicite dans les œuvres des architectes historiques tels que Vitruve, Alberti et Palladio, il s'affirme comme un concept majeur au XIXe siècle. Autrefois, les concepts architecturaux mettaient l'accent sur des critères tels que la robustesse, le confort et l'esthétique, en intégrant des aspects spatiaux tels que la proportion et la disposition. Ainsi, l'espace architectural s'impose comme un facteur crucial dans la création architecturale, influencé par des courants philosophiques et esthétiques qui prennent leur essor au XVIIIe siècle. Des architectes tels que Boullée et Ledoux mettent en avant le concept d'un espace qui se distingue par sa perception, sa subjectivité et son ampleur, focalisé sur l'expérience de l'observateur, avec des pensées autour de l'espace « inconcevable » et « grand ».

1.2.1 Impact de la Philosophie et des Théories Esthétiques

Le concept d'espace a aussi évolué sous l'influence des théories du sublime, qui ont marqué des penseurs tels que Schelling et Hegel. Ils définissent l'architecture comme une représentation symbolique, où l'interaction entre l'extérieur et l'intérieur devient essentielle. Simultanément, les intellectuels du XIXe siècle, à l'instar de Burckhardt et Vischer, incorporent des idées philosophiques comme celles de la perception et de l'empathie pour examiner la manière dont on vit l'espace, tout en proposant des notions comme le « Raumgefühl » et l'« Einfühlung ». De plus en plus, la perception de l'espace s'associe à une expérience corporelle et sensorielle.

1.2.2 Le modernisme et la Nouvelle Approche de l'Espace

Durant le vingtième siècle, des architectes tels que Gropius et Le Corbusier redéfinissent fondamentalement la conception de l'espace en y incluant des composantes comme le temps et l'espace-temps. L'architecture moderniste vise à se détacher des traditions antérieures en

mettant l'accent sur des espaces ouverts et pratiques, en utilisant des matériaux contemporains. Des architectes tels que Walter Gropius et Théo Van Doesburg introduisent des espaces fragmentés, brisant la distinction entre l'intérieur et l'extérieur, tout en soulignant l'interaction entre les usagers et leur espace.

1.2.3 Apparition de l'Espace Postmoderne et des Nouvelles Méthodes

Au cours des années 1970 et par la suite, l'élaboration de l'espace architectural devient de plus en plus complexe. L'architecture postmoderne se démarque du modernisme en privilégiant le recours aux formes historiques et ornementales. Des architectes tels que Robert Venturi plaident pour une architecture plus sophistiquée et symbolique, où l'espace ne constitue plus le point focal, mais plutôt un vecteur d'expression d'une identité visuelle et culturelle. À cette période, l'architecture évolue de plus en plus vers des représentations en deux dimensions et virtuelles, surtout grâce à l'apparition des technologies numériques et de l'imagerie virtuelle.

1.2.4 L'évolution en sociologie et philosophie

Depuis les années 1960, des domaines tels que la sociologie, l'ethnologie et la géographie ont un impact significatif sur l'interprétation de l'espace architectural. Cette démarche porte non seulement sur la création architecturale, mais également sur les actions et la manière dont les utilisateurs perçoivent les espaces. Par ailleurs, la problématique de l'espace se révèle être un sujet majeur qui influence les travaux de recherche en architecture. L'espace architectural est désormais considéré comme le résultat de l'interaction entre l'individu et son environnement, une perspective mise en avant par Christian Norberg-Schulz à travers son concept d'« espace existentiel ».

1.2.5 Crise de l'Espace et Perspectives Contemporaines Nouvelles

Finalement, le concept d'espace architectural est confronté à une crise à l'ère moderne, caractérisée par des progrès technologiques et la virtualisation de l'espace. Des chercheurs tels qu'Alberto Perez-Gomez et Paul Virilio mettent en évidence la métamorphose de l'espace tridimensionnel classique, induite par les nouvelles technologies et la communication virtuelle, qui modifie en conséquence la perception et l'exercice de l'architecture.

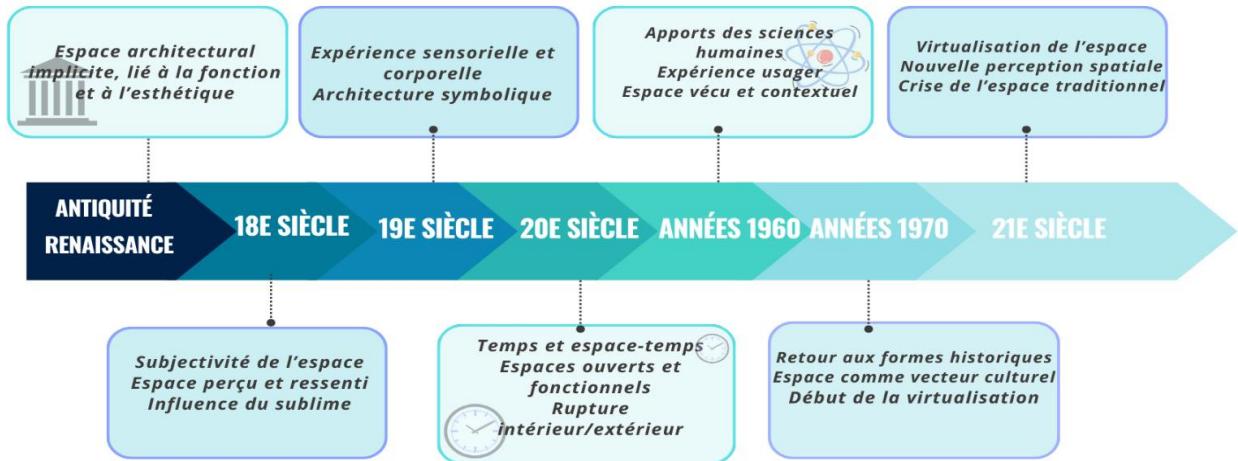


Figure 4: Frise chronologique de l'espace architecturale (Source : Auteur, 2025)

1.3 Les typologies des espaces architecturaux

Il existe diverses typologies d'espaces architecturaux parmi lesquels figurent notamment :

1.3.1 Espaces éducatifs

Se réfère aux zones d'un édifice scolaire attribuées aux élèves pour des activités d'apprentissage l'environnement éducatif intègre notamment, les salles de classe, les laboratoires, les gymnases, les bibliothèques, les cafétérias, les espaces d'apprentissage spécialisés et les espaces administratifs.

Il fait référence au cadre matériel où se déroule l'apprentissage et peut aussi englober l'interaction entre l'environnement de l'apprenant et son apprentissage.

Selon Collet et al L'agencement matériel des lieux d'enseignement a une importance capitale en affectant le bien-être et les résultats scolaires des étudiants. Ces derniers doivent être conçue comme des environnements dynamiques et collaboratifs, ajustés aux exigences éducatives et aux caractéristiques des apprenants. (Collet et al ,2023)

1.3.2 L'espace habitable

L'espace de vie est également décrit comme la superficie d'un logement, après déduction des zones occupées par les murs, cloisons, escaliers, cages d'escalier, conduits techniques, ainsi que les ouvertures de portes et fenêtres (Code de la construction et de l'habitation, art. R.111-2 ; Ministère de la Transition écologique, 2023).

Cela représente l'espace réellement accessible pour le quotidien des occupants, où se déroulent les activités fondamentales du logement : se reposer, cuisiner, se laver, se rassembler,

etc. Cependant, cette définition stricte ne parvient pas à saisir la complexité de l'espace de vie dans une perspective architecturale ou humaine. Comme le remarque Hugues Baudry (2007), l'habitabilité ne peut se limiter à une simple question de mètres carrés ; elle comporte également des dimensions sociales, environnementales et symboliques. Il fait alors référence à l'habitabilité fondamentale, définie comme la capacité d'un espace à être véritablement vécu, approprié et habité durablement par des individus. Cette vision établit un lien entre les caractéristiques spatiales et les usages, perceptions et représentations sociales des lieux. (Hugues Baudry,2007)

Dans le même ordre d'idées, Géoconfluences (2022) précise que « l'habitabilité est un concept flexible qui relie des critères physiques (espace, confort, accessibilité, sécurité) à des dimensions sociales et culturelles (sentiment d'appartenance, appropriation, usages) ». Ainsi, un logement ou un espace public peut être techniquement "habitable", tout en étant socialement inhospitalier ou symboliquement excluant. (Géoconfluences,2022)

1.3.3 Espace de loisirs

Le Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement définit les espaces de loisirs comme des zones spécifiquement conçues pour des activités récréatives, contribuant à l'amélioration de la qualité de vie urbaine.

Dans le domaine de l'architecture, les espaces de loisir sont élaborés pour recevoir des activités culturelles, sportives, pédagogiques ou de détente. Ils visent à promouvoir la relaxation, l'évasion et l'interaction sociale dans un cadre fonctionnel, sûr et esthétiquement plaisant. Ces espaces ne se définissent pas simplement par leur configuration spatiale, ils aspirent aussi à procurer une expérience sensorielle et affective en stimulant les cinq sens (Trouver Mon Architecte, L'expérience sensorielle en architecture).

1.3.4 Espace culturel

L'espace culturel, dans le domaine de l'architecture, désigne un lieu spécialement conçu pour la création, la transmission et la diffusion de la culture, qu'elle soit artistique, patrimoniale ou éducative (cultures. fr). Ces infrastructures, telles que les musées, centres culturels, bibliothèques ou salles de spectacles, jouent un rôle essentiel dans la vie sociale et culturelle, tout en incarnant une identité collective unique à chaque contexte (Dok Mimarlik, n. d.). L'architecture de ces espaces vise à créer une expérience sensorielle et émotionnelle enrichissante, en jouant sur des éléments tels que la lumière, le volume, les matériaux et la relation avec l'environnement (Connections by Finsa, n. d.).

Au-delà de leur aspect physique, ces lieux engendrent également des dimensions psychologiques et comportementales. L'espace culturel ne se limite pas à une simple structure géographique, c'est une construction collective façonnée par la perception des individus, en rapport avec leurs modes de vie et leur sensibilité culturelle.

1.3.5 Espace commercial

Selon les dispositions de l'article 02 du décret exécutif n° 111-12 du 06/03/2012, le terme "espace commercial" désigne tout type de structure, qu'elle soit bâtie ou non, aménagée et délimitée, où des transactions commerciales se déroulent, que ce soit en gros ou au détail. Ces espaces commerciaux constituent des lieux où plusieurs commerces se réunissent afin de faciliter l'acte d'achat. Leur conception architecturale ne se limite pas simplement à la construction de bâtiments, mais doit également s'harmoniser avec l'environnement urbain pour offrir une expérience agréable aux visiteurs. L'ambiance, la circulation, l'éclairage et les matériaux utilisés sont tous des éléments essentiels pour rendre ces espaces à la fois attrayants et fonctionnels.

1.3.6 Espace médical

L'espace médical peut désigner soit le cabinet d'un praticien, soit un service au sein d'un établissement de soins. Il peut faire l'objet d'une réglementation ou d'une planification, comme c'est le cas pour certains secteurs ou les « cartes » sanitaires, ou encore être le résultat des dynamiques d'offre et de demande. Les dimensions de cet espace varient en fonction de la densité médicale, des spécialités, ainsi que du système de santé en vigueur. De plus, cet espace peut connaître des évolutions, qu'il s'agisse d'une extension ou d'un rétrécissement, influencées par divers paramètres démographiques, sociologiques, technologiques et organisationnels, tels que les règles de garde, les contraintes de service et les changements réglementaires, entre autres.

1.3.7 Espace de transport

Les espaces de transport se définissent comme un ensemble interconnecté d'infrastructures et d'aménagements, incluant notamment les ponts, les gares, les passerelles, ainsi que les voies, qui sont considérées comme des zones réservées à la circulation piétonnière et à celle des véhicules. Ces espaces comprennent également les zones de passage et d'attente, telles que les gares ferroviaires, routières ou maritimes, les aéroports, ainsi que les

aires d'autoroutes. En outre, ils englobent des espaces publics embarqués, tels que les trains, ferrys, bus et taxis collectifs.

1.3.8 Espace industriel

Selon le Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, les espaces industriels se réfèrent à des zones spécifiquement réservées aux activités industrielles, englobant des infrastructures dédiées à la production, au stockage et à la logistique.

1.3.9 Espace religieux

Les lieux de culte sont des endroits où l'aspect sacré est palpable, offrant aux fidèles la possibilité de vivre une expérience spirituelle et d'établir un lien avec le divin. Selon Eliade, ces espaces sont cruciaux pour l'exercice du culte, car ils favorisent l'établissement d'une connexion concrète avec le sacré et la structuration de l'identité spirituelle des personnes (Eliade, 1957).

Quand a gay il définit les lieux sacrés comme des endroits définis par une fonction particulière liée à la religion. Ces lieux se différencient des espaces profanes par leurs composantes architecturales, symboliques et rituelles, qui agissent comme des intermédiaires entre l'univers humain et le sacré. Ces lieux offrent la possibilité d'exercer sa foi et ont un rôle crucial dans l'expérience spirituelle des fidèles (Gay, 2002).

1.3.10 Espace de lecture

Le terme « espace de lecture » est fréquemment employé dans les domaines de l'éducation et de la littérature pour définir le cadre où se déroule la lecture. Même si des glossaires comme celui de Rodier et Saligny (2021) ne donnent pas une définition explicite de ce terme, on peut le comprendre comme l'environnement matériel et psychologique qui impacte la capacité d'une personne à lire de manière efficace. L'espace de lecture englobe non seulement le lieu où se produit l'acte de lire, mais aussi les facteurs contextuels qui favorisent ou entravent cette tâche.

Dans le domaine de l'architecture, les espaces de lecture, notamment dans les bibliothèques et les services d'archives, sont spécialement aménagés pour permettre la consultation sur place des documents. Ces espaces sont conçus pour offrir aux utilisateurs un environnement plaisant et fonctionnel, comprenant des zones distinctes adaptées à différents usages. Ils sont équipés de mobilier spécifique tel que des tables, des chaises et des pupitres, adaptés aux différentes manières de lire : étude approfondie, consultation rapide ou lecture détendue (France, 1988 ; BBF Enssib, 2023).

La promotion de la lecture ne se cantonne pas aux bibliothèques. En effet, selon Vinson et Vidal les écoles, les centres de loisirs, ainsi que les institutions scientifiques et de formation jouent un rôle crucial dans la stimulation de la lecture. De plus, une étude sur les stratégies de communication en bibliothèque souligne que la création d'espaces dédiés à la lecture ne devrait pas se limiter aux bibliothèques elles-mêmes (Enssib, 2013).

À la lumière de ces observations, il apparaît que l'espace de lecture ne se limite pas exclusivement aux bibliothèques, mais s'étend également à un ensemble d'équipements complémentaires, tels que :

- Les écoles
- Les médiathèques
- Les centre de loisirs scientifique
- Les bâtiments d'archives
- Les centres multifonctionnels
- Centre d'échanges entre étudiants
- Centre de formation professionnel
- Institut de formation

1.4 Evolution de l'espace de lecture à travers l'histoire

1.4.1 Antiquité

Dans l'Antiquité, la lecture était souvent un acte collectif, se déroulant dans des espaces publics tels que les forums ou les temples. Les rouleaux de papyrus et les tablettes étaient principalement utilisés par une élite instruite, limitant ainsi l'accès à la connaissance. À cette époque, le concept d'une bibliothèque en tant qu'espace dédié à la lecture n'était pas encore établi ; les textes étaient plutôt conservés dans des institutions religieuses ou des maisons privées. Depuis l'Antiquité, l'espace de lecture a connu une transformation significative, reflétant des changements culturels et technologiques. Dans les civilisations anciennes, comme celles de la Grèce et de Rome, la lecture était souvent un acte collectif réalisé dans des lieux publics tels que les agoras ou les forums. Ces espaces étaient conçus pour favoriser la discussion et le partage d'idées. Avec l'émergence des bibliothèques, notamment celle d'Alexandrie, un nouvel espace dédié à la lecture est apparu.

1.4.2 Moyen Âge

Au Moyen Âge, les monastères ont joué un rôle central dans la préservation des livres. Les scriptorium permettaient aux moines de copier des manuscrits tout en offrant un espace calme pour la lecture spirituelle. Cela a conduit à une évolution vers des espaces plus privés dédiés à l'étude personnelle.

1.4.3 15e siècle Invention de l'imprimerie

Avec le développement du livre imprimé au 15^e siècle grâce à Gutenberg et aux avancées technologiques qui ont suivi, on assiste à une démocratisation progressive de l'accès aux livres. Les bibliothèques commencent alors à émerger comme des espaces essentiels pour la diffusion du savoir. Ces institutions deviennent non seulement des lieux de conservation, mais aussi des centres d'apprentissage où les lecteurs peuvent interagir avec une variété de textes. L'augmentation du nombre de livres disponibles a conduit à une évolution vers un espace plus intime pour la lecture individuelle. Avec le développement de l'imprimerie au 15^e siècle, le livre est devenu plus accessible, engendrant ainsi une demande croissante pour des espaces où chacun pouvait lire sans contrainte.

1.4.4 18e – 19e siècles

À partir du 18^e siècle et durant le 19^e siècle, avec la montée des mouvements intellectuels comme le romantisme et le rationalisme, les bibliothèques publiques se multiplient. Ces nouvelles structures encouragent non seulement la lecture individuelle, mais également le partage d'idées au sein de communautés diverses.

1.4.5 Époque moderne

À l'époque moderne, les bibliothèques publiques émergent comme des centres communautaires qui incarnent cette évolution. Elles offrent non seulement une collection variée de livres, mais également un espace physique où se déroulent diverses activités culturelles. Ainsi, il est évident que l'évolution de l'espace de lecture est intrinsèquement liée à celle des bibliothèques ; chaque innovation dans le domaine du livre influence directement comment et où nous lisons aujourd'hui.

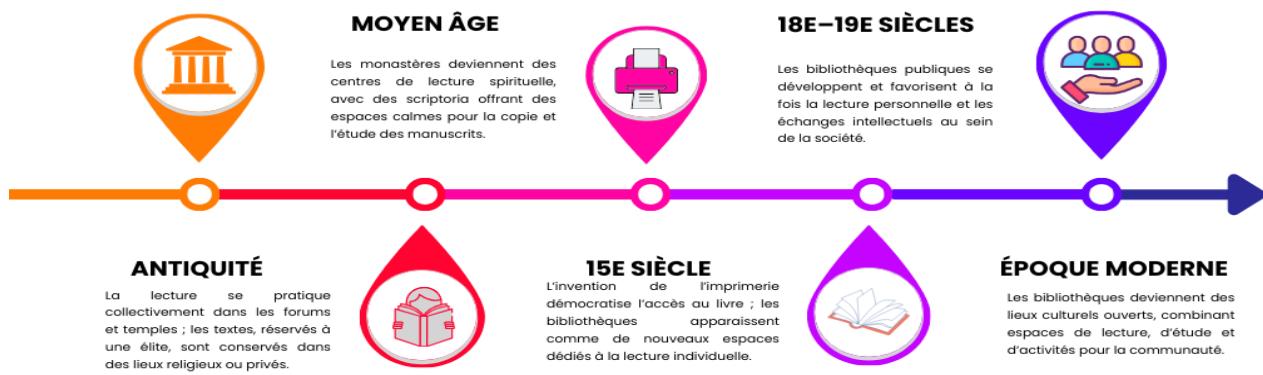


Figure 5: Evolution de l'espace de lecture (Source : Auteur, 2025)

L'évolution de l'espace de lecture à travers l'histoire est intrinsèquement liée à celle des bibliothèques.

1.5 Définition de la bibliothèque

Selon le ministère de la culture Une bibliothèque, dérivée du grec « bibliothêkê », qui signifie « lieu de dépôt de livres », est un assemblage structuré d'ouvrages, habituellement à la portée du public. Elle met fréquemment à disposition d'autres types de documents (journaux, revues, enregistrements audio et vidéo, cartes et plans, partitions...) ainsi que l'accès à Internet. (Fevrier,2008)

Une bibliothèque est définie comme un espace structuré et organisé destiné à stocker et à servir des documents, qu'il soit imprimés ou numériques.

La fonction principale est de répondre aux besoins en information, à l'éducation et aux besoins culturels de l'utilisateur tout en offrant simultanément un accès facile aux connaissances.

Par conséquent, les bibliothèques occupent une position importante dans les organisations sociales et culturelles individuelles (UNESCO Statistical Institute, 2022).

En plus de ses fonctions documentaires, les bibliothèques diffèrent dans la création d'environnements qui favorisent la lecture, la recherche et les loisirs.

Ce rôle est rendu possible par l'organisation de la salle qui favorise la concentration, la réflexion et l'échange intellectuel.

En conséquence, la bibliothèque devient un emplacement d'arbitrage, reliant les utilisateurs directement et interactivement avec les informations (ADB, 2022).

Selon les définitions classiques, il convient de noter qu'une bibliothèque est un espace ou un bâtiment spécialement développé pour une collection de documents auxquels les utilisateurs peuvent accéder sur place ou par prêt.

Cette configuration architecturale est variable, mais est basée sur une organisation fonctionnelle de l'espace qui encourage l'accès et l'utilisation des ressources (Larousse, 2022).

Les bibliothèques jouent également un rôle important dans l'alphabétisation, la formation intellectuelle et la participation civique.

Non seulement elles favorisent l'accès à l'information, mais ils favorisent également la propagation de la culture et la promotion d'une société intégrée où chaque individu peut exercer son droit à la connaissance et à la formation.

À cet égard, elles sont des acteurs importants de l'inclusion sociale et du développement culturel (IFLA / UNESCO, 2022).

Par conséquent, les bibliothèques ne se limitent pas aux simples fonctionnalités documentaire. Elles se revendiquent comme un espace social et culturel essentiel, et sa conception architecturale doit prendre en compte l'accessibilité, la mixité et l'efficacité du service.

1.5.1 Classification des bibliothèques

Selon la classification de l'UNESCO, on distingue divers types de bibliothèques :

Dans son manifeste de 1994, l'UNESCO met en avant l'importance cruciale des bibliothèques comme institutions assurant l'accès universel à la connaissance. Elle y déclare que « la bibliothèque publique est une force dynamique au service de l'éducation, de la culture et de l'information, ainsi qu'un outil crucial pour renforcer dans les esprits les défenses de la paix ». Selon cette perspective, l'UNESCO suggère une classification des bibliothèques en six principales catégories, basées sur leurs rôles et leurs publics .

1.5.1.1 Les bibliothèques nationales



Figure 6: La Bibliothèque El Hamma à Alger (Source : www.24hdz.dz)

Leur rôle est de rassembler, préserver et mettre en valeur le patrimoine documentaire d'une nation. En France, sous la supervision du ministère de la Culture, la Bibliothèque nationale de France (BnF) a pour mission le dépôt légal et propose au public une vaste gamme d'ouvrages, en complément de ses tâches de conservation telle que la bibliothèque El Hamma à Alger.

1.5.1.2 Les bibliothèques d'enseignement



Figure 7: La Bibliothèque universitaire de paris 8 (Source patrimoine.seinesaintdenis.fr)

Associées aux universités et aux grandes écoles, ces bibliothèques mettent à disposition des ressources pédagogiques et scientifiques pour les étudiants, les enseignants et les chercheurs. Il est possible pour elles de se structurer en réseaux interuniversitaires, connus sous le nom de Services inter-établissements de coopération documentaire (SICD), dans le but de partager les ressources et les services telle que la Bibliothèque universitaire de la faculté des Lettres de l'Université de Paris 8 Saint-Denis en France.

1.5.1.3 Les bibliothèques importantes non spécialisées

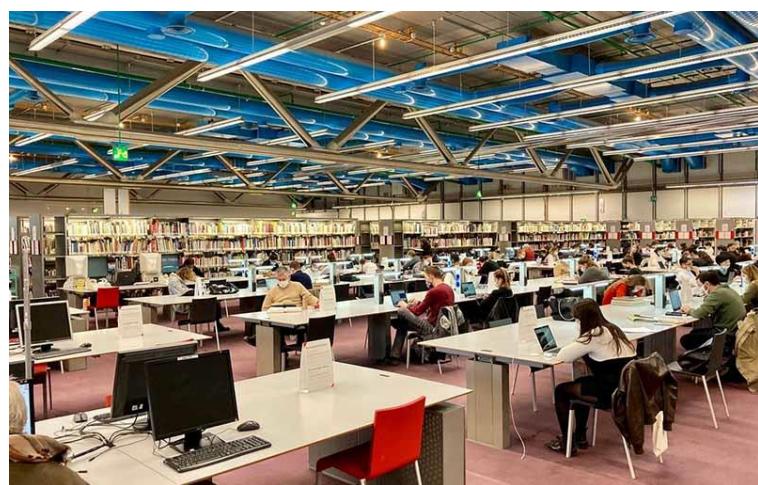


Figure 8: La Bibliothèque de George Pompidou paris (Source : www.lejournaldesarts.fr)

Cette catégorie englobe les bibliothèques érudites à caractère encyclopédique et d'envergure nationale, qui ne sont pas classées dans les deux premières catégories. On peut mentionner en France la Bibliothèque Mazarine, la Bibliothèque publique d'information (BPI) et la Bibliothèque des sciences et de l'industrie (BSI) parmi ses établissements notables telle que la bibliothèque de George Pompidou paris France.

1.5.1.4 Les bibliothèques scolaires



Figure 9: La Bibliothèque CDI du Lycée Jean Monnet Paris (Source : www.lejournaldesarts.fr)

Également connues sous le nom de Centres de documentation et d'information (CDI), ces structures sont intégrées au sein des établissements d'enseignement secondaire, tels que les collèges et lycées. Ces lieux sont en cours de transformation en Centres de connaissance et de culture (3C), dans le but d'offrir un environnement d'apprentissage plus interactif et conforme aux exigences pédagogiques modernes parmi ce type de bibliothèque on trouve Centre de Documentation et d'Information (CDI) du Lycée Jean Monnet Paris, France

1.5.1.5 Les bibliothèques spécialisées



Figure 10: La Bibliothèque de Museum of modern art (Source : www.partir-a-new-york.com)

Elles se focalisent sur un champ de savoir précis. Pour illustration, nous pouvons mentionner la Cité de l'architecture et du patrimoine, la Bibliothèque-musée de l'Opéra, ainsi que la Bibliothèque interuniversitaire de santé et Museum of Modern Art Library à New York, États-Unis.

1.5.1.6 Les bibliothèques de lecture publique



Figure 11: Bibliothèque publique de Toronto au Canada

(Source www.torontopubliclibrary.ca)

Ces bibliothèques, soutenues par des financements publics ou privés, ont pour objectif d'assurer un accès équitable à la culture, l'information et les activités de détente. La loi Robert (Journal officiel du 22 décembre 2021) encadre leur fonctionnement et définit leurs objectifs : promouvoir la lecture et garantir à tous l'accès à la culture parmi les exemples emblématiques des bibliothèques publiques, on trouve la bibliothèque publique de Toronto au Canada.

Il existe plusieurs sous-catégories de bibliothèques publiques :

- **Les bibliothèques municipales** : Administrées par les autorités locales, elles occupent une place centrale dans l'accès à l'information à l'échelle locale.
- **Les bibliothèques départementales de prêt** : Elles offrent leurs services aux petites municipalités ne disposant pas de bibliothèques, notamment grâce à l'intermédiaire de bibliobus.
- **Les bibliothèques d'hôpitaux** : Administrées soit par des collectivités locales, soit par du personnel hospitalier ou des bénévoles associatifs.
- **Les bibliothèques pénitentiaires** : Mises en place grâce à une collaboration entre l'administration des prisons, les collectivités locales, les directions culturelles régionales et les associations, elles ont vu le jour suite à une circulaire interministérielle de 1992.

- **Les bibliothèques d'associations** : Les associations ont mis en place des bibliothèques, en réponse à une insuffisance d'accès à la lecture, ou dans le contexte d'une délégation de service public.
- **Les bibliothèques d'entreprise** : Destinées aux employés et administrées par le Comité social et économique (CSE), elles ont aujourd'hui du mal à perdurer malgré la charte signée en 2016 pour promouvoir la lecture au sein de l'entreprise.

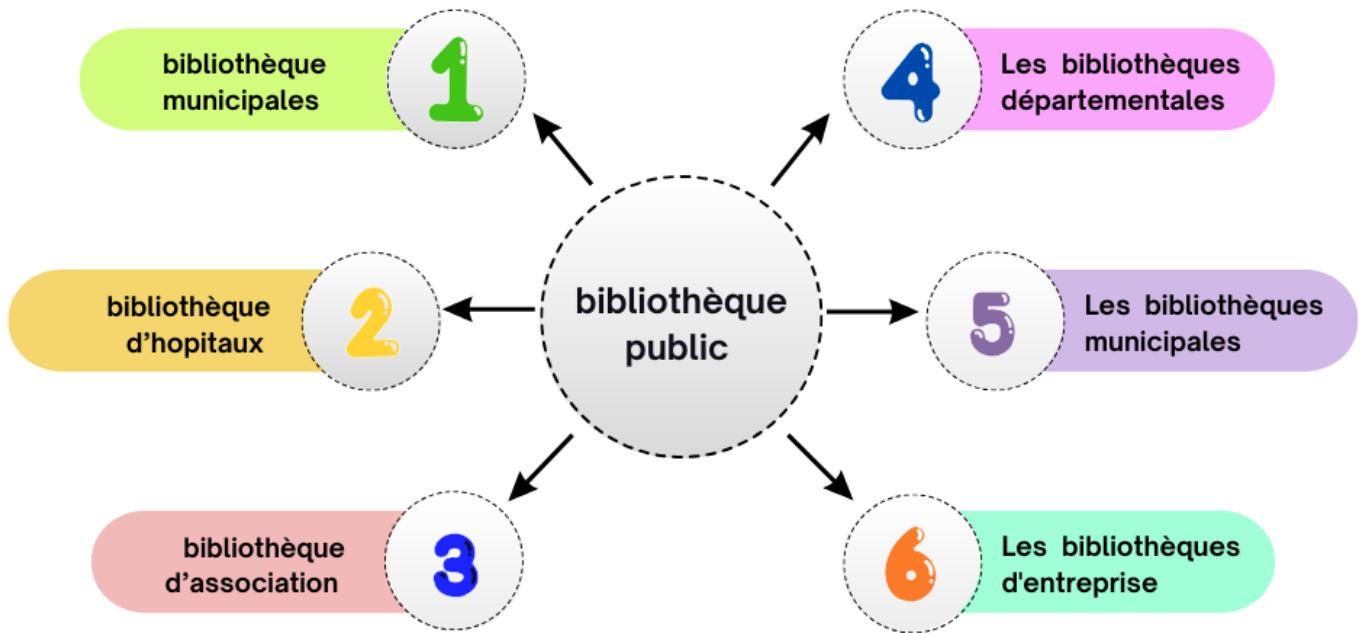


Figure 12: sous-catégories de bibliothèques publiques (Source : Auteur, 2025)

1.6 Exigences fonctionnelles et techniques

1.6.1 Exigences spatiales

La structure organisationnelle d'une bibliothèque s'articule principalement autour de trois types d'espaces : les espaces publics, les espaces internes et les espaces annexes.

1.6.1.1 Les espaces publics

Comprisent les zones prévues pour l'accueil et l'utilisation directe par les usagers. On y trouve les domaines dits conventionnels, comme le hall, la section des adultes et celle des enfants. Des services supplémentaires y sont désormais proposés, en réponse à l'évolution des pratiques culturelles : un espace d'écoute et de prêt de musique, une section audiovisuelle pour la présentation de diapositives et l'utilisation de cassettes vidéo, une salle polyvalente dédiée à des activités récréatives, une salle de travail en groupe, une artothèque...

Chaque espace nécessite une définition précise de ses fonctions, incluant la capacité en sièges, le type de documents à consulter, le mobilier à installer et les effectifs à y affecter. Ces éléments permettent d'estimer les surfaces à prévoir conformément aux normes établies.

1.6.1.2 Les services internes

Concernent les zones dédiées au fonctionnement de la bibliothèque. Cela inclut notamment les magasins de conservation, les locaux techniques (chauffage, électricité, appareils élévateurs), ainsi que les logements des bibliothécaires et du concierge. Bien que leur organisation puisse sembler secondaire dans les structures de petite taille, elle se complexifie rapidement, même dans les municipalités de moins de 25 000 habitants. L'existence d'une collection historique, de fonds particuliers, d'un fonds local à valoriser, d'un bibliobus ou encore d'un atelier de reliure peut en effet justifier une extension des surfaces existantes, voire l'ajout de nouveaux espaces tels que des bureaux, des ateliers ou des garages.

1.6.1.3 Les services annexes

Regroupent les espaces complémentaires indispensables au bon fonctionnement de l'équipement. Ils comprennent les circulations horizontales et verticales, les installations sanitaires pour le public et le personnel, les vestiaires, ainsi que les espaces sociaux : salle de détente avec kitchenette, infirmerie, et éventuellement local syndical. Lorsque des logements sont intégrés à l'ensemble, ils relèvent également de cette catégorie et peuvent engendrer certaines contraintes particulières d'aménagement.



Figure 13: organigramme de l'Organisation Intérieur D'une Bibliothèque

(Source : Auteur, 2025)

1.6.2 Exigences fonctionnelles

1.6.2.1 Implantation

L'organisation interne d'une bibliothèque joue un rôle primordial dans son efficacité, car elle doit permettre la réalisation de toutes ses fonctions. Trois critères fondamentaux orientent le choix de son emplacement :

- **Proximité** : Il est crucial que la bibliothèque soit située de manière appropriée par rapport à la communauté qu'elle dessert. En général, on constate une diminution significative de la fréquentation au-delà d'une distance de 1 200 mètres à pied.
- **Attractivité du site** : L'environnement dans lequel la bibliothèque est implantée revêt une importance capitale. La proximité de centres commerciaux, d'établissements éducatifs ou de sites culturels présente des avantages indéniables.
- **Accessibilité** : Il est essentiel de garantir une accessibilité optimale par le biais des transports en commun et des véhicules particuliers, en proposant des options de stationnement.

Cependant, il est important d'éviter certains éléments, tels que la proximité des voies ferrées, des routes à fort trafic, d'usines produisant du bruit ou de la pollution, ou encore de zones dédiées à des activités perturbantes, comme les foires.

1.6.2.2 Accessibilité et Accueil

Il est primordial d'évaluer soigneusement les conditions d'accès physiques à une bibliothèque pour répondre aux besoins de l'ensemble de ses usagers :

Il est primordial d'évaluer soigneusement les conditions d'accès physiques à une bibliothèque pour répondre aux besoins de l'ensemble de ses usagers :

- **Public varié** : Il faut prendre en compte les enfants, les personnes âgées, celles à mobilité limitée, ainsi que ceux qui se déplacent en transport en commun ou avec leur propre voiture.
- **Accès pour le personnel** : Chaque employé doit disposer d'une entrée lui étant propre. Gestion logistique : Il est essentiel de prévoir des accès adéquats pour le transport d'objets lourds (étagères de livres, équipements, meubles encombrants, etc.), ainsi que pour les bibliobus de grande dimension (10 à 12 tonnes), en intégrant une plateforme de chargement ou une aire de stationnement appropriée.

- **La logistique :** cette dernière joue un rôle crucial dans l'organisation des accès nécessaires au déplacement d'objets lourds tels que des casiers de livres, des appareils et des meubles volumineux, ainsi que pour les bibliobus de grande taille pesant entre 10 et 12 tonnes. Il est essentiel de prévoir une plateforme de chargement ou une zone de stationnement adaptée à ces besoins spécifiques.

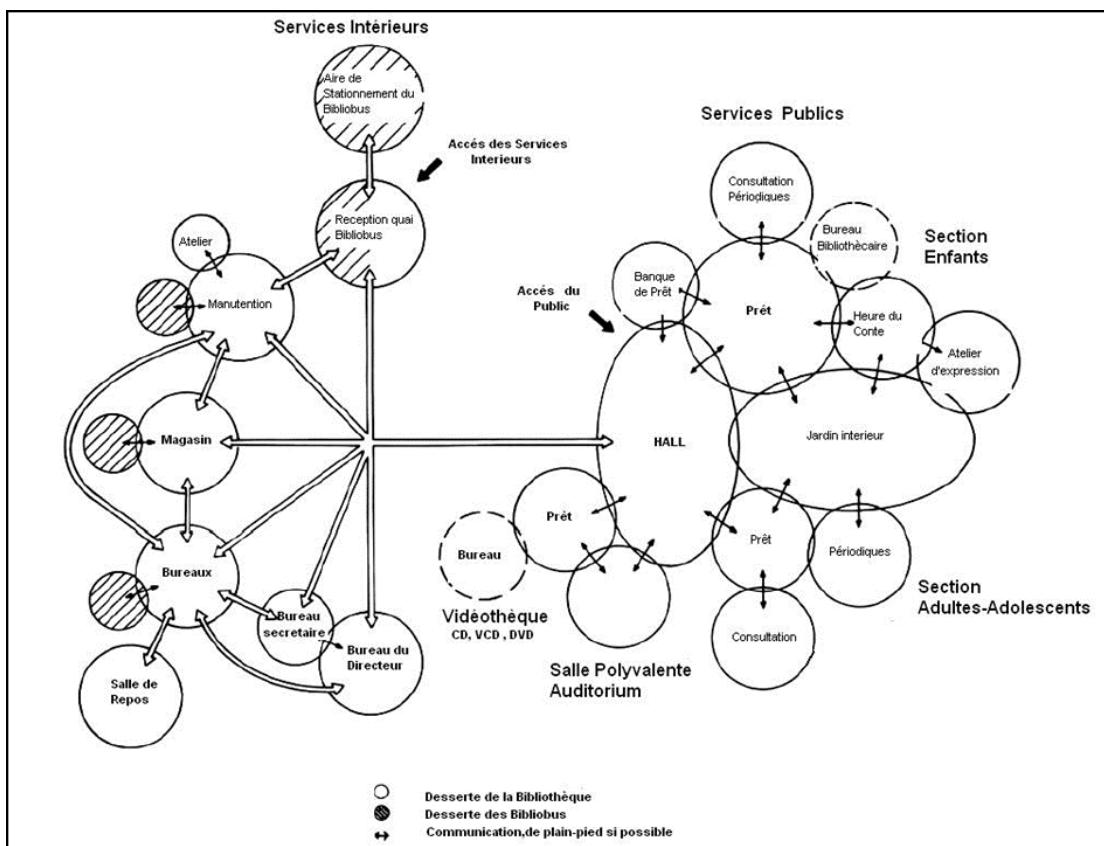


Figure 14: Organisation Intérieur D'une Bibliothèque

(Source : Normalisation des infrastructures et équipements culturels ,2008)

En ce qui concerne l'entrée et sa façade, il est important qu'elles soient accueillantes et ouvertes au public. Pour ce faire, plusieurs recommandations peuvent être prises en compte :

- Il est préférable de privilégier les rampes d'accès pour les personnes à mobilité réduite plutôt que de multiplier les escaliers
- Il est conseillé d'éviter les murs austères qui pourraient décourager les visiteurs.

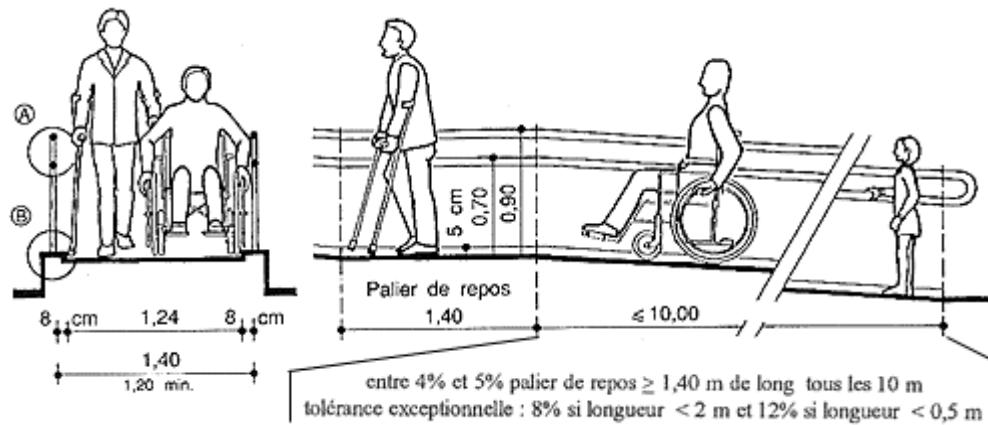


Figure 15: Les normes des rampes d'accès (source : pédagogie.ac-aix-marseille.fr, 2011)

- L'installation de façades en verre, permettant d'observer l'intérieur depuis l'extérieur, à l'instar des vitrines de boutiques ou de librairies, est à envisager pour favoriser une meilleure visibilité et attractivité.

Une fois que les visiteurs entrent, il est essentiel que l'orientation soit facile et intuitive. Cela peut être réalisé de différentes manières :

Des instructions claires : Il est important d'afficher des indications facilement visibles pour guider les visiteurs.

- Agents d'accueil : Des membres du personnel sont présents dans le hall pour aider les nouveaux arrivants à se repérer.
- Supports visuels : Des meubles d'exposition, des affiches, des schémas lumineux des espaces ou des maquettes explicatives peuvent être utilisés pour faciliter la compréhension des lieux.

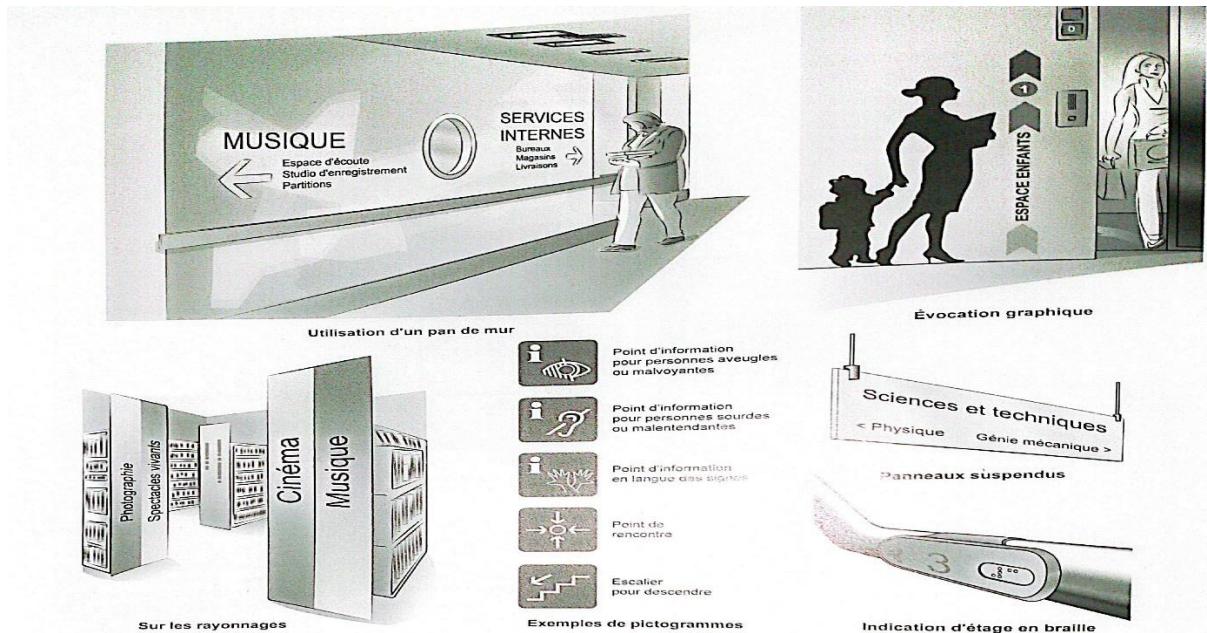


Figure 16: Aménagement Des Entrées des bibliothèques

(Source : concevoir et construire une bibliothèque, sd)

En outre, il est recommandé d'offrir des services supplémentaires tels que des téléphones publics, un vestiaire surveillé et des notifications sur les horaires d'ouverture pour améliorer l'expérience des visiteurs.

➤ **Circuits Intérieurs :**

Dans une bibliothèque l'organisation de ces trois circuits requiert une attention particulière :

- Circuit du public : Permet aux visiteurs de se déplacer librement entre les espaces de lecture, d'emprunt et autres services disponibles.
- Le parcours du traitement des documents : Se réfère à la trajectoire des livres et autres supports, depuis leur arrivée et leur traitement jusqu'à leur disposition sur les étagères.
- Le parcours du personnel : Conçu et planifié pour faciliter les déplacements des employés entre les zones privées (bureaux, espaces techniques) et les zones publiques ou techniques, sans perturber les autres flux de circulation.

En revanche, il est impératif que ces trois circuits soient distinctement séparés en particulier les deux premiers afin d'éviter toute confusion ou perturbation dans le fonctionnement. Bien que trois circuits soient jugés essentiels, la possibilité d'en introduire une quatrième demeure envisageable.

Ce dernier concerne les usagers qui ne fréquentent pas la bibliothèque pour consulter ou emprunter des ouvrages mais plutôt pour assister à des activités culturelles il englobe des espaces tel que les salles de réunion, de conférence, d'exposition, les auditoriums ou encore les espaces de travail en groupe. Ces zones doivent être conçues de manière à pouvoir fonctionner indépendamment du reste des services de la bibliothèque, garantissant ainsi une autonomie d'usage adaptée aux différentes typologies de publics.

➤ **Liaison verticale :**

La disposition des escaliers et des ascenseurs doit être soigneusement planifiée dès les premières phases de conception des édifices publics, y compris les bibliothèques.

Les escaliers accessibles aux publics doivent être en conformité avec les normes de sécurité de façon à être installés dans des cages fermées avec portes à chaque niveau. Dans le cas où une bibliothèque est pourvue de plusieurs étages il est crucial d'avoir des liaisons mécanique verticales afin de :



Figure 17: Aménagement Des Entrées des bibliothèques

(Source : www.sietram.fr)

- Assurer l'accessibilité pour tous, en particulier les personnes âgées et en situation de handicap.
- Simplifier le déplacement des charges lourdes pour les membres du personnel

1.6.3 Exigences techniques

1.6.3.1 Résistance des planchers

Les planchers doivent être conçus pour résister à des charges très diverses, y compris celles provenant de rayonnages chargés de documents lourds. Les espaces de stockage des documents (magasins) doivent avoir des planchers qui peuvent supporter jusqu'à 1 200 kg/m². Si le système de rayonnages est mobile, cette charge peut monter à 2 400 kg/m². Il est crucial que cette

résistance soit assurée pour la sécurité et la durabilité de la structure, surtout considérant que l'utilisation des locaux pourrait évoluer avec le temps.

1.6.3.2 Ventilation et aération

Il est essentiel d'assurer une bonne ventilation dans une bibliothèque. On préconise généralement de garantir un apport d'air frais de 10 m³ par heure et par individu. Dans les boutiques de conservation, la circulation de l'air est également essentielle pour maintenir une température et un taux d'humidité constants afin de protéger les documents. Selon le contexte, des filtres à air peuvent être indispensables dans les zones urbaines plus contaminées.

1.6.3.3 Chauffage et hygrométrie

Pour assurer le bien-être des utilisateurs et du personnel, il est nécessaire de conserver une température entre 18 et 20°C. L'étude du système de chauffage doit tenir compte des caractéristiques particulières des espaces, tout en assurant un contrôle efficace de l'humidité. Pour les documents imprimés, un taux d'humidité idéal se situe entre 50 et 55 %. Des fluctuations excessives peuvent nuire aux livres, aux reliures et à d'autres supports fragiles.

1.6.3.4 Éclairage naturel et artificiel

L'éclairage des bibliothèques doit être minutieusement planifié, aussi bien pour assurer le confort des utilisateurs que pour préserver les documents. L'éclairage naturel, quand il est présent, doit être dosé afin d'éviter une exposition prolongée à la lumière directe qui peut nuire aux matériaux en papier et autres objets délicats. L'éclairage artificiel doit aussi respecter des critères spécifiques afin de fournir une lumière homogène et plaisante sans générer d'ombres. On utilise fréquemment des systèmes d'éclairage combinés (fluorescent et incandescent) afin d'assurer une visibilité optimale tout en protégeant les documents.

La réglementation européenne en matière d'éclairage varie selon le type d'espace et les activités qui y sont réalisées, afin d'assurer un confort visuel optimal. Pour les salles de lecture, un niveau d'éclairage de 500 lux est recommandé. La norme NBN EN 12464-1 précise les exigences spécifiques à respecter pour ces espaces, avec un tableau récapitulatif facilitant leur application.

Tableau 1: Exigences spécifiques d'éclairage (Source : energieplus-lesite.be)

Type d'intérieur, tâche ou activité	Em (lux)	UGR	Uo	Ra	Remarques	Plan de référence
Bibliothèque : rayonnages	200	19	0,60	80	–	Plans verticaux des rayonnages.
Bibliothèque salle de lecture	500	19	0,60	80	–	0,85 m du sol par défaut.

1.6.3.5 Insonorisation

Maintenir la tranquillité dans les bibliothèques est désormais une nécessité essentielle, étant donné que les utilisateurs requièrent un cadre serein pour lire ou travailler. Il est donc crucial d'incorporer des matériaux qui isolent du bruit comme les tapis, les plafonds acoustiques ou le double vitrage pour réduire les désagréments sonores provenant de l'extérieur ou des lieux de passage internes.

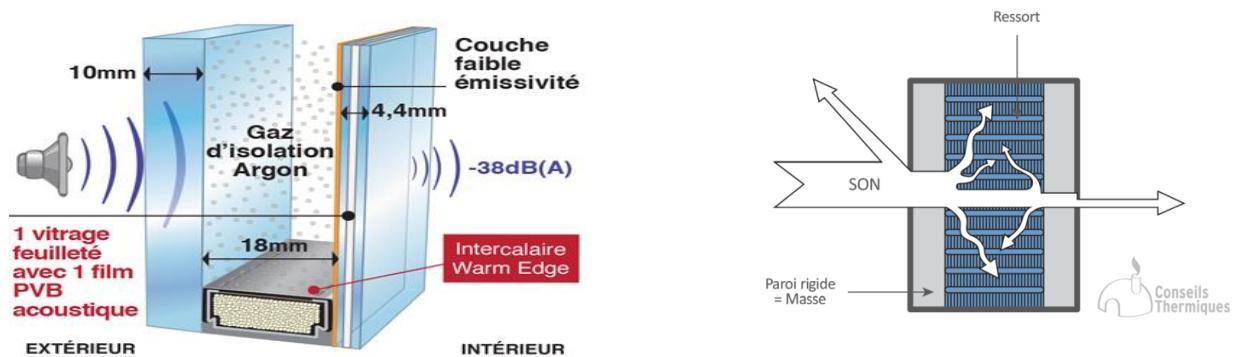


Figure 18: Isolation Acoustique Des Parois

(Source : www.forumconstruire.com)

1.6.3.6 Sécurité

La sécurité est un élément crucial, aussi bien pour éviter les dangers d'incendie que pour se protéger contre les vols. Les bibliothèques contiennent souvent des collections rares ou de grande valeur qui nécessitent une protection contre toute tentative de vol. De plus, l'installation de systèmes de sécurité incendie doit respecter les normes actuelles pour minimiser les risques et garantir une évacuation efficace en cas d'urgence.

1.6.4 Exigences liées aux équipements et mobiliers

Les besoins relatifs aux matériels et mobiliers dans une bibliothèque sont essentiels pour garantir un cadre à la fois opérationnel, attrayant et inclusif. Ces critères sont conçus pour satisfaire les diverses exigences des utilisateurs, tout en aménageant un lieu plaisant et approprié à diverses activités, qu'il s'agisse de lecture, de consultation de documents ou d'utilisation d'outils numériques. Voici les points essentiels à considérer selon les normes du ministère de la Culture en Mars 2005.

1.6.4.1 Mobilier et aménagement intérieur

Le mobilier doit être conçu de manière à compléter l'architecture du bâtiment tout en créant un environnement accueillant et fonctionnel. Cela implique de :

- **Esthétique et ergonomie** : Le mobilier doit allier fonctionnalité et esthétique, en apportant une ambiance chaleureuse et lumineuse, tout en répondant aux exigences pratiques de la bibliothèque. Il est important de ne pas donner une connotation scolaire trop marquée dans la forme, la dimension, les matériaux et les coloris des meubles.
- **Accessibilité** : Le mobilier doit être conçu pour être accessible à tous les publics, en particulier aux jeunes, aux personnes âgées et aux personnes à mobilité réduite. Les zones doivent être bien définies, et la signalisation claire pour que l'implantation des secteurs et le classement des collections soient facilement repérables dès l'entrée.

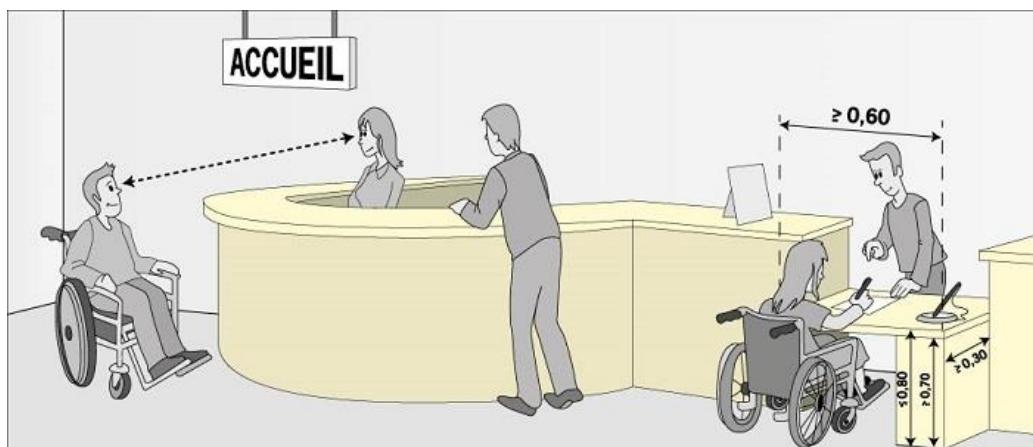


Figure 19: Normes d'aménagement de l'espace accueil d'une bibliothèque
(Source : www.seton.fr)

- **Organisation de l'espace** : L'aménagement intérieur doit privilégier la circulation et les liaisons visuelles et fonctionnelles. Il faut éviter la création de « murs de rayonnages »

qui peuvent empêcher une vue d'ensemble de l'espace, et s'assurer que les rayonnages soient espacés de manière adéquate pour permettre une circulation fluide.

- **Gestion des obstacles matériels** : L'emplacement des rayonnages doit éviter les « obstacles » tels que les piliers ou radiateurs, pour ne pas gêner la circulation ou la visibilité des documents. Les rayonnages ne doivent pas être placés directement contre les piliers, et la lumière naturelle et artificielle doit être gérée pour éviter les nuisances, telles que l'exposition directe des documents au soleil.
- **Caractéristiques du mobilier** :
 - **Solide** et durable pour supporter l'utilisation intensive dans un environnement public.
 - **Modulable** : Les rayonnages doivent permettre une évolution facile, avec des possibilités d'ajouter ou de retirer des tablettes sans devoir démonter tout le meuble. Il faut aussi prévoir des options pour adapter les rayonnages selon les besoins (par exemple, des rayonnages simples ou doubles faces).
 - **Sécuritaire** : Les meubles doivent être stables, sans arêtes tranchantes, et respecter les normes de sécurité.
 - **Confortable et facile d'entretien** : Le mobilier doit garantir le confort des usagers (sièges, tables) tout en étant facile à nettoyer et maintenir.
 - **Conforme aux normes HQE** : Le mobilier devrait idéalement répondre aux exigences de la haute qualité environnementale (HQE), garantissant une faible empreinte écologique et une gestion responsable des matériaux.

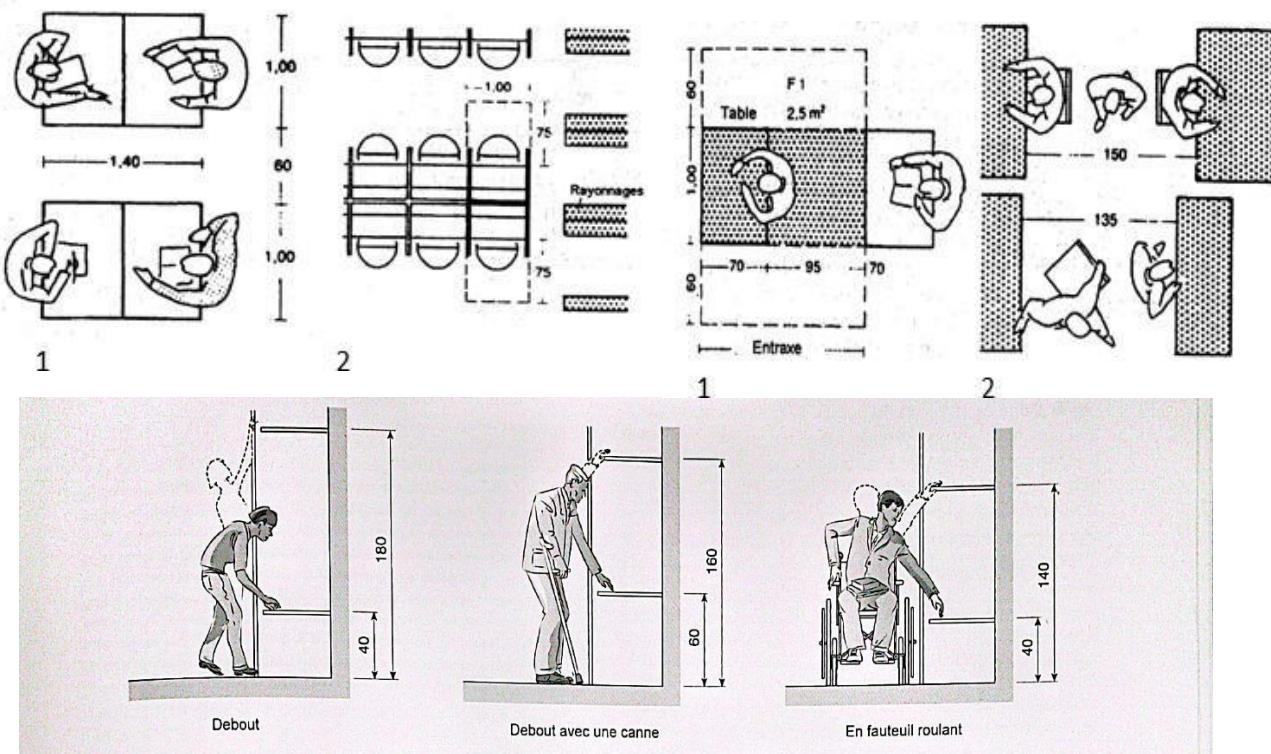


Figure 20: Normes du Mobilier d'une bibliothèque (Source : www.seton.fr)

Conclusion

En conclusion de ce premier chapitre, les espaces de lecture s'imposent comme des composantes essentielles de l'architecture des bibliothèques. Leur rôle dépasse largement la simple conservation des documents pour intégrer une dimension à la fois fonctionnelle, sociale et symbolique. Chaque typologie de bibliothèque qu'elle soit publique, universitaire ou spécialisée nécessite une organisation spatiale et technique soigneusement pensée pour répondre aux besoins et aux pratiques de ses usagers (Pérat, 2017).

Parmi les exigences fondamentales, la gestion des circulations, la qualité de l'éclairage (naturel et artificiel), ainsi que le confort acoustique, apparaissent comme des conditions essentielles à la création d'un environnement favorable à la lecture et à l'étude. En parallèle, les évolutions technologiques imposent une flexibilité accrue et une adaptation continue des espaces (Enssib, 2021).

La complexité de cette conception architecturale est admirablement exprimée par Daniel Payot, lorsqu'il affirme :

« Une bibliothèque n'est ni une maison, ni un palais, ni un temple, ni un cénotaphe, ni un théâtre. Ce qu'elle est constituée finalement pour la théorie de l'architecture un problème, dont la

résolution suppose une confrontation avec... l'articulation de tous les éléments suggérés : le savoir, la vérité, l'espace, l'usage, la physique, le sens, la communauté » (Payot, 1996).

Cette réflexion introduit ainsi naturellement le chapitre suivant, consacré à la dimension acoustique des espaces de lecture et à son rôle dans l'amélioration du confort des usagers.



Chapitre 2

Le confort Acoustique dans les Espaces De Lecture

"Le bruit assassine les pensées..." NIETZCHE. F.W (1844-1900)

Introduction

L'acoustique joue un rôle crucial dans la création d'une atmosphère architecturale dans les espaces construits. Elle a un impact direct sur la perception et l'expérience des utilisateurs d'un lieu. Au-delà de son aspect purement technique, la qualité sonore contribue activement au confort global et au bien-être sensoriel des individus. Cette importance est particulièrement notable dans les espaces dédiés à la lecture, où le silence et la qualité sonore sont essentiels pour favoriser la concentration, l'étude et l'immersion intellectuelle.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les concepts clés de l'acoustique architecturale et d'examiner les éléments nécessaires pour garantir un confort sonore optimal dans les espaces de lecture. Il s'agit d'aborder les principes physiques du son, d'analyser les phénomènes liés à sa propagation dans un espace clos, et de démontrer comment ces facteurs influent directement sur la qualité de l'environnement acoustique.

2.1 Définition de l'ambiance

« L'ambiance n'est pas qu'une simple addition des cinq sens, mais relève d'un sens commun »
Aristote

Selon le Dictionnaire de l'Académie française, 9e édition, le terme ambiance provient du latin ambiens, signifiant « aller autour » ou « entourer ». Il désigne l'atmosphère matérielle ou morale qui entoure une personne, en créant un environnement perceptible à travers divers sens (air, lumière, son, etc.).

La notion d'ambiance fait référence à une perception globale qui découle de l'interaction entre les caractéristiques physiques d'un espace, les sensations sensorielles de l'utilisateur, ainsi que les représentations culturelles et sociales. Cette perception se forme à travers une relation sensible impliquant le corps, les sens et l'environnement, en intégrant des éléments tels que la lumière, les sons, les textures, les odeurs et la température. L'ambiance traduit ainsi une atmosphère vécue, ancrée dans un contexte spatio-temporel spécifique, et impliquant l'utilisateur dans une expérience multisensorielle. Ce concept se situe au croisement de l'architecture, de la culture et de la subjectivité humaine, intégrant à la fois des dimensions physiques, sociales et esthétiques (Belakehal et al., 2009).

2.1.1 Les composantes de l'ambiance

Selon BELAKEHAL & al L'ambiance résulte de l'interaction entre plusieurs éléments essentiels :

- **Le contexte du lieu** : climat, culture et société influencent la perception et l'usage de l'espace.
- **L'espace architectural** : la configuration, les usages et les activités qui s'y déroulent.
- **L'environnement physique** : les stimuli sensoriels tels que la lumière, le son, la température et la qualité de l'air.
- **L'usager** : sa perception et son comportement, qui donnent sens à l'expérience spatiale.

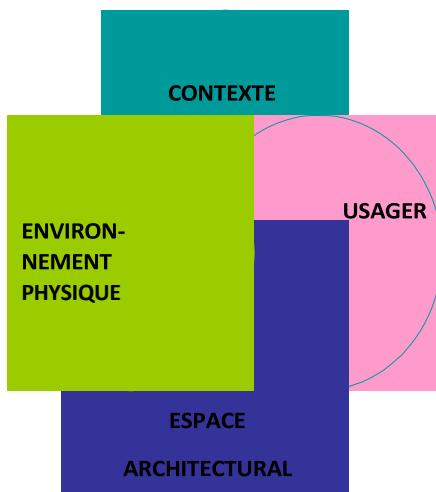


Figure 21: les composantes de l'ambiance (source :Belakehal et al, 2009)

2.1.2 Les différents types d'ambiance

Dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme, le concept d'ambiance repose sur l'interaction entre un signal physique émis par l'environnement et la manière dont ce signal est perçu par un individu à travers ses organes sensoriels. Cette interaction entraîne une réaction mentale et/ou corporelle qui définit l'expérience de l'ambiance. Ainsi, il est possible de qualifier les ambiances de deux manières principales : en fonction de l'organe sensoriel récepteur ou du signal physique émis (Belakehal et al., 2009).

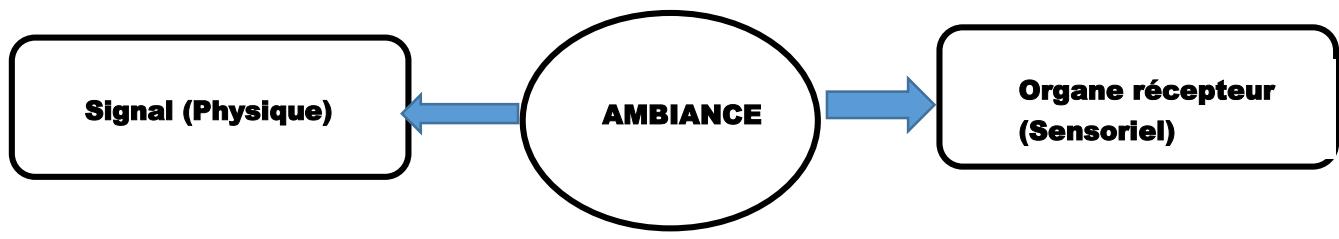


Figure 22 : Interaction signal et organe récepteur source : (source :Belakehal et al, 2009)

L'ambiance peut être appréhendée de différentes manières, notamment à travers les sens humains ou les caractéristiques physiques de l'espace.

D'une part, on peut la qualifier selon les organes sensoriels mobilisés par l'usager. On distingue ainsi plusieurs types d'ambiances :

Tableau 2: Qualification de l'ambiance sonore selon les organes sensoriels

(Source : Belkhal et al,2009)

Organe sensoriel	Ambiance
Œil	Visuelle
Oreille	Auditive
Nez	Olfactive
Bouche	Gustative
Peau	Tactile

- L'ambiance visuelle, perçue par les yeux, renvoie à la lumière, aux jeux d'ombre, aux couleurs et à la forme des espaces.
- L'ambiance olfactive, captée par le nez, est liée aux odeurs présentes dans l'environnement, qu'elles soient agréables ou non.
- L'ambiance auditive, perçue par l'ouïe, concerne les sons ambients, les bruits de fond ou encore les silences.
- L'ambiance tactile, ressentie par la peau, les mains ou les pieds, évoque les sensations liées à la texture des matériaux, à la température ou aux vibrations.
- L'ambiance gustative, bien que plus rare dans les espaces architecturaux, engage le goût et peut intervenir dans des lieux particuliers, comme les espaces de restauration.

D'autre part, l'ambiance peut également être décrite à partir des signaux physiques émis par l'environnement construit :

Tableau 3: Qualification de l'ambiance sonore selon les signaux physiques

(Source :Belkhal et al,2009)

Signal	Ambiance
Lumière	Lumineuse
Bruit	Sonore
Odeur	Odoriférante
Chaleur/ Fraîcheur	Thermique
Couleur/Texture/Ligne	Formelle

- L'ambiance lumineuse, définie par la qualité, l'intensité et la direction de la lumière.
- L'ambiance sonore, déterminée par les niveaux de bruit, la présence de sons naturels ou artificiels, ou encore par le silence.
- L'ambiance odorante, marquée par les effluves qui émanent des matériaux, des usagers ou du contexte environnant.
- L'ambiance thermique, qui dépend des sensations de chaleur ou de fraîcheur ressenties.
- L'ambiance aéraulique, en lien avec les mouvements d'air ou la ventilation naturelle.
- L'ambiance formelle, liée à la composition architecturale : couleurs, textures, lignes, volumes et matériaux.

L'ambiance, en tant que vécu à la fois sensoriel et émotionnel, constitue un contexte général dans lequel les utilisateurs appréhendent un espace. Toutefois, cette expérience est conditionnée par les conditions de confort.

2.2 Définition du confort

Le confort peut être défini comme un état agréable de bien-être, d'aisance et d'harmonie entre la personne et son environnement, englobant les dimensions physiques, physiologiques et psychologique (Ahmadpour et al., 2014, cité par Robert, 2020). Il s'applique à de nombreux objets et situations du quotidien, tels que les vêtements, les sièges, les lieux d'habitation ou les moyens de transport, et concerne divers professionnels, notamment les architectes, les designers, les ergonomes et les ingénieurs (Robert, 2020). Le confort est recherché car il constitue la base du bien-être, lui-même à l'origine de la satisfaction, d'une expérience positive de l'espace, voire du bonheur (Robert, 2020). En ergonomie, il est considéré comme un critère

fondamental de l'adaptation des environnements aux besoins humains. Par ailleurs, la définition usuelle du confort, selon Dubois (2006), renvoie à la satisfaction des besoins spécifiques de chaque composante du système sensoriel.

2.2.1 Les types de confort

Franz Graf et Giulia Marino, dans leur ouvrage « Les dispositifs du confort dans l'architecture du XXe siècle : connaissance et stratégies de sauvegarde », mettent en évidence que le confort est un concept pluriel, englobant diverses dimensions comme le confort thermique, acoustique, visuel ou même olfactif. Cette approche met en évidence que le confort en architecture n'est pas un concept unique, mais bien une réalité plurielle, composée de plusieurs types complémentaires.

Le confort visuel : Le confort visuel correspond à une sensation subjective de satisfaction du système visuel, principalement liée à l'absence de gêne provoquée par les conditions de l'environnement lumineux (Association Française de l'Éclairage, 1995, p. 11).

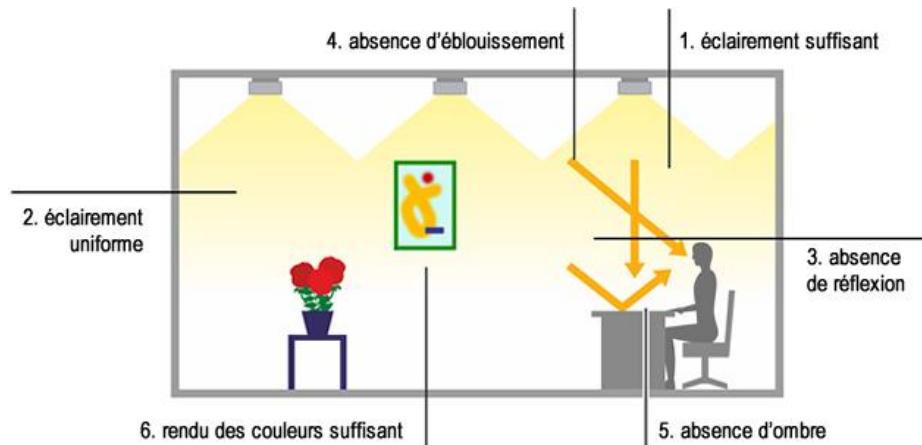


Figure 23: Le confort lumineux (Source : confortvisuel.fr)

- **Le confort thermique :** le confort thermique est une notion à la fois physique et subjective, définie comme un état d'équilibre entre le corps humain et son environnement, sans besoin d'ajustement comportemental (Hensen, 1991 ; ASHRAE, 2010). Il dépend de facteurs thermophysiolologiques, psychologiques et culturels, variables selon les individus (Djongyang et al., 2010 ; Belkhouane, 2017).

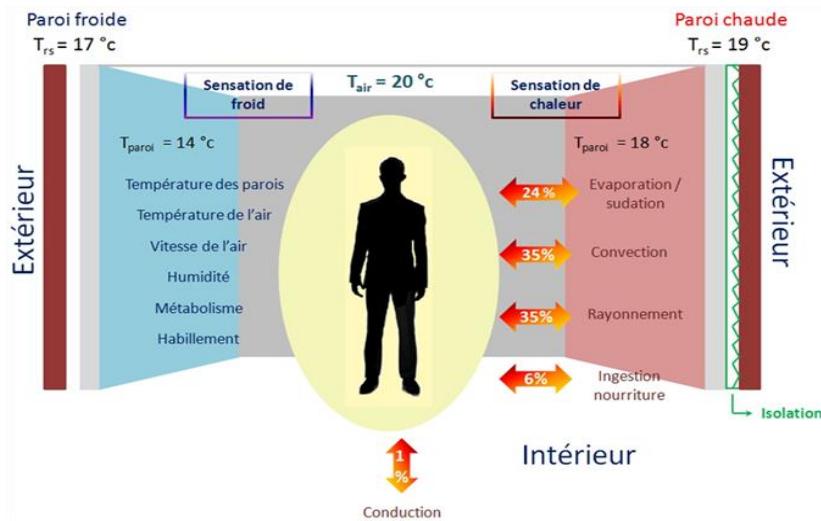


Figure 24: Le confort thermique (Source : www.energie.wallonie.be)

En plus du confort thermique et visuel, il existe d'autres types de confort, tels que le confort olfactif, tactile et acoustique. Parmi ces différents types, cette étude s'intéresse particulièrement au confort acoustique, notamment dans le contexte des salles de lecture.

- **Confort sonore :** Le confort sonore, également appelé confort acoustique, se réfère à la satisfaction d'une personne concernant les propriétés acoustiques d'un environnement (Navai & Veitch, 2003 ; ISO 12913-1, 2014). Il se base sur une appréciation positive subjective des sons présents, jugés plaisants, harmonieux et appropriés à l'utilisation de l'espace (Aletta et al., 2016 ; Taghipour et al., 2019). Ce confort ne se base pas uniquement sur des indicateurs quantifiables tels que le niveau de bruit ou le temps de réverbération ; il est aussi conditionné par l'expérience personnelle de l'utilisateur, ses attentes et sa perception du son, qui peut différer d'une personne à une autre (CRESSON, mentionné dans Boubezari, 2020). L'évaluation du confort acoustique combine donc des indices objectifs avec des évaluations subjectives basées sur la satisfaction ressentie (Rocca et al., 2025).

Le confort acoustique dépend de phénomènes physiques et perceptuels liés au son. Afin de l'évaluer, de le concevoir ou de l'améliorer, il est primordial de comprendre d'abord les principes fondamentaux de l'acoustique.

2.3 Les notions fondamentales en acoustique

Le son : Selon Larousse, le son est une vibration mécanique longitudinale qui provoque des zones de compression et de dilatation dans l'air, entraînant un transfert d'énergie sans

déplacement de matière. Il suit un processus en trois étapes : l'émission, la propagation et la réception (Hamayon, 2006 ; Auffret, 2015). Sur le plan perceptif, il se manifeste comme une sensation auditive produite par des variations de pression dans l'air, perçues par l'oreille humaine (Rapin, 2017).

2.3.1 Les caractéristiques du son

Le son possède plusieurs caractéristiques physiques qui permettent de le qualifier, notamment son intensité et sa fréquence (Liébard & De Herde, 2005).

2.3.1.1 La pression acoustique (P)

La pression acoustique fait référence à la modification de la pression causée par une onde sonore dans l'air. En l'absence de son, l'air est uniformément réparti et la pression en tout point est égale à la pression atmosphérique. Lorsqu'une onde sonore se propage, elle crée des zones de compression et de raréfaction, ce qui entraîne une variation de pression acoustique mesurée en pascals (Pa). La pression instantanée à un endroit donné est la somme de la pression atmosphérique (environ 10^5 Pa, selon les conditions climatiques) et de la pression acoustique (Hamayon, 2008).

$$P = P_0 + Pa$$

P : pression instantanée(P), P₀ : pression atmosphérique(P), Pa : pression acoustique(P)

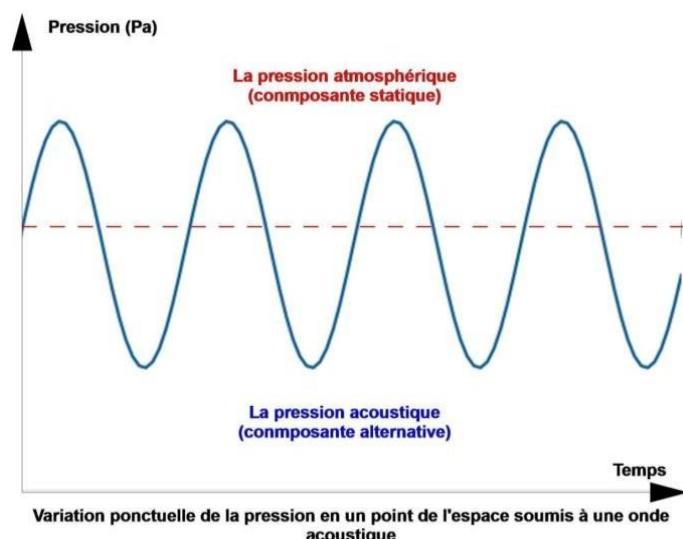


Figure 25: Variation ponctuelle de la pression en un point de l'espace
(Source :Hamayon, 2008)

2.3.1.2 Le niveau de pression acoustique (Lp)

L'intensité perçue d'un son, mesurée par la variation de pression appliquée à l'oreille, est représentée par le niveau de pression acoustique. L'oreille humaine est capable de percevoir des pressions très faibles, allant jusqu'à 2×10^{-5} Pascal, et peut supporter jusqu'à un maximum de 20 Pascal, niveau à partir duquel le son devient douloureux. Pour exprimer cette sensation de manière plus compréhensible nous faisons appel à une échelle logarithmique en décibels

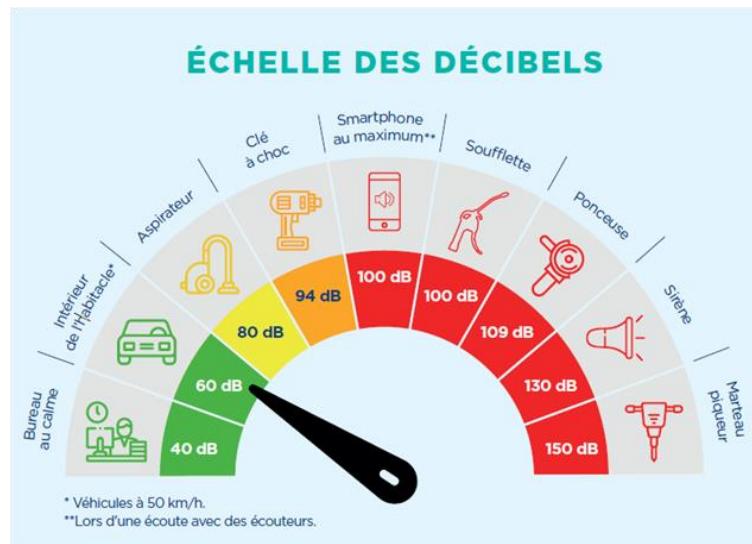


Figure 26: Echelle des décibels (source : www.tout-roule.fr)

conforme à la formule : $Lp = 20 \log (p / p_0)$, dans laquelle p représente la pression acoustique enregistrée et p_0 la pression de référence minimale que l'oreille peut percevoir (Hamayon, 2008).

$$Lp=20 \lg p/p_0$$

p : pression acoustique mesurée (P).

p_0 : pression acoustique de référence (P).

2.3.1.3 La puissance acoustique

La puissance acoustique (W ou P) correspond à l'énergie émise par une source sonore par unité de temps et qui se dissipe dans l'espace pour atteindre l'oreille. Elle est exprimée en watts (W). Un son devient audible à partir d'un seuil de 10^{-12} watt à une fréquence de 10 000 hertz.

2.3.1.4 Le niveau de puissance sonore

Afin de calculer le niveau de pression sonore on utilise la formule suivante (Hamayon, 2008):

$$Lw=20 \lg W/W_0$$

W : Puissance acoustique mesurée (w).

W0: Puissance acoustique de référence (w)

2.3.1.5 L'intensité sonore (I)

L'intensité sonore (I), également appelée puissance surfacique moyenne, mesure la force d'un son. Plus cette intensité est élevée, plus le son perçu sera fort par l'oreille humaine.

L'intensité sonore est exprimée en watts par mètre carré (W/m^2). Il existe un seuil minimal d'intensité sonore en dessous duquel le son devient inaudible ce seuil étant défini par une intensité de $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$I = P/S$$

I: L'intensité sonore (W/S)

P: La puissance acoustique (W)

S: La surface de l'onde (S)

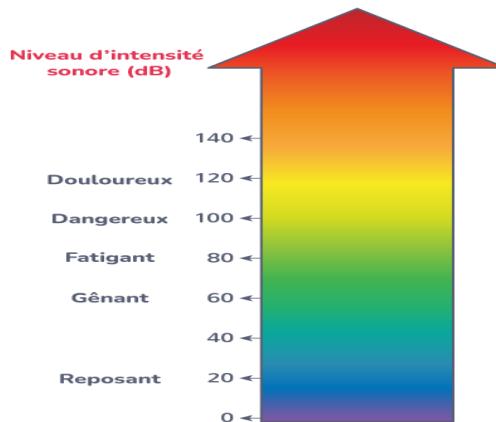


Figure 27: Les niveaux d'intensité sonore (source :www.kartable.fr)

2.3.1.6 Le niveau d'intensité sonore (Li)

Le niveau d'intensité sonore (Li) est calculé à l'aide de l'équation suivante (Hamayon, 2008).

$$Li = 20 \lg I/I_0$$

Li: le niveau d'intensité sonore (dB)

I : l'intensité sonore (W.m^{-2})

I_0 : l'intensité sonore de référence-le seuil d'audibilité ($I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$)

2.3.1.7 La fréquence et l'amplitude

La fréquence désigne le nombre de cycles ou de vibrations effectués par seconde. Elle est exprimée en Hertz (Hz). Par exemple, une fréquence de 200 Hz signifie que 200 vibrations se produisent chaque seconde.

$$f=1/t$$

- f : le nombre de vibration par seconde
- t : le nombre de secondes par vibration

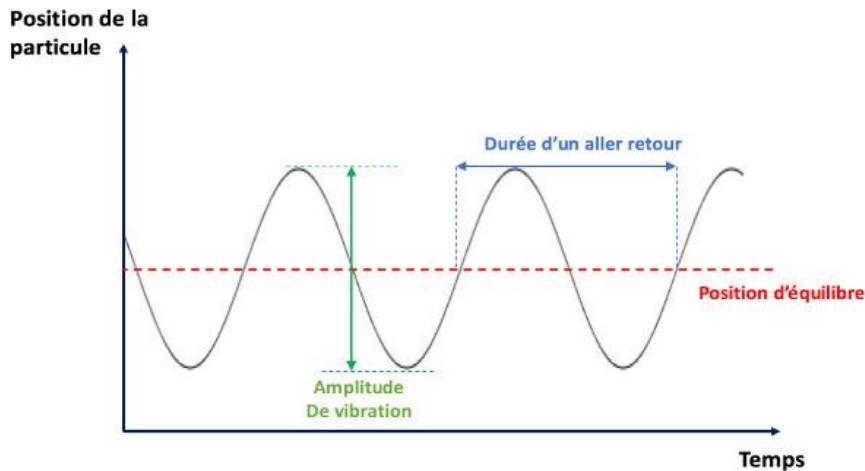


Figure 28: La fréquence et l'amplitude du son (source : www.syos.co)

L'amplitude de l'onde sonore correspond au déplacement maximal d'une molécule d'air par rapport à sa position de repos.

2.3.1.8 La durée

Il s'agit du laps de temps qui s'écoule entre le début de l'émission d'un son et son extinction. Selon le type de son ou de bruit, ce laps de temps peut être exprimé en secondes, minutes, heures ou jours.

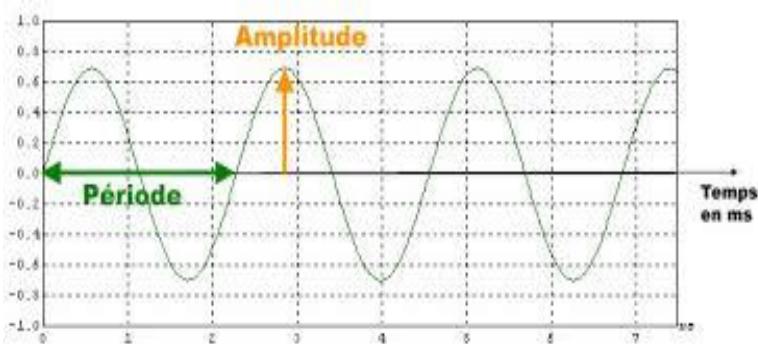


Figure 29: La durée du son (source : www.hal.science)

2.3.2 Types de son

Selon la hauteur (fréquence), les sons se classent en trois catégories principales :

- Un son grave correspond à une fréquence basse et à une période longue.
- Un son médium correspond à une fréquence moyenne et à une période moyenne.

- Un son aigu correspond à une fréquence élevée et à une période courte (Jedidi, 2017).

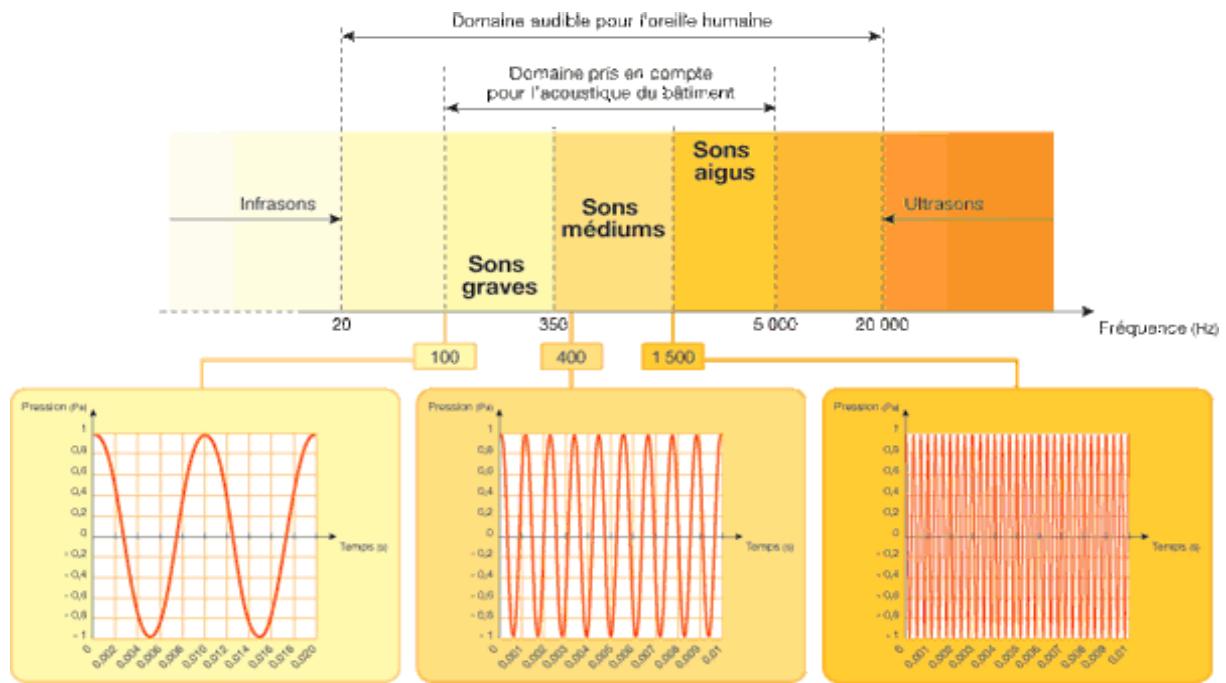


Figure 30: Les Types du son selon la fréquence

(Source : www.ateliertransmedia.wordpress.com)

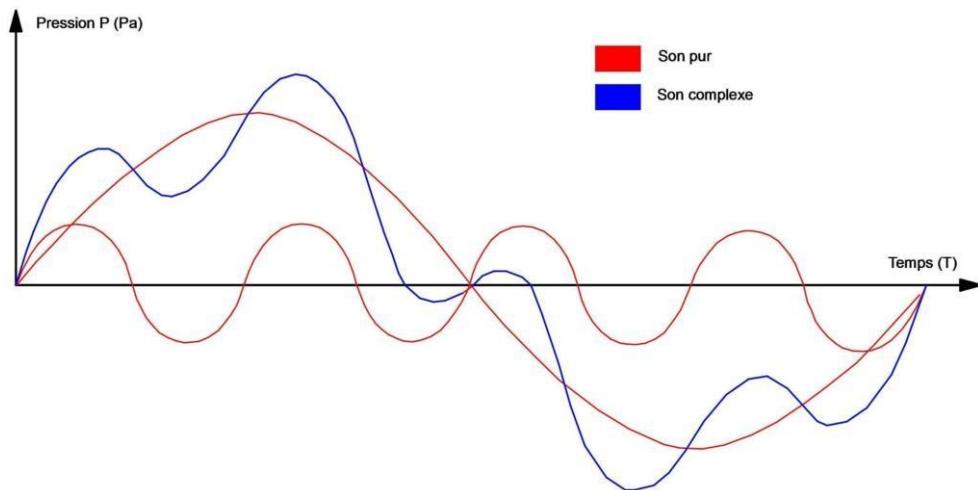
Selon la composition spectrale (nature de l'onde sonore) :

- **Le son complexe** : Un son complexe est constitué de plusieurs sons qui se superposent. Selon Bui Van (1996), il peut être décomposé en une combinaison de sons purs. Contrairement au son pur, qui est constitué d'une seule fréquence, le son complexe se compose de sons périodiques émis à différentes fréquences (Hamayon, 2014). De plus, ces sons complexes sont représentés par des ondes non sinusoïdales, résultant de la superposition de plusieurs sons purs, chacun ayant des niveaux sonores et des fréquences distincts (Hamayon, 2014).
- **Le son pur** : Le son pur est un son très simple, produit par une onde parfaitement sinusoïdale, c'est-à-dire régulière et ne contenant qu'une seule fréquence. Il peut être représenté par une fonction mathématique appelée sinusoïde, et il se définit essentiellement par sa fréquence, qui donne la hauteur du son, et son intensité, c'est-à-dire sa puissance sonore. Un exemple classique de son pur est celui d'un diapason. Sur un spectre acoustique, ce type de son apparaît sous la forme d'une seule ligne verticale, dont la hauteur reflète son intensité (Kinsler, Frey, Coppens, & Sanders, 2000). Mais dans la réalité, ce son est très rare. Comme le souligne Hamayon (2014), il est perçu

comme désagréable à l'oreille et on ne le rencontre pratiquement jamais dans notre environnement naturel, où les sons sont généralement plus riches, mélangés et complexes.

Figure 31: Le son pur et le son complexe (source : Hamayon, 2008)

- **Le son confus :** Le son confus désigne un ensemble de sons mélangés, sans rythme régulier ni structure clairement définie. C'est par exemple le cas du bruissement des feuilles dans un arbre, un bruit doux et diffus qui n'a ni tonalité musicale ni forme



reconnaissable. Selon Hamayon (2014), il s'agit d'un son sans périodicité précise, difficile à identifier de manière nette. De manière plus technique, le Grand Dictionnaire Terminologique le définit comme un « son complexe sans caractère tonal ou musical » (Pujolle, 1971, cité dans Gouvernement du Québec, s.d.). En d'autres termes, ce type de son n'est pas structuré comme un bruit mécanique ou une mélodie, mais il participe discrètement à l'ambiance sonore d'un lieu.

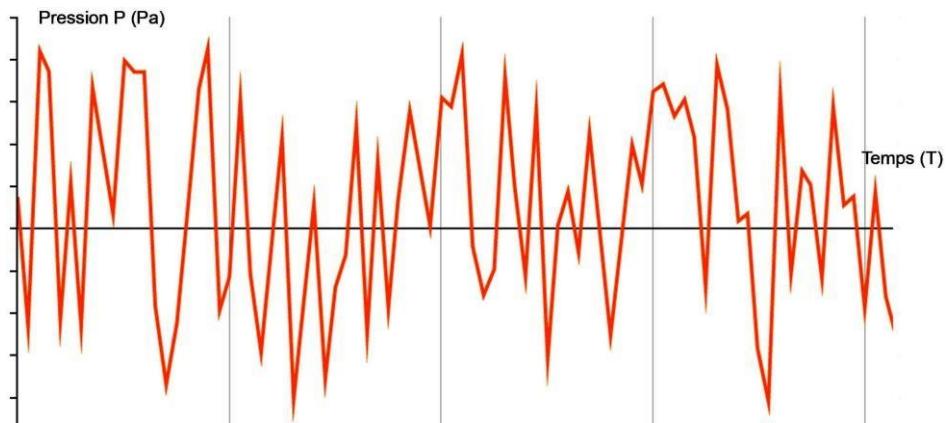


Figure 32: Le son confus (source : Hamayon, 2008)

2.3.3 Les sources sonores

Une source sonore désigne tout élément qui émet des ondes sonores, que ce soit une personne qui parle, une machine en fonctionnement, un haut-parleur, ou même le bruit des feuilles agitées par le vent. Il existe deux types de sources sonores : les sources ponctuelles et les sources linéaires (Tran, 1996).

2.3.3.1 La source ponctuelle

Une source ponctuelle est définie comme une source dont l'émission sonore peut être considérée comme localisée en un seul point, c'est-à-dire que ses dimensions sont négligeables par rapport à la longueur d'onde des sons qu'elle produit. Bien qu'une source ponctuelle puisse ne pas être omnidirectionnelle, l'intensité acoustique diminue avec la distance selon la loi inverse du carré.

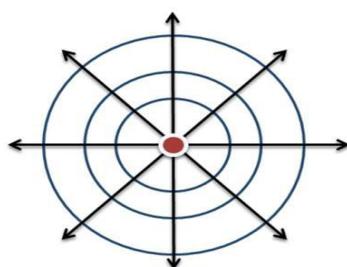


Figure 33: La propagation d'une onde sonore ponctuelle (source :Tran, 1996)

2.3.3.2 La source linéaire

Une source linéaire est formée par l'alignement de plusieurs sources ponctuelles disposées en ligne, comme par exemple une file de voitures en mouvement. Ce type de source génère des ondes cylindriques (Tran, 1996).

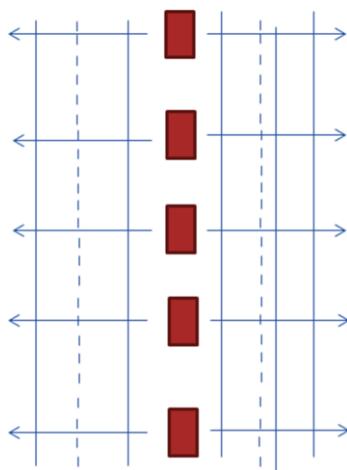


Figure 34: La propagation d'une onde sonore linéaire (source : Tran, 1996)

2.3.4 La propagation du son

2.3.4.1 Dans un espace libre

La propagation du son en espace libre est influencée par plusieurs facteurs physiques et environnementaux. Selon Van Tran (1996), une source sonore ponctuelle diffuse l'onde de manière sphérique, ce qui entraîne une atténuation de 6 dB chaque fois que la distance entre la source et le récepteur est doublée. À l'inverse, pour une source linéaire, comme une route ou une voie ferrée, le son se propage sous forme cylindrique et subit une atténuation moindre, de l'ordre de 3 dB lorsque la distance double, en l'absence

À cette perte liée à la distance s'ajoute l'atténuation atmosphérique, plus marquée pour les hautes fréquences. Celle-ci dépend des conditions climatiques : elle est maximale lorsque le taux d'humidité est faible (entre 15 et 20 %) et que la température se situe entre 0 et 15 °C. Par ailleurs, la météo influence aussi fortement la propagation : une différence pouvant atteindre 10 dB(A) à 1 000 m peut être observée entre un jour calme et un jour de vent favorable à la transmission du son.

En milieu urbain, la propagation sonore est fortement modifiée par les aménagements bâtis, les écrans, la topographie et la nature des sols. Les surfaces molles (terre, herbe) favorisent l'atténuation des bruits, surtout lorsque l'onde sonore est rasante et que les fréquences sont élevées. En revanche, la présence d'arbres isolés n'a qu'un effet marginal. Selon Defrance et Barrière (2002), une forêt dense peut toutefois améliorer l'atténuation, en régulant localement les effets du vent et des variations de température. Par exemple, un couvert forestier de 100 m de largeur peut réduire de 5 dB les bruits routiers par nuit calme.

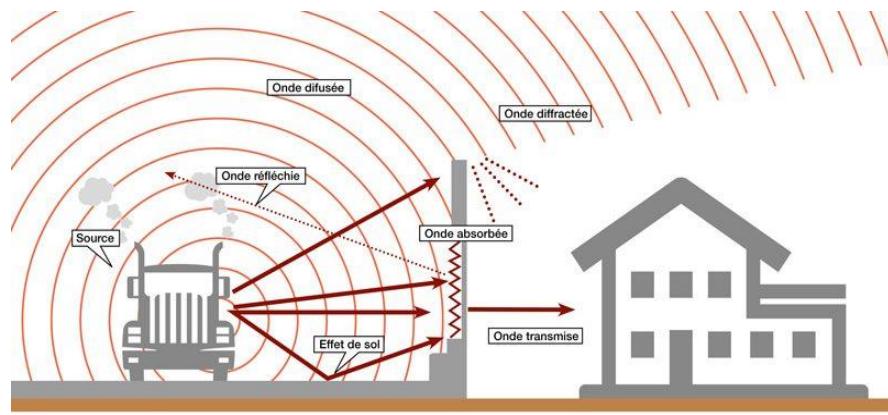


Figure 35: La propagation du son dans un espace libre (source : www.bybeton.fr)

2.3.4.2 Dans un espace clos

Selon Gramez (2019), le son produit dans un espace clos n'est jamais perçu tel qu'il est émis : il subit des transformations en interagissant avec l'environnement bâti. Une partie de l'onde sonore atteint directement l'auditeur, tandis que le reste est réfléchi, absorbé ou diffusé par les différentes surfaces présentes – murs, plafond, sol ou mobilier.

Boukadoum (2012) précise que ces phénomènes – réflexion, absorption et diffusion – dépendent principalement de la nature des matériaux. Certains favorisent la propagation des sons, d'autres les atténuent, influençant ainsi le confort acoustique perçu.

Feschetti (2003) ajoute que l'ensemble des sons perçus forme ce que l'on appelle la réponse impulsionale de l'espace. Celle-ci regroupe le son direct, les premières réflexions et le champ réverbéré, c'est-à-dire la somme des réflexions multiples, qui contribuent à donner à chaque lieu sa signature acoustique propre.

Selon Léon Gunther dans son ouvrage *La physique de la musique et de la couleur* (2019), le son se propage dans l'espace à partir de sa source et peut être perçu par un récepteur, tel qu'un individu ou un appareil. Lorsque plusieurs sources agissent simultanément, leurs ondes se superposent selon le principe de superposition. Certains phénomènes liés à une propagation plus complexe méritent une attention particulière

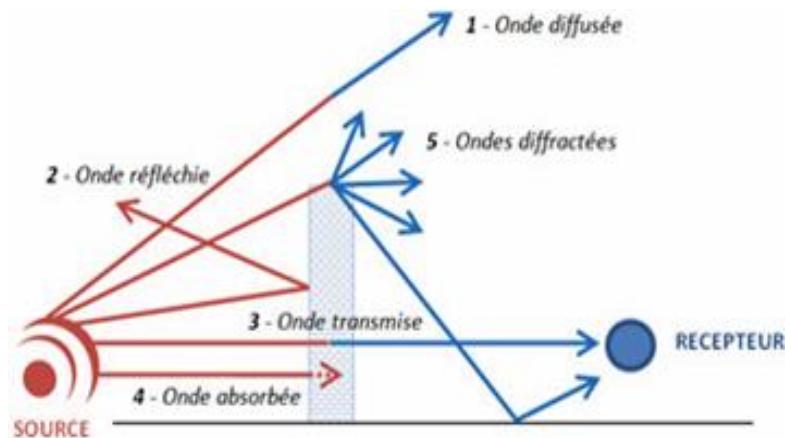


Figure 36: La propagation du son dans un espace clos (source : www.bruitparif.fr)

- La diffraction désigne la capacité des ondes sonores à contourner les obstacles. Ce phénomène explique pourquoi un son peut être entendu même si la source est masquée par un objet, contrairement à la lumière. Cette différence s'explique principalement par la longueur d'onde plus grande du son, qui lui permet de se propager au-delà des zones d'ombre.
- La réflexion sonore se produit lorsqu'une onde rencontre une surface séparant deux milieux, comme un mur. Une partie de l'énergie est alors renvoyée vers l'espace d'origine, modifiant la perception sonore selon la nature de la surface.
- La réfraction, quant à elle, correspond au changement de direction que subit l'onde sonore lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre, par exemple de l'air à l'eau. Ce changement est lié à la variation de vitesse de propagation du son entre les deux milieux.

Enfin, la diffusion intervient lorsque le son interagit avec une distribution irrégulière de petits obstacles, ce qui peut en altérer la direction ou la netteté. [Smow.fr](http://smow.fr)

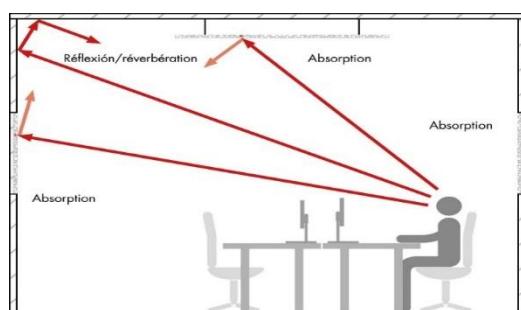


Figure 37: La propagation du son dans un espace clos (source : www.smow.fr)

Comme il existe aussi un autre phénomène nommé l'absorption :

- **L'absorption acoustique** : désigne le phénomène par lequel une paroi retient une partie de l'énergie d'une onde sonore qui la frappe. Ce processus contribue directement à la qualité acoustique d'un espace, notamment en influençant la durée de réverbération. Plus les surfaces sont absorbantes, plus cette durée est courte, ce qui permet d'adapter l'acoustique à l'usage prévu du lieu. (Hamayon, 2006)

2.3.5 Le bruit

2.3.5.1 Définition

Dans l'extrait de Philippe Lalitte, *Aspects acoustiques et sensoriels du bruit* (2008), deux définitions du bruit homologuées par l'AFNOR sont présentées. La première, d'ordre physique, le définit comme une « vibration acoustique erratique, intermittente ou statistiquement aléatoire ». La seconde, d'un point de vue psychoacoustique, le décrit comme « toute sensation auditive désagréable ou gênante ». Ces définitions s'appuient respectivement sur les caractéristiques du contenu spectral et de l'intensité du son. Lalitte aborde ainsi le bruit sous l'angle de l'acoustique, qui étudie le phénomène physique, et de la psychoacoustique, qui analyse la perception auditive.

2.3.5.2 Classification des bruits

- **Classification des bruits selon leur comportement temporel, tonalité et fréquence dominante :**

Selon la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (DRASS Rhône-Alpes, 2009), les bruits sont classés en différentes catégories en fonction de leur mode d'émission et de leur effet sur la perception auditive. Cette classification vise à mieux comprendre les sources de gêne sonore et leurs impacts sur l'environnement acoustique. Les principales catégories identifiées sont les suivantes :

- Les bruits continus, produits par des équipements en fonctionnement constant, comme les ventilateurs ou moteurs électriques, se caractérisent par un niveau sonore stable dans le temps.
- Les bruits intermittents, quant à eux, présentent des variations rapides et répétées d'intensité : le niveau sonore augmente, diminue, puis recommence, comme dans le cas de certains appareils électroménagers ou machines industrielles.

- Les bruits impulsionnels, courts et soudains, sont générés par des chocs répétés, comme les frappes d'un marteau ou les tirs d'une machine de découpe.
- Les sons à tonalité marquée, souvent produits par des moteurs déséquilibrés ou des pièces mécaniques défectueuses, incluent des fréquences dominantes qui rendent le bruit particulièrement agressif à l'oreille.
- Les bruits de basses fréquences, plus graves et souvent liés à des équipements énergétiques de grande puissance, sont réputés pour leur pouvoir de propagation et leur caractère envahissant.

➤ **Classification des bruits selon leur origine :**

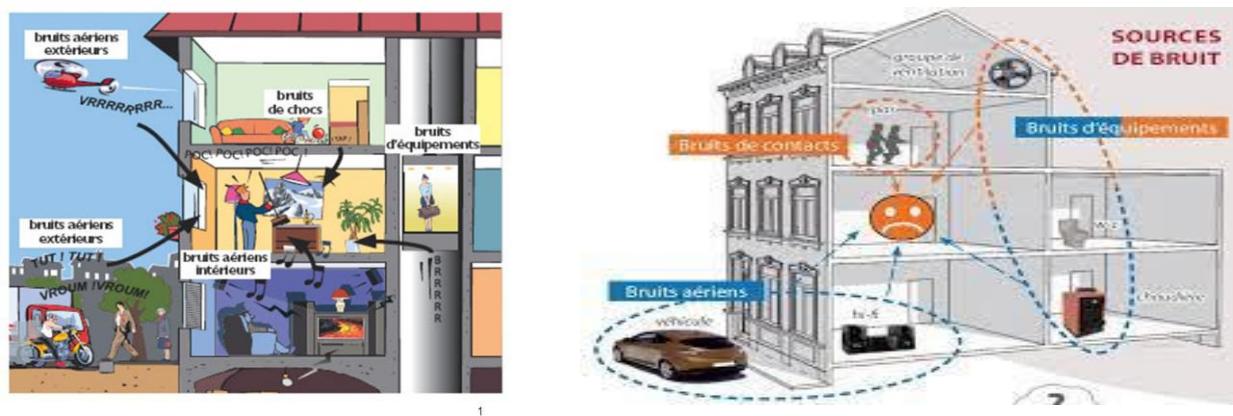


Figure 38: Les différents types de bruit

((a) Source : www.environnement.brussels ; (b) Source : www.consoglobe.com))

➤ **Bruits aériens**

Selon Lahaye et al. (2021), les bruits aériens désignent les sons qui se propagent dans l'air à partir d'une source sonore. Ils se divisent en deux catégories principales :

- Bruits extérieurs : Ces bruits proviennent de sources situées à l'extérieur du bâtiment, comme le trafic routier, ferroviaire ou aérien (Lahaye et al., 2021).
- Bruits intérieurs : Ceux-ci se produisent à l'intérieur des espaces, tels que les conversations, la musique, ou le bruit de la télévision (Lahaye et al., 2021).

➤ **Bruits d'équipements**

Les bruits d'équipements, selon Saint-Gobain (2016) et Barles et al. (2017), sont générés par l'activité de dispositifs ou installations mécaniques, et peuvent se propager soit par l'air, soit par les vibrations des structures. Il existe deux types :

- Bruits collectifs : Ces bruits proviennent de systèmes communs comme un ascenseur, une chaufferie, ou un réseau de ventilation (Saint-Gobain, 2016 ; Barles et al., 2017).
- Bruits individuels : Ils émanent de dispositifs individuels tels que la robinetterie, ou une chasse d'eau (Saint-Gobain, 2016 ; Barles et al., 2017).

➤ **Bruits solidiens (ou bruits d'impacts)**

Les bruits solidiens, ou bruits d'impacts, sont définis par Saint-Gobain (2016) et Lahaye et al. (2021) comme étant générés par le contact direct entre une source sonore et une structure. Ces bruits, qui peuvent être transmis par les vibrations des parois ou autres éléments du bâtiment, incluent des bruits comme ceux des pas, des objets tombants, ou des machines en mouvement (Saint-Gobain, 2016). Ces vibrations se propagent à travers les matériaux de construction ou par l'air, selon Lahaye et al. (2021).

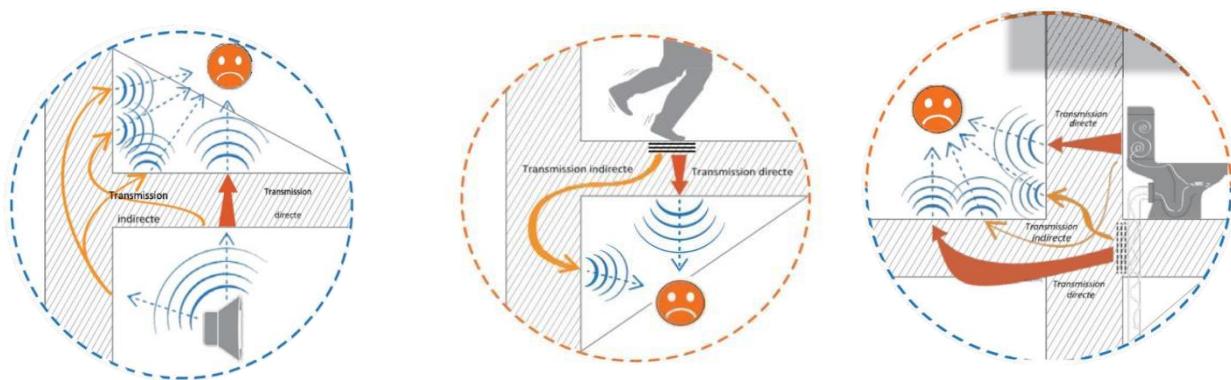


Figure 39: Les différents types du bruit (Source : Lahaye et al., 2021)

2.3.5.3 La propagation et la transmission du bruit

Le bruit peut se propager selon plusieurs mécanismes physiques. Selon la Recommandation pratique CSS05 (2008), trois modes principaux de propagation peuvent être distingués :

- **Par diffusion dans l'air** : dans un espace libre, l'énergie acoustique se disperse. Le niveau sonore diminue avec la distance à la source, en raison de cette dispersion.
- **Par réflexion et absorption** : lorsqu'un obstacle est rencontré, une partie des ondes sonores est réfléchie (phénomène de réverbération), tandis qu'une autre peut être absorbée selon la nature du matériau.

- **Par transmission à travers les matériaux solides** : le bruit peut également se propager en mettant en vibration les parois, sols, murs ou structures qu'il rencontre.

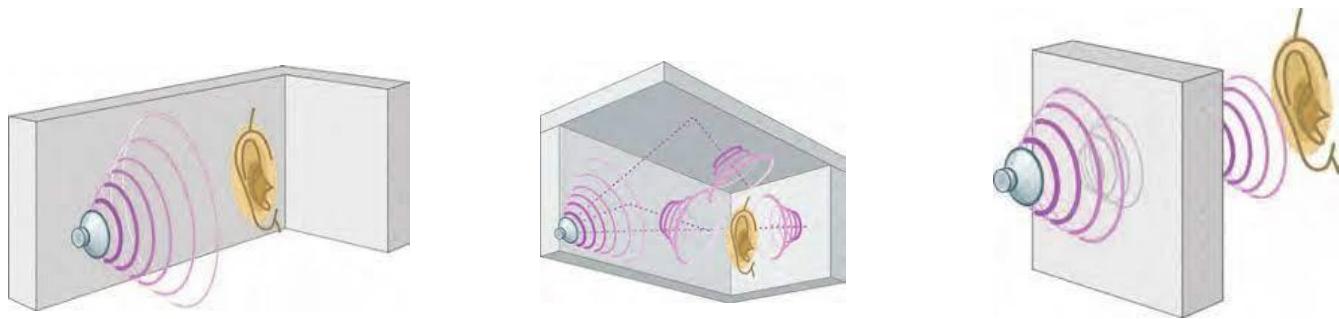


Figure 40: Les différents manières de propagation du bruit (Source : www.aldeau.com)

La transmission, quant à elle, se divise en trois types selon Van Damme (2008) :

- **Transmission directe :**

Il s'agit du passage du son à travers une paroi séparative (mur, plafond, plancher, façade...). Ce type de transmission dépend principalement de la performance acoustique du matériau.

- **Transmission indirecte :**

Le son ne traverse pas directement la paroi de séparation, mais se propage via les parois latérales (murs adjacents, sols, plafonds) en raison des liaisons structurelles entre les éléments.

- **Transmission parasite :**

Ce type de transmission est dû à des défauts de construction, comme des fissures, des joints mal réalisés ou un manque d'étanchéité, qui permettent au son de passer là où il ne devrait pas.

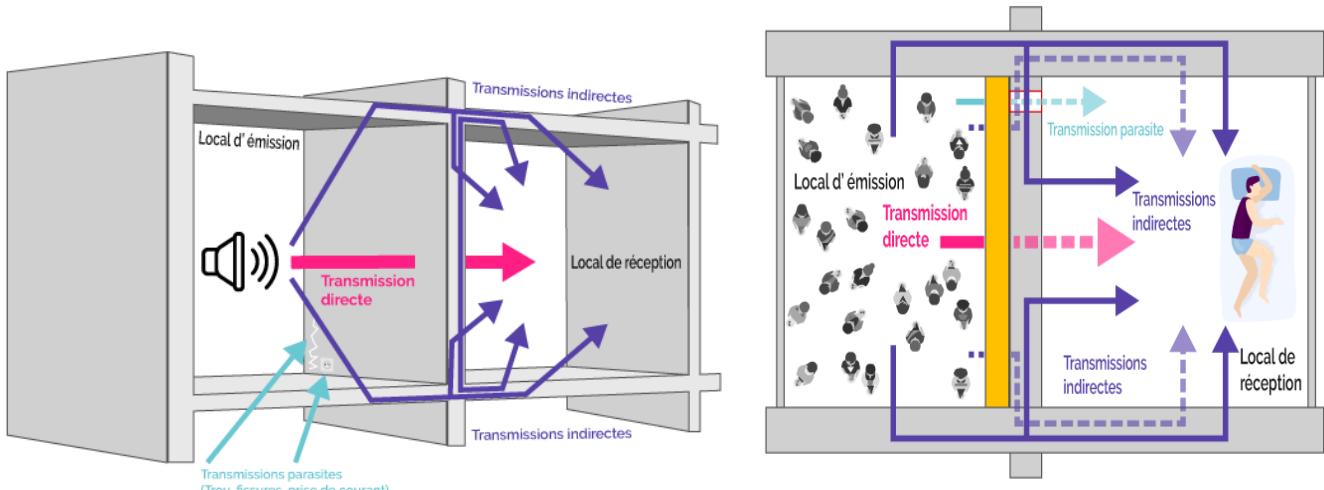


Figure 41: Les différents types de transmission du bruit (Source : www.bruit.fr)

2.3.5.4 Appareil de mesure du bruit

D'après l'Académie de Bordeaux, le sonomètre est un appareil utilisé pour mesurer la pression acoustique, une grandeur physique liée à l'intensité sonore. Il se compose d'un microphone qui capte la pression acoustique, d'un préamplificateur, de filtres, d'un amplificateur et d'un galvanomètre



Figure 42: Le Sonomètre

((a) Source : biblio.univ-annaba.dz ; (b) Source : www.chauvin-arnoux.com))

Les modèles modernes de sonomètres sont plus avancés et permettent de mesurer divers paramètres, tels que le niveau de pression acoustique global en mode linéaire, le niveau de pression non pondéré par octave, ainsi que les niveaux pondérés (par octave et globalement) et le temps de réverbération (Desmons, 2003).

Le sonomètre, parfois appelé décibelmètre, est destiné à mesurer le niveau de pression acoustique en un point donné à un moment précis. Il fournit généralement une mesure en décibels, une unité qui reflète l'intensité sonore à cet instant. (Académie de Bordeaux).

2.3.5.5 Addition du bruit

L'addition du bruit suit des principes spécifiques, en particulier lorsqu'il s'agit de niveaux de pression acoustique exprimés en décibels. Contrairement aux intensités et puissances sonores, qui peuvent être additionnées directement, les niveaux en décibels ne doivent jamais être additionnés de manière simple (Hamayon, 2008).

- **Formules fondamentales :**

$$L_r = 10 \log (10 \cdot 0,1 L_1 + 10 \cdot 0,1 L_2)$$

L1 (dB): le niveau sonore en provenance de la première source S1 fonctionnant seule

L2 (dB): le niveau sonore en provenance de la première source S2 fonctionnant seule

Lr (dB): le niveau sonore résultant au point de réception en provenance des deux sources sonores.

L'ajout d'un son de faible intensité à un son de forte intensité n'affecte pas le niveau du son le plus fort. En revanche, deux sons de même intensité ajoutés ensemble augmenteront de 3 dB le niveau sonore total (Hamayon, 2008).

Tableau 4: Addition des niveaux sonores (Source : Hamayon ., 2008)

Différence entre deux niveaux sonore (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valeurs à ajouter au niveau le plus fort (dB)	3.0	2.6	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5

➤ **Règles d'addition des niveaux sonores :**

1. **Bruits ayant des niveaux très différents (écart > 10 dB) :**

Lorsque la différence entre les niveaux sonores dépasse 10 dB, le bruit le plus faible est masqué par le bruit plus fort, un phénomène appelé **masquage**. Cela signifie que le bruit plus faible devient inaudible en raison du son plus intense (Barles et al., 2017).



Figure 43: Exemple 01 sur les règles d'addition des niveaux sonores

(Source : Introduction à l'acoustique du bâtiment, 2016)

2. **Cas des niveaux sonores similaires (écart < 10 dB) :**

Lorsqu'il y a plusieurs sources sonores de niveaux proches (écart inférieur à 10 dB), l'évaluation du niveau sonore total se fait en ajoutant une valeur spécifique à partir du niveau sonore de la source la plus forte. Cela se fait en utilisant un tableau d'addition des niveaux sonores (Saint-Gobain, 2016).

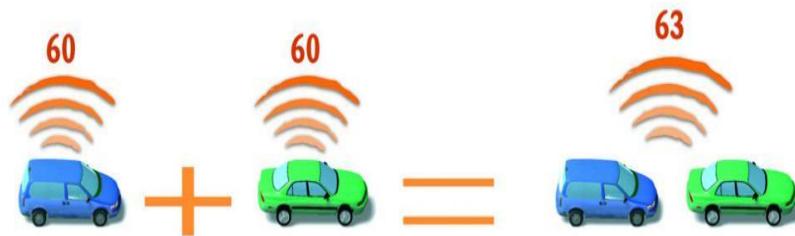


Figure 44: exemple 02 sur les règles d'addition des niveaux sonores

(Source : www.api-site.paris.fr)

Conclusion sur l'addition du bruit :

- **Pour des niveaux très différents** (écart supérieur à 10 dB), le bruit le plus fort masque l'effet du bruit plus faible, ce qui rend ce dernier inaudible (Saint-Gobain, 2016).
- **Pour des niveaux similaires** (écart inférieur à 10 dB), l'addition des niveaux sonores se fait en ajustant le niveau de la source la plus forte selon les règles spécifiques (Saint-Gobain, 2016).

2.3.5.6 Effets du bruit

Selon le Ministère de la Santé (2025), le bruit peut avoir des effets directs sur l'audition, notamment une surdité progressive, des acouphènes ainsi qu'une hyperacousie. Il entraîne également des effets extra-auditifs tels que des perturbations du sommeil, une gêne ressentie au quotidien, et des répercussions sur les attitudes, les comportements, les performances cognitives ainsi que sur l'intelligibilité de la parole. À long terme, le bruit est aussi considéré comme un facteur aggravant de certaines pathologies cardiovasculaires.

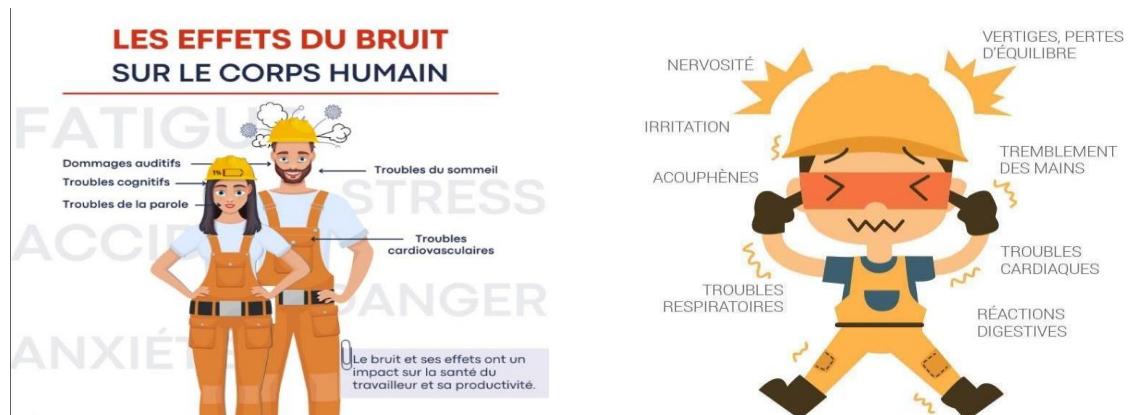


Figure 45: Les effets du bruit sur la santé humaine

((a) Source: fr.linkedin.com; (b) Source: www.cotral.fr))

D'après l'INRS (2022), ces effets sur la santé sont significatifs, allant bien au-delà des impacts auditifs. Le bruit diminue la qualité de vie, en induisant des gênes et des effets psychologiques, pouvant aller jusqu'à l'isolement social. Selon le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP, 2012) et l'Observatoire Régional de Santé Île-de-France (2005), ces effets sont particulièrement marqués chez les enfants, les personnes âgées, ainsi que chez les personnes plus sensibles au bruit.

Pour cela une réglementation a été établie par le gouvernement algérien afin de minimiser le bruit et ses effets :

2.3.5.7 Réglementation algérienne pour la lutte contre le bruit

Les nuisances sonores ont un impact considérable sur le quotidien des usagers, que ce soit à domicile, en vacances, à l'école, au travail, ou dans les relations de voisinage. En Algérie, ces problèmes ont été pris en compte dès 1983 par les autorités publiques pour lutter contre les nuisances sonores dans différents espaces de vie (Gramez, 2010).

➤ **Les lois**

- **Loi n° 83-03 du 5 février 1983** : Cette loi concerne la sauvegarde de l'environnement et, à travers les articles 119, 120 et 121 du chapitre 05, elle met en œuvre une politique nationale qui stipule le respect de l'environnement, notamment en matière de lutte contre la pollution et les nuisances sonores. Elle précise que toute personne, physique ou morale, est responsable lorsqu'une émission sonore risque de déranger autrui et doit prendre toutes les mesures nécessaires pour y remédier (Bendjedid, 1983).
- **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003** : Cette loi porte sur la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Dans le titre 04 intitulé « protection contre les nuisances », les articles 72 à 75 du chapitre 02 incluent des prescriptions spécifiques pour la lutte contre les nuisances acoustiques, telles que des mesures de prévention, d'aménagement et d'isolation phonique, ainsi que des conditions d'éloignement des sources de bruit.

➤ **Les arrêtés**

- **Arrêté du 25 février 1964** : Cet arrêté porte sur la lutte contre les bruits excessifs, visant à sensibiliser la population aux impacts des nuisances sonores sur différents espaces, tels que les lieux de travail et les voies publiques. Il interdit l'utilisation de dispositifs

émettant des bruits perturbateurs susceptibles d'affecter la tranquillité des habitations et des voisinages.

- **Arrêté du 13 avril 1972** : Cet arrêté réglemente le bruit émis par les véhicules automobiles, imposant des mesures précises sur le bruit produit par les moyens de transport et les automobiles.
- **Arrêté du 17 octobre 2004** : Cet arrêté approuve le cahier des charges définissant les normes de confort et de surface applicables aux logements en location. Il précise les niveaux sonores à ne pas dépasser dans différentes pièces : 38 dB pour les pièces habitables, 45 dB pour les pièces de services, et 76 dB pour les circulations communes.

➤ **Les décrets exécutifs**

- **Décret exécutif n° 91-175 du 28 mai 1991** : Ce décret définit les règles d'aménagement, d'urbanisme et de construction. L'article 04 stipule que lorsque des bâtiments sont susceptibles d'être exposés à des nuisances sonores graves en raison de leur emplacement, le permis de construire peut être refuser, sauf en cas d'instructions spécifiques des règlements en vigueur.
- **Décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993** : Ce décret, en soutien aux articles 119 et 120 de la loi n° 83-03, établit des réglementations précises sur les niveaux de bruit émis par divers équipements et matériels, à travers 11 articles qui limitent les niveaux sonores dans différents secteurs.

Décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993
réglementant l'émission des bruits.

Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement, p. 250.

Loi n° 03-10 du 19 Jounada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Figure 46: Les lois et les décrets exécutifs

(Source : Journal Officiel de la République Algérienne)

➤ **Le document technique réglementaire DTR C 3.1.1**

Le document technique réglementaire, intitulé « Isolation acoustique des parois aux bruits aériens, règles de calcul », est destiné à déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique des parois des bâtiments. Il permet de calculer l'isolation acoustique des murs vis-à-vis des bruits

aériens, une donnée essentielle pour évaluer la qualité acoustique des constructions et leur conformité avec la réglementation acoustique. Ce document, validé par la Commission Technique Permanente (CTP) et publié au Journal Officiel, a pour objectif de lutter contre les nuisances sonores.

2.3.6 L'acoustique dans la conformation architecturale

Le document "DOCTORAT Z. BENMAGHSOULA EPS HAMMOU " explore en profondeur la relation entre l'espace architectural, la forme, les matériaux et la propagation du son. Voici les principales idées extraites :

2.3.6.1 Relation entre l'espace architectural et la propagation du son

- **L'espace architectural** influence directement la manière dont le son se propage. La forme, la taille, les volumes et les proportions d'un espace déterminent la réverbération, les échos, la clarté ou encore l'intelligibilité du son. Ainsi :
 - Les grandes hauteurs sous plafond et les espaces volumineux favorisent la réverbération.
 - Les formes concaves peuvent concentrer le son (effet de focalisation), tandis que les formes convexes le diffusent.

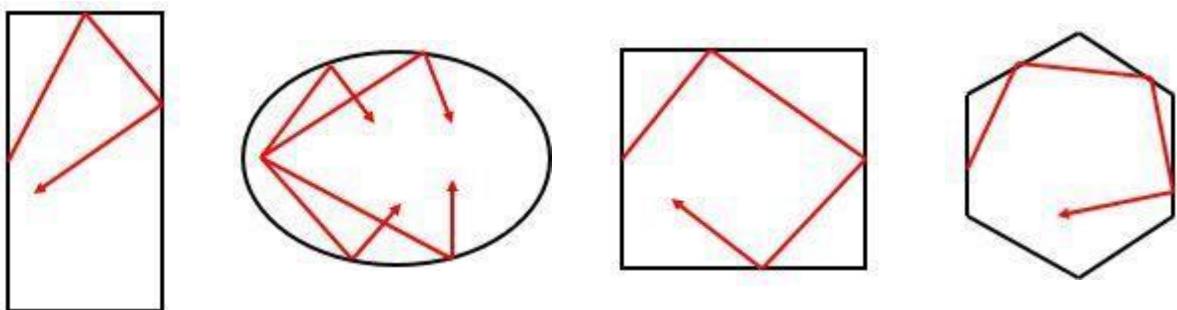


Figure 47: La propagation du son selon la forme de l'espace

(Source : FERSADOU Amine Abdelhafidh,2022)

- **Les matériaux** utilisés (revêtements, plafonds, sols, murs) ont un impact acoustique majeur :
 - Les matériaux durs et lisses (béton, verre, marbre) réfléchissent fortement le son, entraînant une mauvaise qualité acoustique s'ils ne sont pas équilibrés par des absorbants.

- Les matériaux poreux ou fibreux (tapis, bois perforé, panneaux acoustiques, tissus) absorbent les ondes sonores, réduisant l'écho et la réverbération.

Tableau 5: Le coefficient d'absorption des matériaux (Source : www.environnement.brussels)

Matériaux	Coefficient d'absorption acoustique α_s en bandes d'octave, fréquence centrale en Hz					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
béton, maçonnerie en briques crépies	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
maçonnerie en briques non crépies	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
revêtements de sol durs (par exemple : PVC, parquet) sur plancher lourd	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
revêtements de sol souples sur plancher lourd ; ≤ 5 mm	0,02	0,03	0,06	0,15	0,30	0,40
revêtements de sol souples sur plancher lourd ; ≥ 10 mm	0,04	0,08	0,15	0,30	0,45	0,55
plancher en bois, parquet en lattes	0,12	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06
fenêtres, façade de verre	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
portes (bois)	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
voilage ; de 0 mm à 200 mm devant une surface dure ^a	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
rideau, $< 0,2 \text{ kg/m}^2$; de 0 mm à 200 mm devant une surface dure ; minimum type ^a	0,05	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22
rideau, matériau tissé $\approx 0,4 \text{ kg/m}^2$; plissé ou froissé $> 1:3$, de 0 à 200 mm devant une surface dure ; maximum type	0,10	0,40	0,70	0,90	0,95	1,00
grandes ouvertures (plus petite dimension > 1 m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
grille d'aération, zone ouverte 50 %	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
NOTE	Ces données s'appuient sur des publications utilisées en Autriche, au Danemark et aux Pays-Bas.					
^a Devant une fenêtre, les valeurs de la combinaison peuvent augmenter jusqu'à atteindre des valeurs de fenêtre nue.						

➤ **La forme architecturale** (courbes, angles, volumes) oriente la propagation des ondes :

- Une forme bien pensée permet de diriger le son de manière

- Les angles aigus peuvent créer des zones d'interférence, tandis qu'une forme organique permet une diffusion plus homogène.

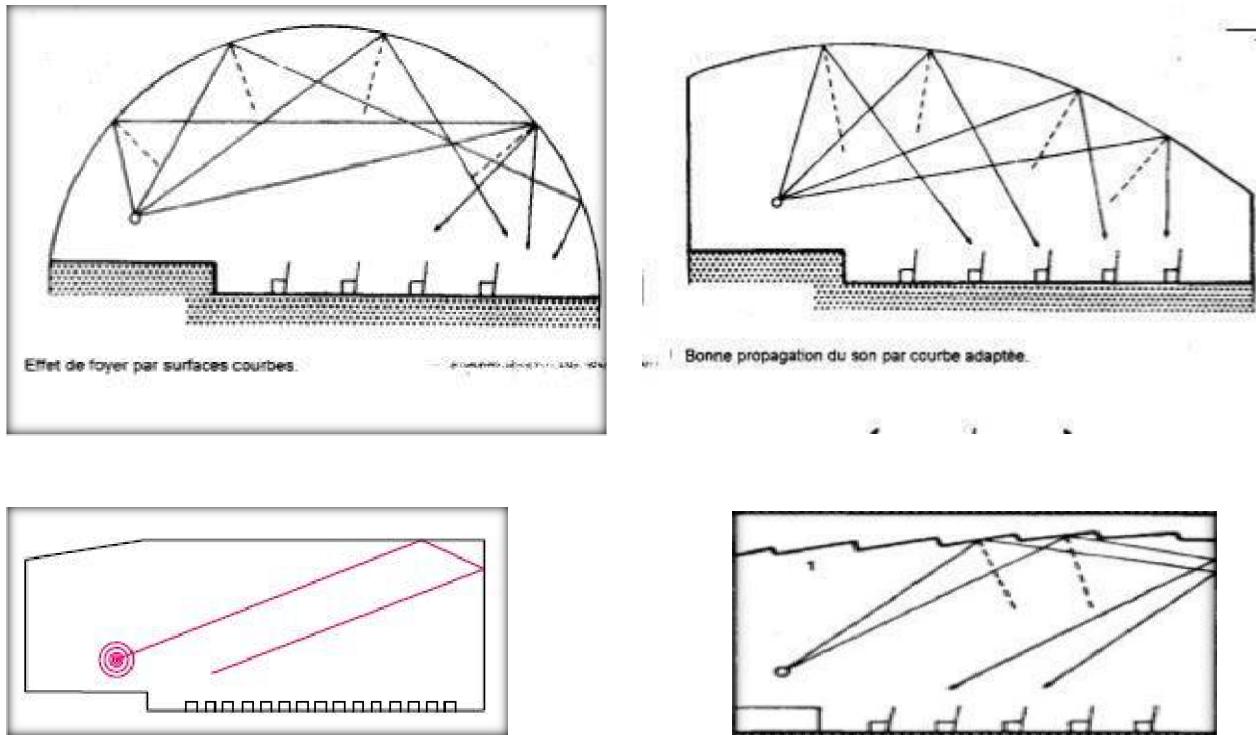


Figure 48: La propagation du son dans les différentes formes de toitures

(Source : Neufourt)

Les choix de conception architecturale doivent donc intégrer les lois de l'acoustique pour assurer le confort sonore :

- Cela implique un traitement acoustique réfléchi : isolation phonique (entre espaces) et correction acoustique (au sein d'un espace).

2.3.6.2 Le confort acoustique dans les espaces de lecture

Dans les espaces dédiés à la lecture et à la concentration, la qualité de l'environnement sonore revêt une importance capitale. Le confort acoustique n'est pas simplement une question de silence, mais plutôt un équilibre subtil entre la présence de sons utiles (comme la parole dans un cadre pédagogique ou collaboratif) et la maîtrise des bruits parasites pouvant perturber l'attention. Dans un contexte tel que celui des bibliothèques publiques, où cohabitent différents profils d'usagers (enfants, adolescents, étudiants, chercheurs), cette qualité acoustique devient un véritable enjeu spatial et sensoriel.

2. Définition

Le confort sonore peut être défini comme le niveau de satisfaction ressenti par les occupants face à l'environnement acoustique d'un espace. Il résulte de plusieurs facteurs, dont la perception individuelle, la nature des bruits présents, ainsi que les caractéristiques architecturales et acoustiques du lieu. Selon Semidor (2005), il ne s'agit pas seulement de réduire le bruit, mais d'assurer une ambiance sonore cohérente avec l'usage du lieu.

Dans les salles de lecture, ce confort repose essentiellement sur deux attentes fondamentales : la possibilité de se concentrer sans distraction sonore, et celle de comprendre clairement une parole lorsqu'elle est pertinente (par exemple lors de discussions encadrées ou d'activités éducatives).

➤ **Les paramètres acoustiques influençant le confort**

a. Le rapport signal/bruit :

Un critère majeur est le rapport signal/bruit (S/N), qui désigne la différence entre le niveau sonore du message utile (comme la voix humaine) et le bruit ambiant. Pour assurer une bonne intelligibilité de la parole, ce rapport doit généralement dépasser 15 dB(A), et atteindre idéalement 25 dB(A) (Bistafa & Bradley, 2000). En deçà de ces seuils, la compréhension se dégrade, ce qui engendre une fatigue cognitive et une baisse de concentration.

b. La fréquence du signal utile :

La voix humaine se concentre principalement dans une plage de fréquence allant de 750 Hz à 3000 Hz. Or, cette bande peut être facilement masquée par des bruits ambients à large spectre, comme la circulation automobile ou les discussions simultanées dans un même espace (AFSSE, 2004). La coïncidence entre ces fréquences accentue le phénomène de masquage, nuisant directement à la clarté de la parole.

c. Le temps de réverbération :

Un autre paramètre fondamental est le temps de réverbération, c'est-à-dire la durée nécessaire à un son pour s'atténuer dans un espace fermé. Lorsque ce temps est trop long, les sons se superposent et deviennent difficilement compréhensibles. Dans les salles de lecture, un temps de réverbération situé entre 0,4 et 0,5 seconde est généralement recommandé pour garantir un environnement calme et intelligible (Bradley & Hodgson, 2009). Ce paramètre dépend de la géométrie de l'espace, mais surtout des matériaux utilisés sur les surfaces.

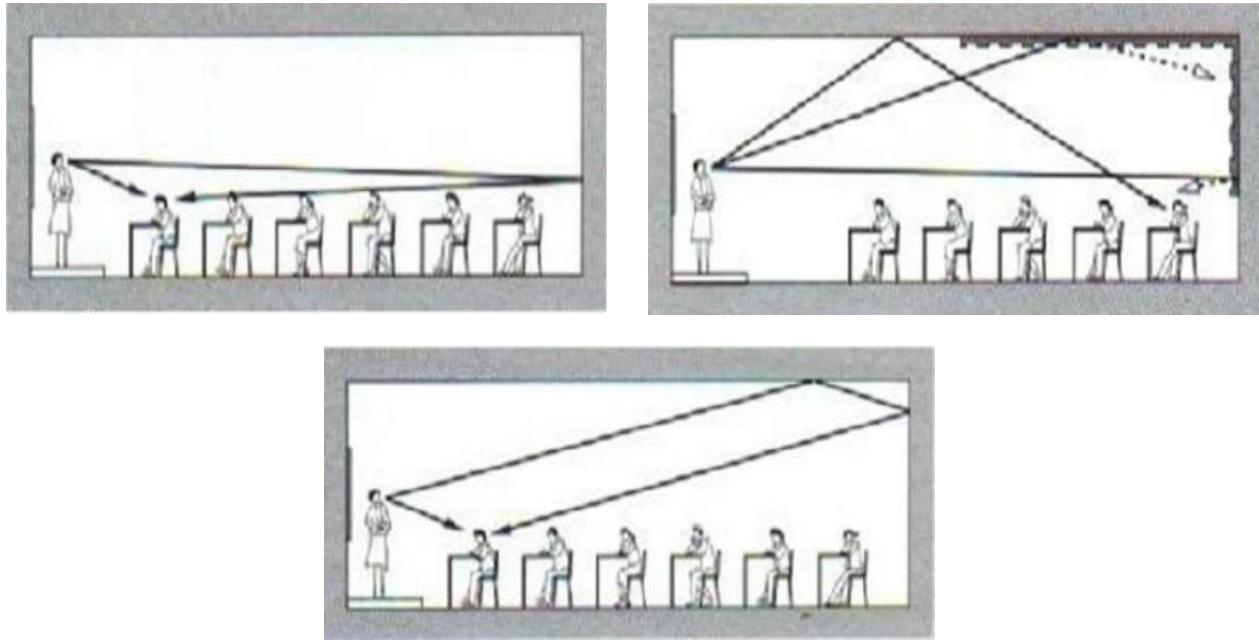


Figure 49: Traitement acoustique préconisé au niveau du plafond et du mur du fond de la salle. (Source : Hamayon, 2006)

➤ **Les sources de nuisance sonore dans les espaces de lecture :**

Les nuisances sonores dans les espaces de lecture peuvent être d'origines variées. On distingue notamment :

- Les bruits internes, tels que les conversations, les déplacements de mobilier, ou les systèmes de ventilation mal dimensionnés.
- Les bruits extérieurs, provenant de la circulation routière, des chantiers ou des activités environnantes.

L'absence de traitement acoustique adéquat peut amplifier ces perturbations, rendant l'ambiance sonore inadaptée à une activité silencieuse et prolongée. Une étude menée en milieu scolaire montre que des environnements bruyants réduisent considérablement la concentration des élèves (Shield & Dockrell, 2003), des conclusions transposables aux espaces de lecture.

➤ **Vers une amélioration du confort : stratégies et matériaux :**

Pour remédier aux nuisances sonores, plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre. L'installation de matériaux absorbants (panneaux muraux, dalles de plafond, tapis), ayant un coefficient d'absorption $\alpha \geq 0,6$, permet de réduire efficacement les réverbérations (Hodgson & Nosal, 2002). Des dispositifs suspendus, comme des baffles acoustiques ou des îlots flottants,

peuvent également contribuer à améliorer la diffusion sonore tout en respectant les contraintes esthétiques du lieu.

Selon Oberdörster & Tiesler (2006), ces traitements peuvent entraîner une diminution du bruit ambiant de 5 à 13 dB, en fonction des caractéristiques de l'espace et du nombre d'occupants. La configuration architecturale, l'orientation du bâtiment, l'organisation des circulations et la qualité des menuiseries jouent également un rôle non négligeable dans la maîtrise du bruit.

➤ **Une perception subjective à ne pas négliger :**

Au-delà des mesures techniques, la perception des usagers reste un indicateur central de la qualité acoustique. Des recherches comme celles d'Astolfi & Pellerey (2008) ont montré que les étudiants jugent plus positivement les espaces traités acoustiquement, y associant un sentiment de calme, de confort et de bien-être. La satisfaction acoustique est donc étroitement liée à la qualité d'usage, à la fonction du lieu et aux attentes des publics concernés.

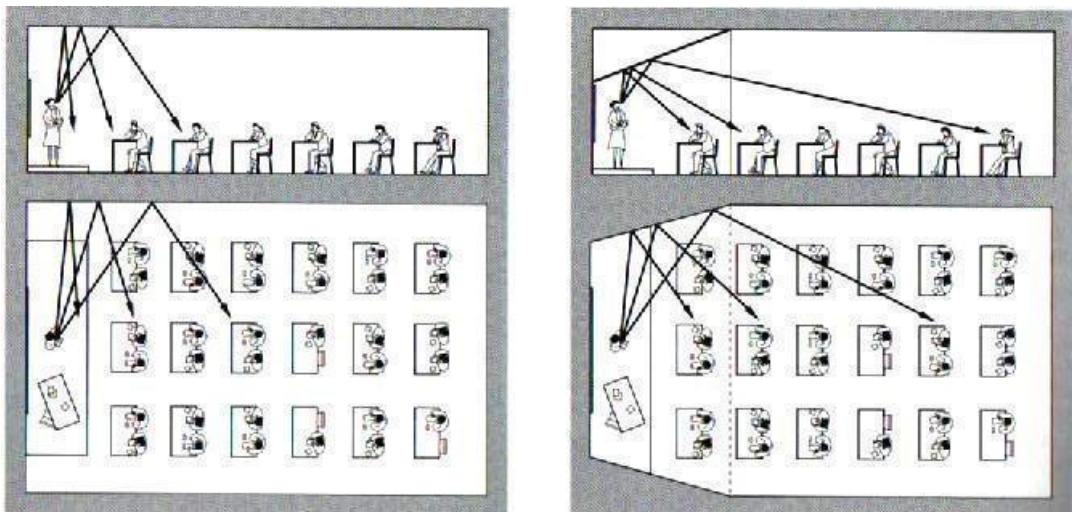


Figure 50: La propagation du son dans les différents volumes d'espaces

(Source : Améliorer la répartition initiale des ondes sonores dans l'espace)

Conclusion

L'ambiance architecturale constitue un ensemble de perceptions sensorielles résultant de l'interaction entre l'espace, la lumière, les matières, les sons et les usagers. Parmi ces composantes, le confort joue un rôle central dans l'expérience vécue, qu'il soit thermique, visuel, olfactif ou sonore. Chaque type de confort répond à des exigences spécifiques liées à la physiologie, à la psychologie et aux usages des individus.

En ce qui concerne le confort acoustique, il dépend des caractéristiques fondamentales du son telles que l'intensité, la fréquence, la durée et la propagation ainsi que des propriétés physiques de l'espace architectural (forme, volume, matériaux).

Dans un espace de lecture, comme une bibliothèque ou une médiathèque, le confort sonore est essentiel pour garantir le calme, la concentration et le bien-être des usagers. Il nécessite une conception attentive qui prend en compte l'isolation phonique, la maîtrise de la réverbération et l'atténuation des nuisances sonores internes ou externes. Ainsi, une ambiance acoustique maîtrisée devient un facteur fondamental de qualité dans les lieux dédiés à la lecture et à l'étude.

Deuxième partie : Pratique

Chapitre 3 : Méthodologie et étude empirique

Introduction

Une fois que les principes théoriques du confort acoustique dans les espaces de lecture sont établis, il est nécessaire de confronter ces concepts à la réalité sur le terrain. Ce chapitre vise à examiner de manière concrète les conditions acoustiques des espaces dédiés à la lecture, en fusionnant deux méthodologies complémentaires. D'une part, une analyse quantitative facilitera l'évaluation des performances acoustiques de ces lieux par le biais de relevés techniques et des simulations. D'autre part, une étude qualitative menée via un questionnaire auprès des utilisateurs facilitera la collecte de leurs ressentis et expériences. L'objectif de cette approche est de déceler les éventuelles lacunes possibles et d'envisager des améliorations afin de fournir un environnement plus agréable et favorable à la concentration des lecteurs.

3.1 Justification du choix du cas d'étude

Dans le contexte de cette recherche, le cas d'étude sélectionné concerne un équipement culturel emblématique, visant à examiner les interactions entre l'espace architectural et le confort acoustique. La Bibliothèque principale de Béjaïa (Chahid Tahar Amirouchene) s'est avérée d'une pertinence remarquable pour divers motifs :



Figure 51: la bibliothèque principale de Béjaïa Chahid Tahar Amirouchene

(Source : www.patrimoineculturelalgerien.org)

- Fonction sensible au confort sonore : Espace dédié à la lecture, à la concentration et au travail intellectuel, où la qualité acoustique est essentielle.

- Diversité des usagers : Fréquentée par un public varié (étudiants, chercheurs, lecteurs), ce qui permet une analyse riche des perceptions et besoins sonores.
- Environnement urbain actif : Située dans un quartier central animé (Aamriw), proche de la Radio Soummam et de la Maison de la Culture, exposée à des influences sonores extérieures.
- Importance symbolique et fonctionnelle : Équipement culturel majeur de la ville, représentatif des enjeux liés au confort des usagers dans les espaces publics.

3.2 Localisation et situation urbaine



Figure 52: situation géographique de la bibliothèque (Source : Auteur, 2025)

Le cas d'étude retenu concerne la Bibliothèque principale de Béjaïa, intitulé Chahid Tahar Amirouchene. Cet équipement culturel de référence est implanté dans le quartier animé d'Aamriw, au centre de la ville de Béjaïa. Elle s'inscrit dans un véritable axe culturel, située à proximité immédiate de la Radio Soummam et de la Maison de la Culture Taous Amrouche. Le cadre urbain qui l'entoure est à la fois dense et composite, alliant activités culturelles, commerciales et résidentielles. Située sur la rue Krim Belkacem, l'un des axes majeurs de la ville, la bibliothèque jouit d'une accessibilité optimale, tant pour les piétons que pour les voitures.

3.3 Environnement immédiat

L'ambiance sonore de la Bibliothèque principale de Béjaïa est directement influencée par son cadre environnant qui combine les éléments urbains et naturels. Les éléments clés qui le constituent sont :

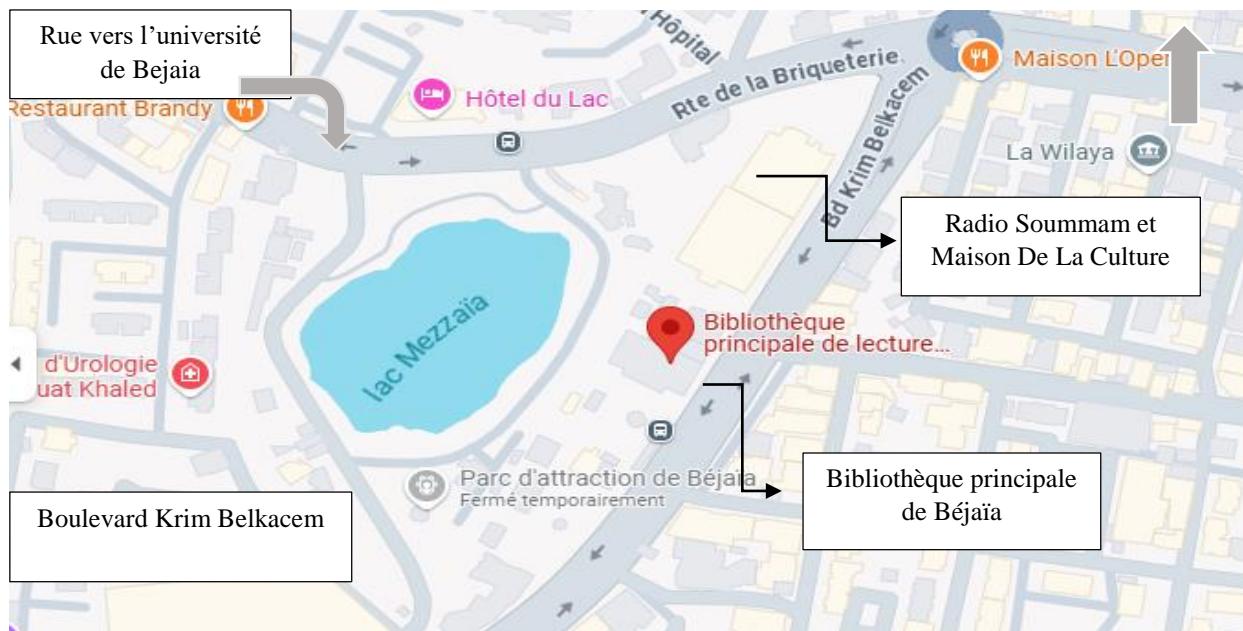


Figure 53: l'environnement immédiat de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : Auteur,2025)

- **À l'est :** La rue Krim Belkacem, une artère principale à fort trafic, génère une activité sonore constante due à la circulation automobile et piétonne.
- **Au nord :** La présence de la Radio Soummam et de la Maison de la Culture Taous Amrouche, deux équipements culturels dynamiques, contribue à l'animation du quartier et occasionne des pics sonores, particulièrement lors d'événements ou de manifestations.
- **Au sud :** Le parc d'attraction de Béjaïa, un lieu de loisirs, apportant un autre type de bruit, principalement lié aux activités des visiteurs.
- **À l'ouest :** Le lac Mezaïa, un espace naturel calme et apaisant, offrant un contraste intéressant avec l'agitation urbaine des autres directions.

3.4 Description du cas d'étude (Bibliothèque municipale de Béjaïa)

Tableau 6: Description de la bibliothèque principale de Béjaïa (Source : Auteur ,2025)

Élément	Valeur
Superficie du terrain	2018 m ²
Emprise au sol	1085 m ²
Surface Totale (bâtiment)	3812 m ²
C.E.S	0,53
C.O.S	1,88

La bibliothèque Chahid Tahar Amirouchene est située sur un terrain de 2 018 m², avec une emprise au sol de 1 085 m². Elle se développe sur trois niveaux (R+3), ainsi qu'un sous-sol.

Le plan de masse indique une disposition presque centrale sur le terrain avec plusieurs accès bien définis : une entrée principale à l'est, donnant directement sur le boulevard Krim Belkacem, des issues de secours au nord et au sud, Un accès exclusif pour le personnel est situé au sud.

L'agencement extérieur inclut des aires de stationnement, et une gestion claire des flux, assurant une distinction marquée entre les zones publiques et privés.

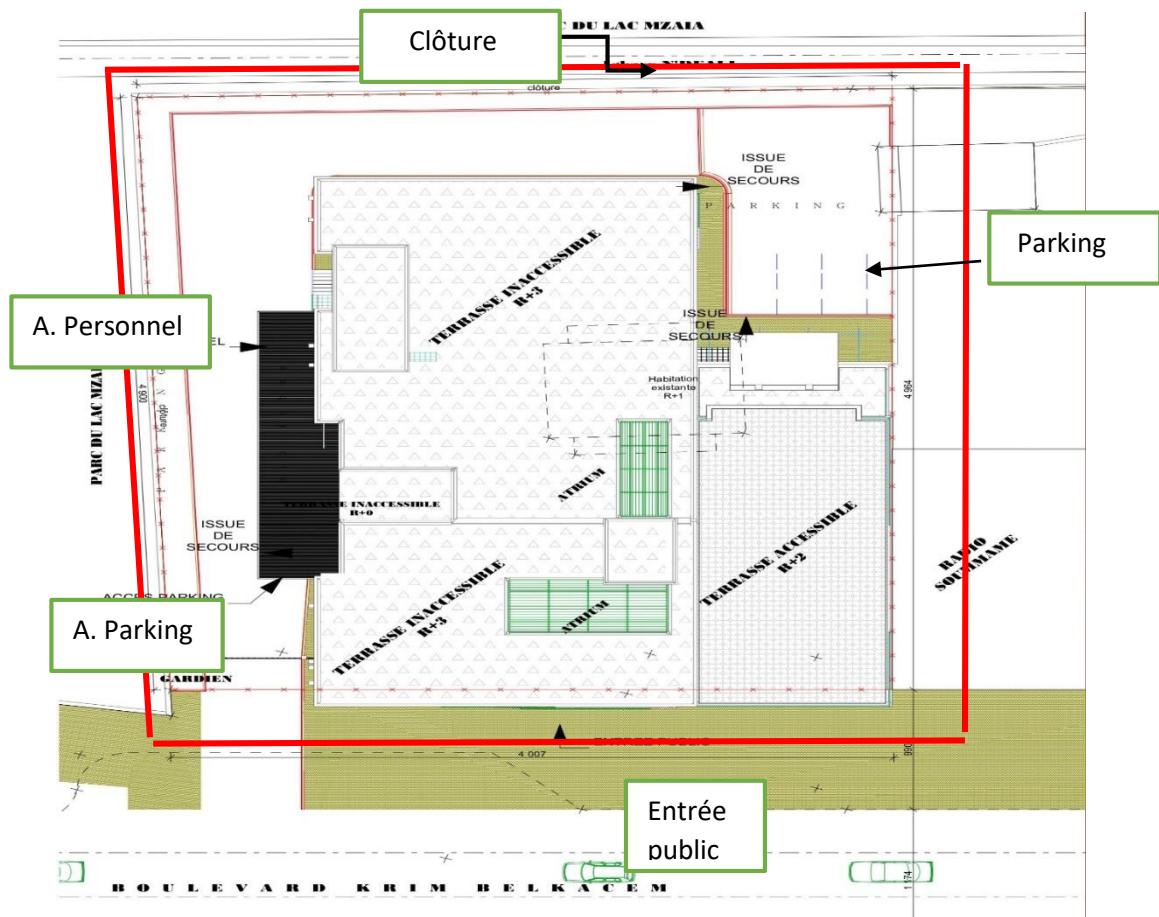


Figure 54: Le plan de masse de la bibliothèque principale de Béjaïa (Source : Auteur,2025)

3.5 Organisation des espaces intérieurs

La bibliothèque principale de Béjaïa présente une organisation fonctionnelle claire, répartie sur plusieurs niveaux hiérarchisés.

- **Le sous-sol** regroupe les espaces techniques et logistiques, tels que les dépôts, le garage pour le personnel, le quai de déchargement et les locaux techniques.

- **Le rez-de-chaussée** est dédié à l'accueil des usagers, avec un hall principal, un espace jeunesse, une salle d'exposition, des bureaux administratifs et les services de prêt.
- **Les trois étages supérieurs** sont consacrés aux espaces de lecture, de recherche et de consultation. On y trouve également une salle de conférence, une médiathèque, des espaces pour chercheurs ainsi que des bureaux administratifs.

Avec une surface bâtie totale de 3812 m², le bâtiment offre une diversité d'usages et une capacité d'accueil importante, répondant aux besoins d'un large public dans une structure verticale lisible et efficace. (Voir annexes)

3.6 Observation in situ

Une inspection sur place a été effectuée pour repérer les facteurs qui affectent l'environnement sonore dans la bibliothèque. Cette étude s'est focalisée sur trois éléments cruciaux : les sources sonores existantes, l'ameublement et les matériaux de construction.

3.6.1 Les différentes sources de bruit

Tableau 7: Description des sources de bruit présente dans la bibliothèque

(Source : Auteur ,2025)

Catégories de bruit	Sous-catégories	Exemples
Bruits aériens	Bruits aériens extérieurs	Circulation sur la rue Krim Belkacem Activités de la Maison de la Culture et de la Radio Soummam , Sons naturels du lac Mezaïa (vent, oiseaux)
Bruits aériens	Bruits aériens intérieurs	Voix des usagers Déplacements dans les couloirs et entre les rayonnages, Manipulation des livres et du mobilier
Bruits d'équipements		Ventilation , climatisation ,Imprimantes, ordinateurs Éclairage ou appareils techniques
Bruits d'impact		Pas sur le sol, Déplacement ou chute d'objets, Fermeture de portes

3.6.2 Le Mobilier des salles de lectures

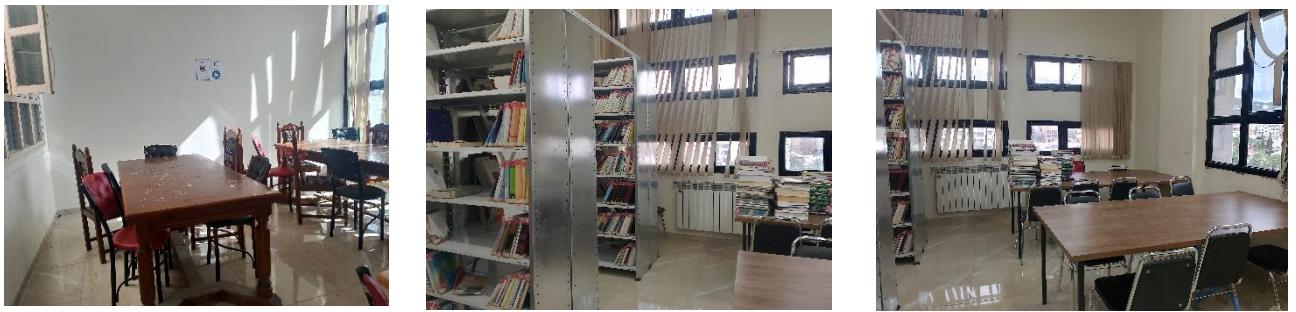


Figure 55: Le mobilier des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : Auteur,2025)

Le mobilier de la salle de lecture se compose d'étagères en structure métallique, de tables principalement en bois, et de chaises simples. Les étagères permettent une organisation fonctionnelle des ouvrages. Les tables, robustes et adaptées à la lecture comme au travail, sont associées à des chaises légères et pratiques.

3.6.3 Les Matériaux de construction

Le sol : Le sol est principalement constitué de carrelage en grès cérame émaillé, un matériau souvent choisi pour les constructions publiques grâce à sa solidité et à sa simplicité d'entretien.



Figure 56: Le traitement du sol des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : Auteur,2025)

Aspect : surface brillante à semi-brillante, présentant une subtile nuance marbrée dans les pièces situées au premier et deuxième étage (couleur beige clair). Dans la zone prévue pour les enfants, le sol est tapissé d'un revêtement vinyle adhésif qui simule l'apparence du parquet. Ce matériau flexible et durable, qui allie esthétique et utilité, est approprié pour les espaces utilisés

par des jeunes usagers grâce à sa robustesse face à l'abrasion, sa simplicité de nettoyage et son confort lors de la marche.

Parois :

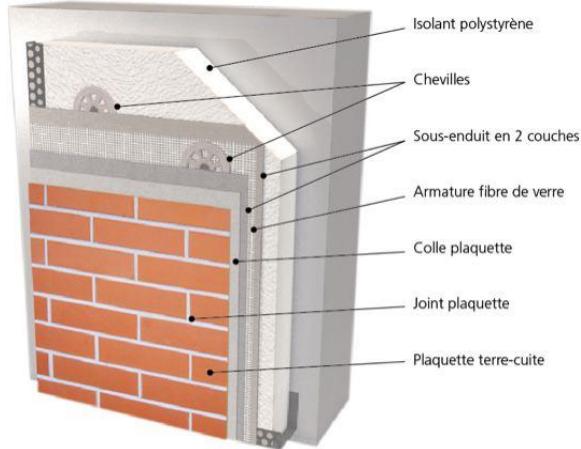


Figure 57: La composition des parois de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : batijournal.com)

- **Parois extérieures** : composées de béton, d'un isolant, et d'une maçonnerie en briques.
- **Parois intérieures** : réalisées en maçonnerie de 10 cm d'épaisseur.

Portes :

Les portes sont principalement fabriquées en bois peint, incluant des panneaux de verre transparent.

Composition : structure en bois plein ou partiellement plein, accompagnée d'inserts en verre.

Caractéristiques :



Figure 58: L'aspect des portes de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : auteur, 2025)

- Promouvoir la transparence entre les espaces, ce qui contribue à la sécurité.
- Le vitrage offre la possibilité de laisser entrer la lumière naturelle tout en préservant la division des espaces.

Style : épuré et pratique, adapté à l'utilisation publique du bâtiment.

Fenêtres : Les ouvertures sont réalisées à partir de châssis en aluminium peint en noir ou en gris foncé, comprenant des éléments fixes et ouvrants.



Figure 59: L'aspect des Fenêtres de la bibliothèque principale de Béjaïa

(Source : auteur,2025)

- **Matériaux :** aluminium.
- **Caractéristiques :**
 - Résistance élevée aux intempéries et à la corrosion.
 - Nécessitent peu d'entretien par rapport aux menuiseries en bois.
 - Offrent une bonne isolation thermique et acoustique, notamment en combinaison avec du double vitrage.
- **Aspect :** lignes épurées et profilés fins, maximisant l'apport de lumière naturelle.

3.7 Étude quantitative

L'étude quantitative en architecture est une méthode de recherche qui vise à recueillir et analyser des données mesurables et chiffrées afin d'obtenir des résultats objectifs et statistiquement fiables. Elle permet de quantifier des phénomènes liés à l'usage, la performance ou la perception des espaces construits (Dupont, 2018) cette approche a été mobilisée afin d'évaluer le confort acoustique dans les salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa. Elle comporte deux volets : étude empirique in situ ainsi qu'une étude numérique basée sur des simulations.

3.7.1 Etude empirique in situ

L'étude empirique in situ permet de caractériser l'environnement sonore réel dans des espaces de lecture tels qu'ils sont utilisés quotidiennement par les usagers. Cette approche directe sur le terrain est essentielle pour collecter des données objectives et pour observer les effets réels de l'acoustique sur le confort des utilisateurs. Elle repose sur une collecte de données via des instruments de mesure acoustiques, dont le fonctionnement et l'application sont détaillés ci-dessous.

3.7.1.1 Protocole de la prise de mesures

Le protocole de mesure acoustique a été élaboré de façon méthodique en plusieurs phases visant à garantir une couverture uniforme des différents espaces et une exactitude dans les informations recueillies. Ce protocole comprend les étapes suivantes :

1. Choix des espaces étudiés : La phase initiale du processus de mesure impliquait l'identification des zones précises de la bibliothèque où les évaluations acoustiques seraient effectuées. On a choisi quatre salles de lecture, qui illustrent une diversité d'usages et de profils d'utilisateurs :

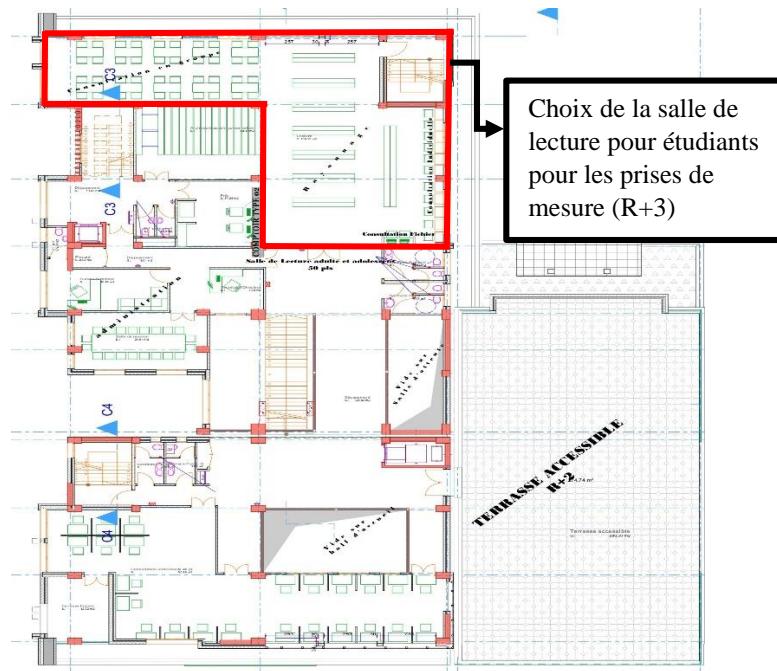


Figure 60: Le choix des salles de lecture étudiées de la bibliothèque principale de Béjaïa
(Source : auteur, 2025)

- **Rez-de-chaussée :** Salle dédiée aux enfants de 4 à 6 ans, située en amont des autres espaces. Ses fenêtres donnent sur le lac de Mezaïa.

- **R+1** : Salle fréquentée par des adolescents, utilisée pour la lecture et l'étude. Elle donne sur le côté du boulevard Krim Belkacem.
- **R+2** : Salle destinée aux étudiants préparant le baccalauréat cette dernière donne sur le côté du boulevard.
- **R+3** : Salle fréquentée par des étudiants de niveau universitaire. Cet espace est situé au dernier étage du bâtiment et bénéficie d'une orientation donnant sur le lac de Mézaïa.

Le choix de ces quatre salles repose sur la volonté de couvrir une diversité de publics, d'usages et d'emplacements au sein du bâtiment. La sélection prend en compte la répartition verticale, la hauteur pouvant influencer les caractéristiques acoustiques, ainsi que l'orientation des salles certaines donnent sur le boulevard, exposé au bruit urbain, tandis que d'autres s'ouvrent sur le lac, offrant un environnement plus calme. Cela offre une évaluation plus détaillée et précise du confort acoustique à travers l'ensemble du bâtiment.

➤ Choix de l'instrument de mesure

Des mesures acoustiques ont été réalisées sur une durée de trois semaines, du 1er au 20 mars 2025, en utilisant un téléphone portable muni de l'application « Sonomètre – Décibels », accessible sur le Play Store. Cette application utilise le microphone intégré du smartphone comme un détecteur acoustique, capable de quantifier les niveaux de pression sonore en décibels (dB), proposant une solution pratique et adéquate pour des recherches comparatives dans un contexte universitaire.



Figure 61: L'interface de l'application sonomètre utilisée

(Source : auteur, 2025)

L'application présente plusieurs fonctionnalités clés :

- L'évaluation des décibels en temps réel.
- La visualisation des valeurs minimales (Lmin), maximales (Lmax) et équivalentes (Leq).
- Une interface intuitive qui offre une lecture précise et rapide des données recueillies.
- L'option de représenter les fluctuations des niveaux sonores à travers des graphiques chronologiques.

➤ Procédure de mesure : élaboration d'une trame de mesure

Nous avons débuté en traçant des lignes horizontales et verticales sur les plans des salles de lecture choisies. Ces axes nous ont permis d'établir une grille uniforme de 1 mètre par 1 mètre, tout en préservant un dégagement de 0,20 mètre près des portes pour éviter les espaces de circulation. Après la définition de cette grille dans le plan, elle a été représentée au sol dans chaque salle. Des points de mesure ont été disposés au centre de chaque carré, garantissant ainsi une distribution homogène de l'espace. La hauteur de mesure a été fixée à 1,20 mètre, ce qui correspond à peu près à la hauteur de l'oreille d'un utilisateur lorsqu'il est assis. Cette approche a abouti à des mesures exactes et représentatives des différentes zones des salles.

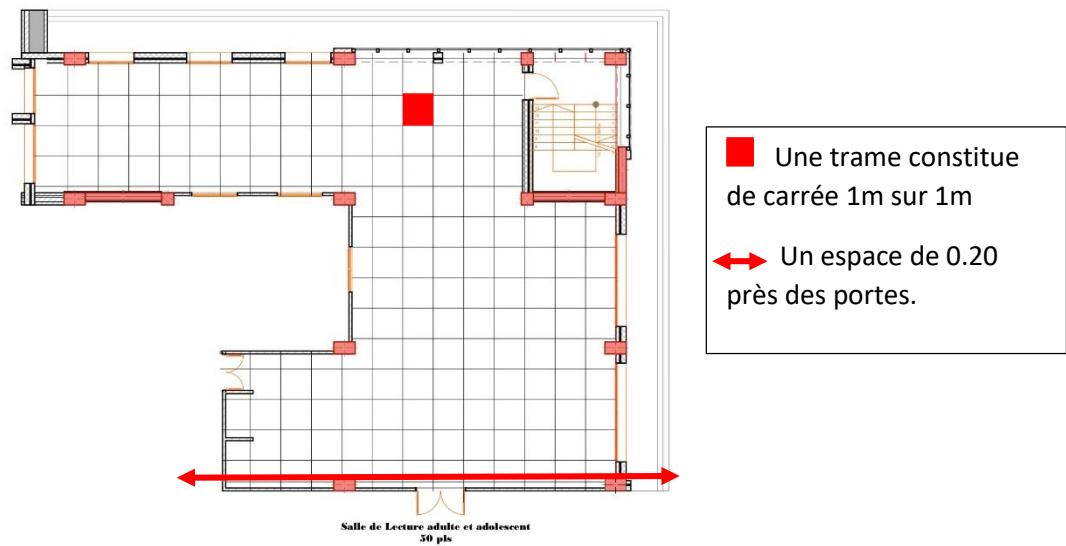


Figure 62: La trame de mesure élaborée (Source : auteur,2025)

➤ Scénarios de mesure

Pour chaque salle de lecture, deux scénarios distincts ont été mis en place afin de mieux appréhender le comportement acoustique des salles de lectures choisies :

- **Scénario 1 : Salle inoccupée (sans usagers) :**

Les premières mesures ont été réalisées lorsque les salles étaient totalement vides, sans aucune présence humaine. Cela a permis de mesurer uniquement le bruit de fond naturel ainsi que les sons provenant de l'extérieur. Ce premier scénario sert de référence pour évaluer l'acoustique « pure » de chaque salle, sans l'influence d'activités humaines.

- **Scénario 2 : Salle occupée (présence d'usagers ou simulation de bruit intérieur) :**

Ensuite, des mesures ont été effectuées lors de l'occupation des salles. Lorsque le nombre d'usagers était suffisant, les niveaux sonores ont été mesurés directement. Dans le cas contraire, des bruits ont été volontairement simulés (par exemple, des murmures ou des déplacements légers) pour recréer une ambiance typique de bibliothèque. Ce scénario a permis d'analyser l'impact des activités humaines sur le confort sonore, en observant les variations de bruit et en identifiant les pics sonores en fonction du taux d'occupation.

Après avoir réalisé l'étude empirique basée sur des relevés acoustiques in situ, une seconde approche a été mise en œuvre pour compléter l'analyse : la simulation numérique.

3.7.2 Etude numérique (simulation) :

La simulation numérique est l'utilisation de programmes informatiques pour modéliser des phénomènes physiques, afin d'approfondir notre compréhension de leur dynamique et prévoir leur progression (CEA, 2024). Dans le domaine de l'architecture, les instruments de simulation facilitent l'examen de divers paramètres associés à la construction, comme la température ambiante, la ventilation, l'éclairage naturel ou même l'acoustique.

Selon Chatelet A et al « *Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix* »

3.7.2.1 Le choix d'outil de simulation

Afin de mener à bien cette analyse, le logiciel Autodesk Ecotect Analysis a été choisi pour sa capacité à modéliser et à simuler les conditions acoustiques et environnementales des salles étudiées.

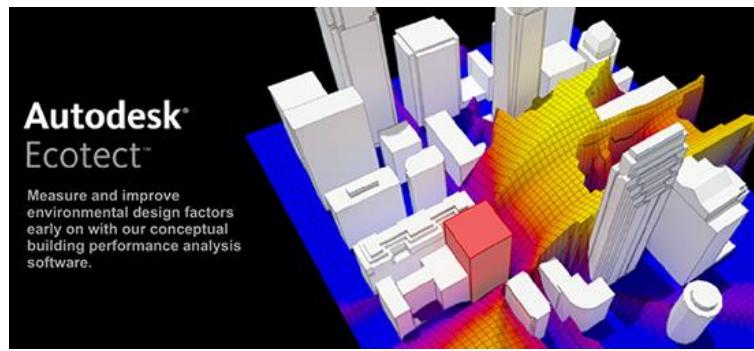


Figure 63: l'interface du logiciel de simulation (Source : auteur,2025)

3.7.2.2 Présentation du logiciel

Ecotect Analysis d'Autodesk est un outil d'évaluation environnementale conçu pour mesurer l'efficacité énergétique des bâtiments. Ce système permet d'effectuer diverses simulations, y compris celles relatives à l'ensoleillement, au comportement thermique, à la lumière naturelle, au son et à la circulation de l'air, en se basant sur des modèles tridimensionnels. Ainsi, cet outil permet aux architectes et ingénieurs de perfectionner la conception des espaces pour augmenter tant l'efficacité énergétique des édifices que le confort des résidents. (Documents officiels d'Autodesk, 2010)

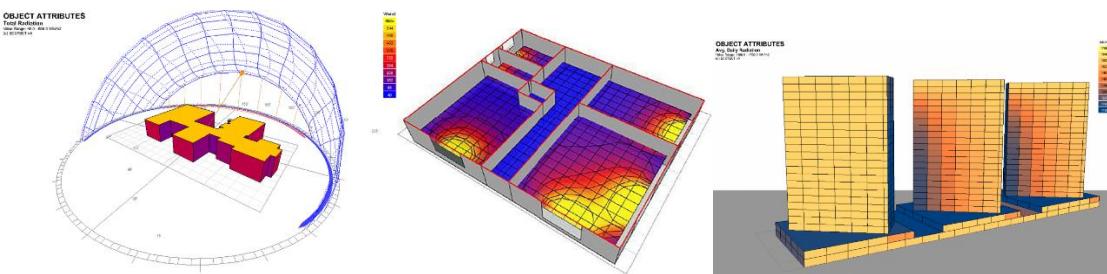


Figure 64: Les fonctionnalités du logiciel Ecotect (Source : link.springer.com)

3.7.2.3 Les caractéristiques principales du logiciel

- Logiciel complet de simulation couvrant toutes les phases de conception, de l'avant-projet aux détails.
- Modeleur 3D intégré permettant de créer et manipuler facilement des modèles architecturaux.
- Intégration des données météorologiques locales (exemple : données climatiques de la ville de Biskra) pour des simulations précises.
- Analyses multiples : solaire (trajectoire du soleil, ombrages), thermique (performance des surfaces ensoleillées), acoustique, éclairage naturel (avec export vers Radiance pour des analyses détaillées).

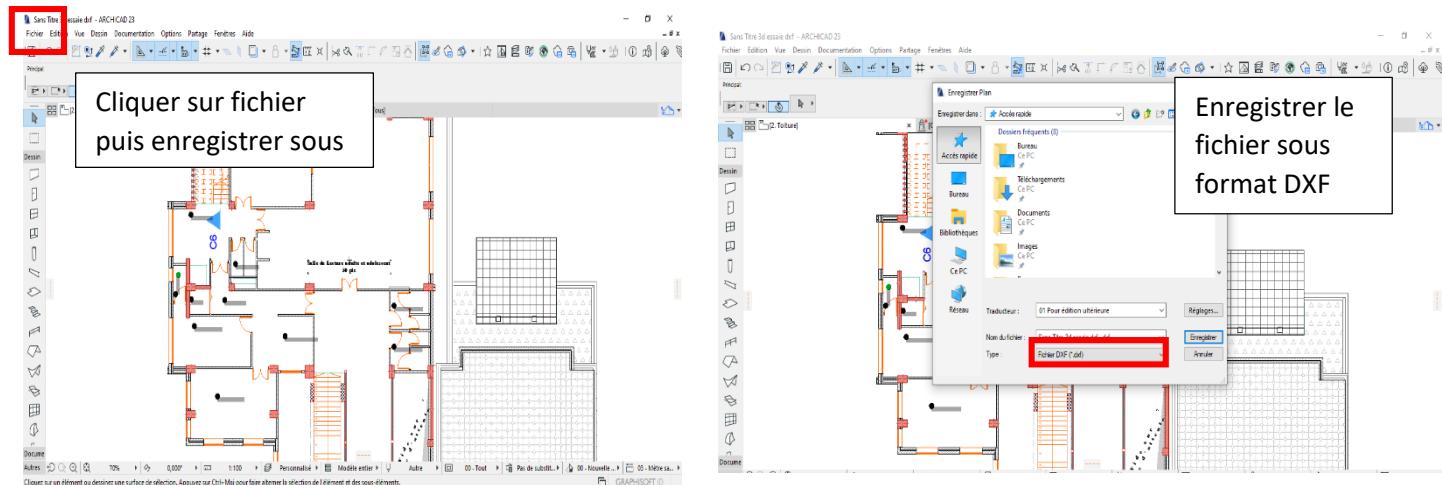
- Visualisation graphique des résultats avec des rendus en 2D et 3D, facilitant la compréhension des performances du bâtiment.
- Interopérabilité avec d'autres logiciels (Archicad, Radiance, EnergyPlus, AutoCAD, 3D Studio) via import/export de nombreux formats.
- Outils d'aide à la conception HQE (Haute Qualité Environnementale), permettant d'optimiser l'orientation, les protections solaires, les matériaux et les ouvertures.
- Simulation dynamique, offrant la possibilité d'étudier les performances sur différentes périodes (ex : journées représentatives de l'année).
- Interface conviviale et adaptée aux architectes et concepteurs pour guider les décisions dès les premières phases du projet.

3.7.2.4 Les différentes étapes de simulation

Pour simuler le comportement acoustique des salles de lecture sélectionnées, la procédure suivante a été mise en œuvre avec le logiciel Autodesk Ecotect Analysis :

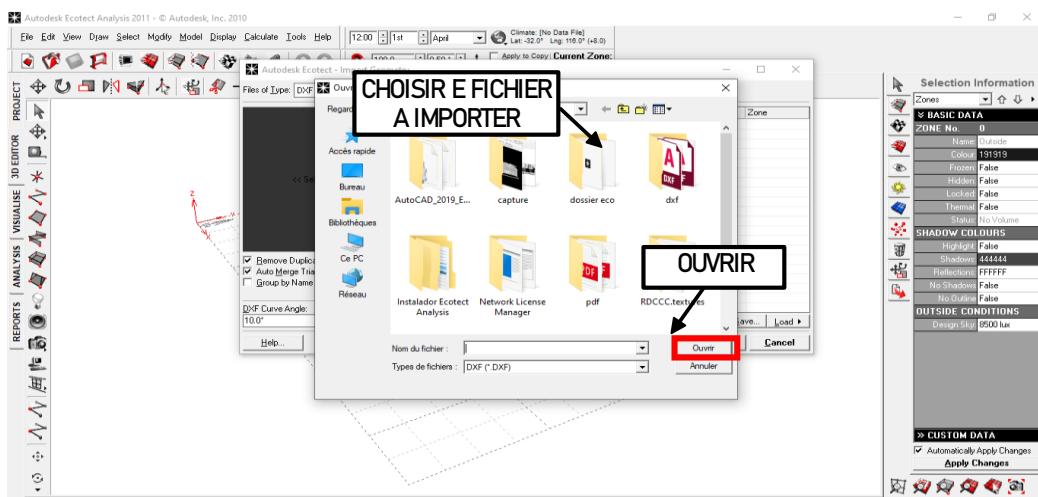
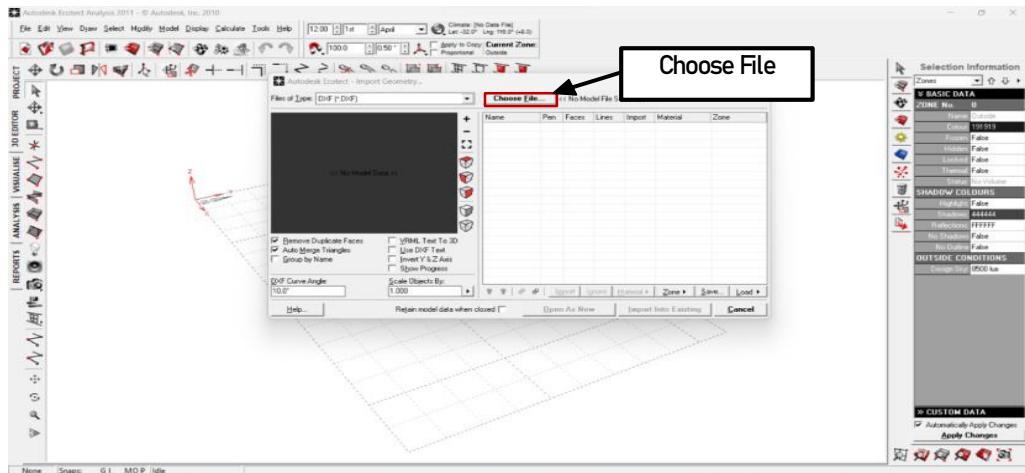
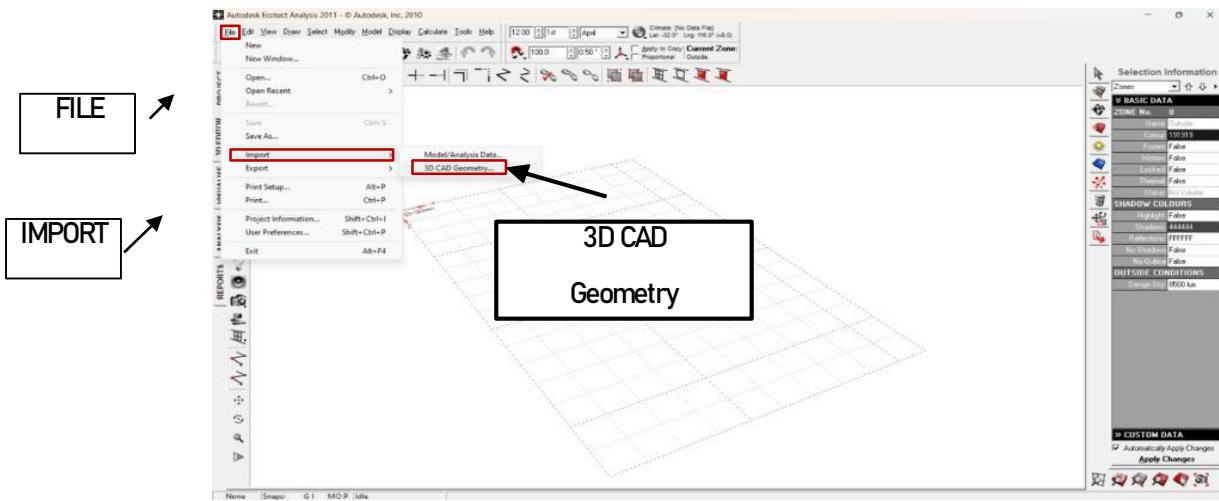
➤ **Préparation du modèle 3D :**

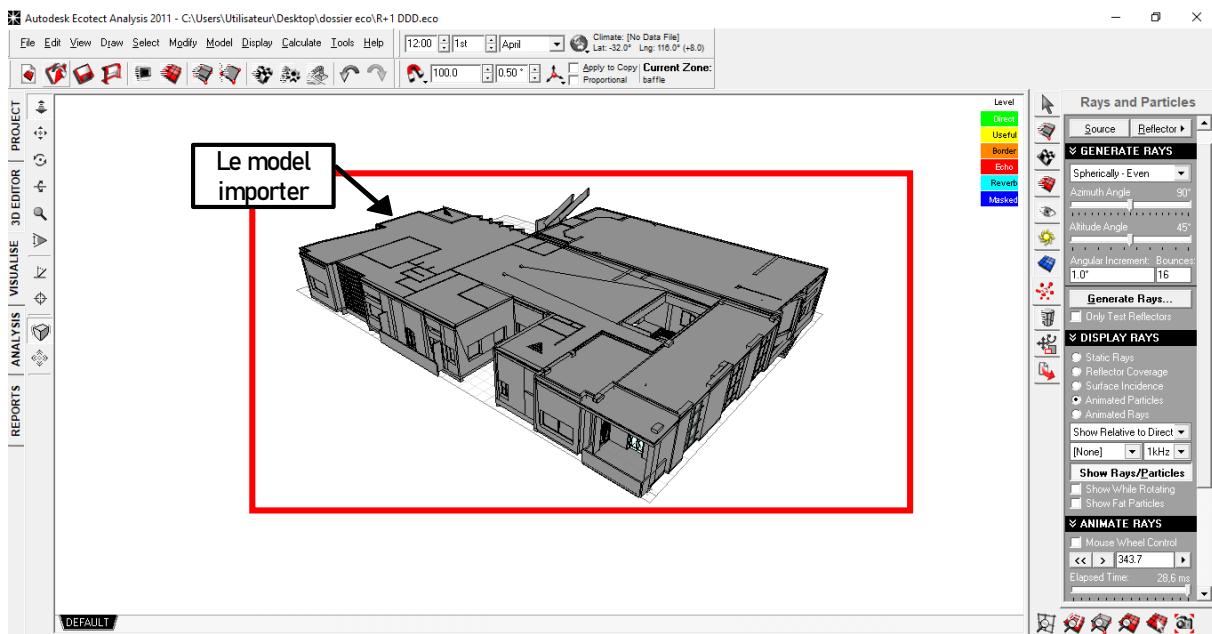
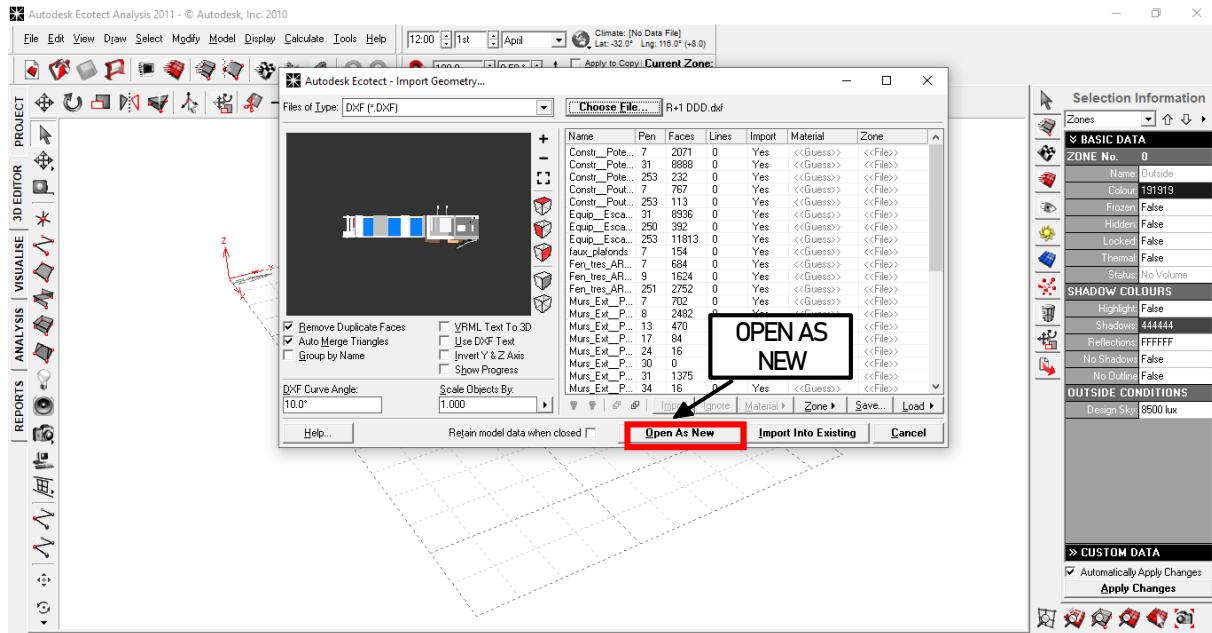
Le fichier 3D du projet, initialement réalisé sous format .plan, a été enregistré au format .dxf afin de pouvoir être importé dans Ecotect.



➤ **Importation du modèle :**

Le modèle 3D de la bibliothèque principale de Béjaïa a été importé dans Ecotect. Cette opération peut prendre un certain temps. Une fois l'importation achevée, le fichier a été enregistré dans le format propre au logiciel (.ecotect) pour éviter toute perte de données.



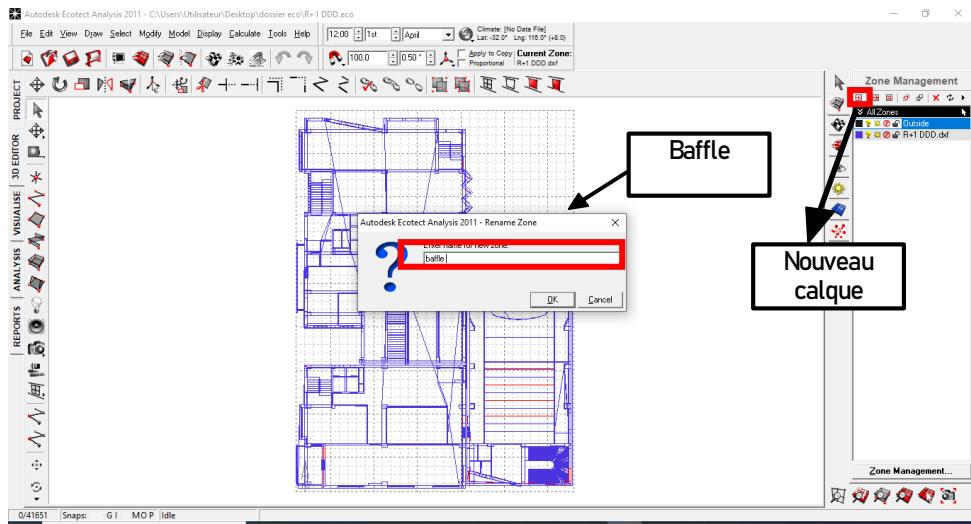


➤ Paramétrage des éléments du modèle :

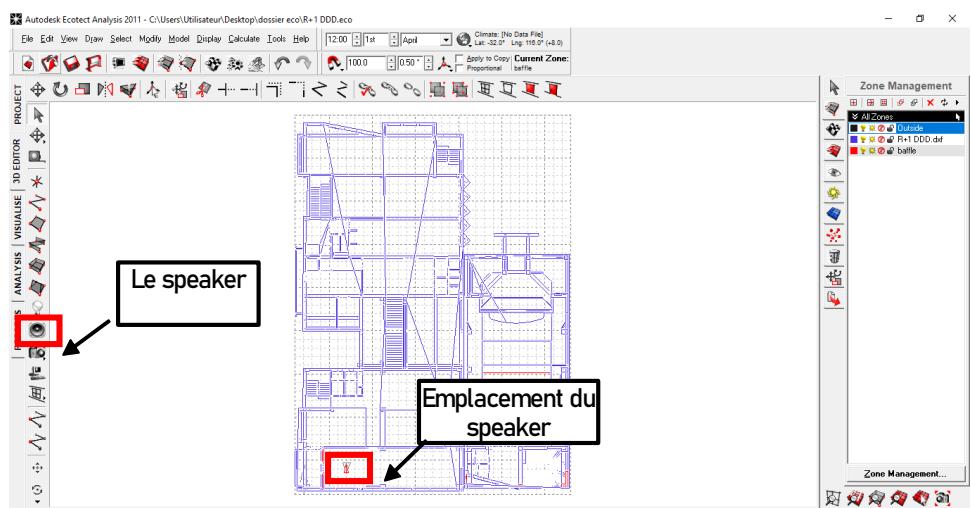
- La couleur générale du plan a été transformée en noir ou bleu afin d'améliorer la lisibilité des éléments.
- Un nouveau calque nommé "Fenêtre", de couleur bleue (symbolisant le verre), a été créé.
- Toutes les fenêtres de l'espace étudié ont été sélectionnées et intégrées dans ce calque, permettant ainsi au logiciel de les reconnaître en tant qu'éléments vitrés.
-

➤ **Ajout de la source sonore :**

- Un autre calque a été créé, nommé "Baffle", en rouge, destiné à représenter la source sonore.

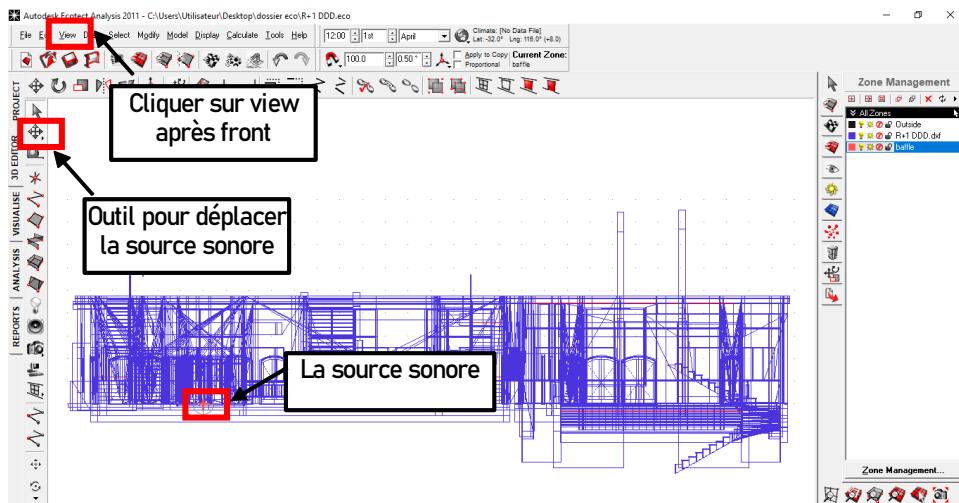


- La source sonore a été positionnée dans l'espace d'étude.



➤ **Ajustement de la hauteur de la source sonore :**

- En passant en vue de façade, la source sonore a été déplacée à une **hauteur correspondant à la moyenne de hauteur humaine**.



➤ **Réglages de la simulation acoustique :**

- Un paramètre spécifique nommé "Even" a été appliqué pour homogénéiser l'émission sonore.
- L'option "Animated Rays" a été activée pour simuler visuellement la propagation des ondes.
- La génération des rayons a été lancée en cliquant sur "Generate Rays".

➤ **Lancement de la simulation :**

- Enfin, la simulation a été démarrée en cliquant sur le bouton "Démarrer", permettant d'observer la propagation des ondes sonores dans l'espace modélisé.

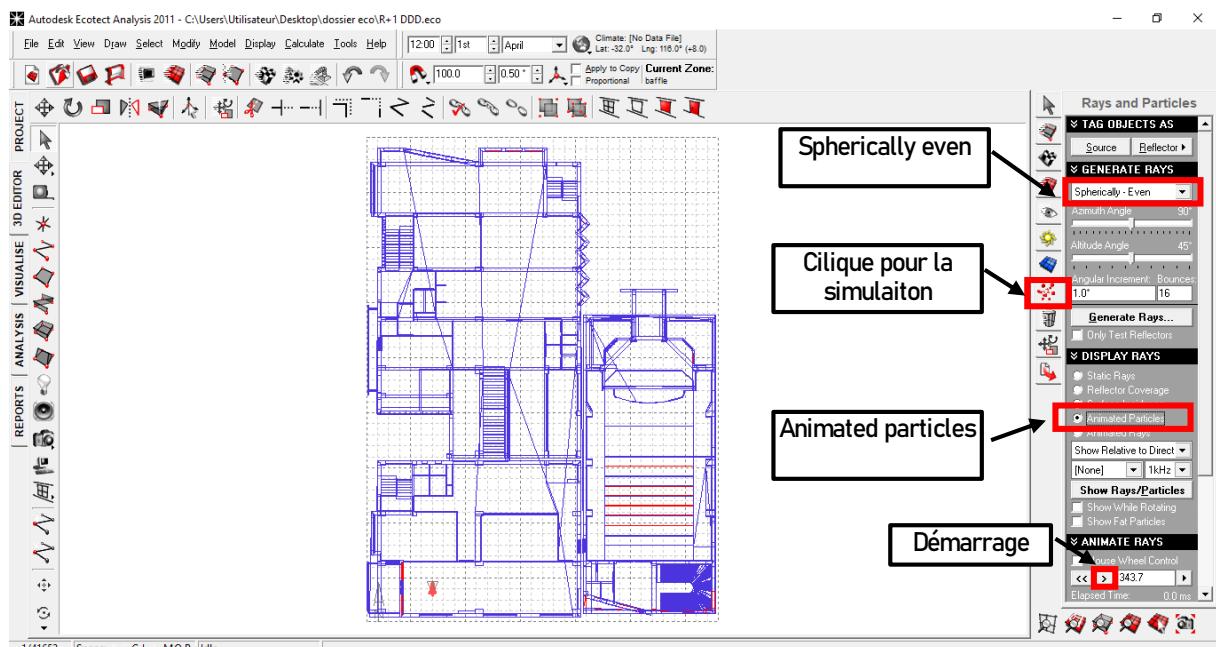


Figure 65: Les étapes de simulation avec le logiciel Ecotect (Source : auteur, 2025)

3.8 Etude qualitative : L'enquête sur le terrain

La recherche qualitative est une approche visant à comprendre en profondeur les phénomènes sociaux dans leur environnement naturel, en mettant l'accent sur les significations, les vécus et les perspectives des participants plutôt que sur la quantification des données. Elle utilise des méthodes telles que les entretiens, l'observation ou les groupes de discussion pour recueillir des informations descriptives et interprétatives, permettant d'analyser les motivations, les comportements et les interactions sous-jacentes à un phénomène (Mays et Pope, 1995, cité par Scribbr, 2024).

3.8.1 Présentation de l'enquête

Dans cette étude, un questionnaire a été conçu afin de recueillir les perceptions des usagers concernant le confort acoustique dans les salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa. Le questionnaire vise à explorer leurs ressentis, leur satisfaction ainsi que leurs attentes vis-à-vis de l'environnement sonore. Afin de résumer les caractéristiques principales du questionnaire, le tableau suivant est présenté :

Tableau 8: Description du questionnaire (Source : Auteur ,2025)

Élément	Description
Objectif	Évaluer la perception des usagers concernant le confort acoustique des salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa.
Contenu du questionnaire	Questions fermées et semi-ouvertes principalement des questions à choix multiples complétées par une question ouverte libre
Type de données	Données qualitatives issues des ressentis, expériences personnelles et suggestions des usagers.
Population cible	Usagers réguliers et occasionnels fréquentant les salles de lecture utilisées pour les prises de mesure ainsi que la simulation (RDC, R+1 R+2 , R+3).
Méthode de distribution	Remplissage sur place, après explication de l'objectif de l'enquête. Distribution du questionnaire en format numérique (google form)
Échantillon	36 participants sélectionnés pour couvrir une diversité d'âges, de fréquences de visite et de durées .

3.9 Présentation des résultats de l'étude empirique

3.9.1 Etude de la salle de lecture pour enfants (4–6 ans) Rez-de-chaussée

➤ Scénario calme

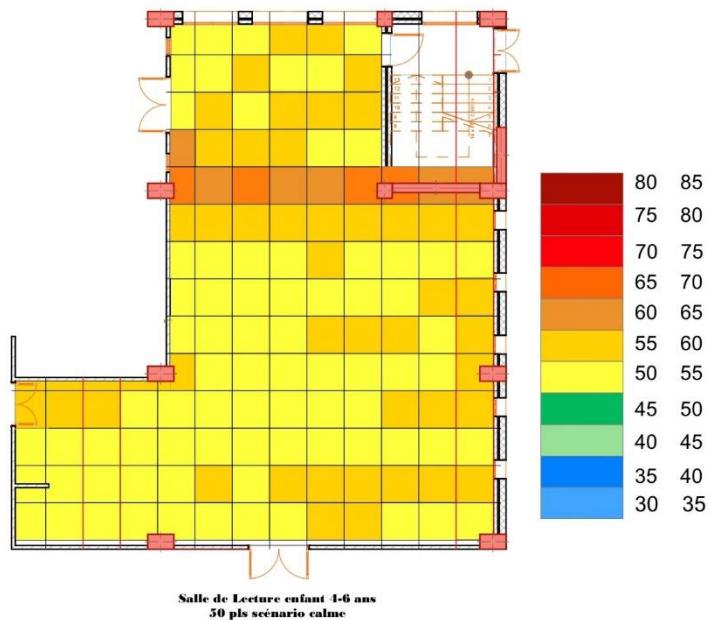


Figure 66: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du RDC scenario calme
(Source : auteur,2025)

Lecture des valeurs

La carte sonore illustre une répartition spatiale des niveaux sonores en décibels (dB) mesurés dans toute la salle. Les valeurs relevées varient entre 50 et 70 dB, avec une majorité de zones comprises entre 50 et 65 dB, représentées par des couleurs allant du jaune au orange foncé. Les zones situées près des fenêtres et des accès principaux présentent les niveaux les plus élevés, approchant 70 dB... Ces niveaux, normalement attendus dans un contexte d'activité modérée, sont ici mesurés en l'absence totale d'usagers, ce qui pose un problème important.

Interprétation

De tels niveaux sont considérés comme anormalement élevés pour un espace vide destiné à de jeunes enfants. Les recommandations internationales pour les bibliothèques fixent un niveau de bruit de fond maximal autour de 35–40 dB pour favoriser la concentration et le confort auditif. L'écart constaté suggère plusieurs problématiques :

- Présence de bruits mécaniques internes (système de ventilation ou climatisation).
- Mauvaise isolation phonique vis-à-vis des bruits extérieurs.

- Surfaces internes majoritairement dures et réfléchissantes, favorisant la réverbération du bruit résiduel.

Un bruit de fond aussi élevé génère un environnement acoustique stressant pour des enfants en bas âge, compromettant leur capacité d'attention, leur compréhension orale et leur bien-être général.

➤ Scénario avec bruit intérieur

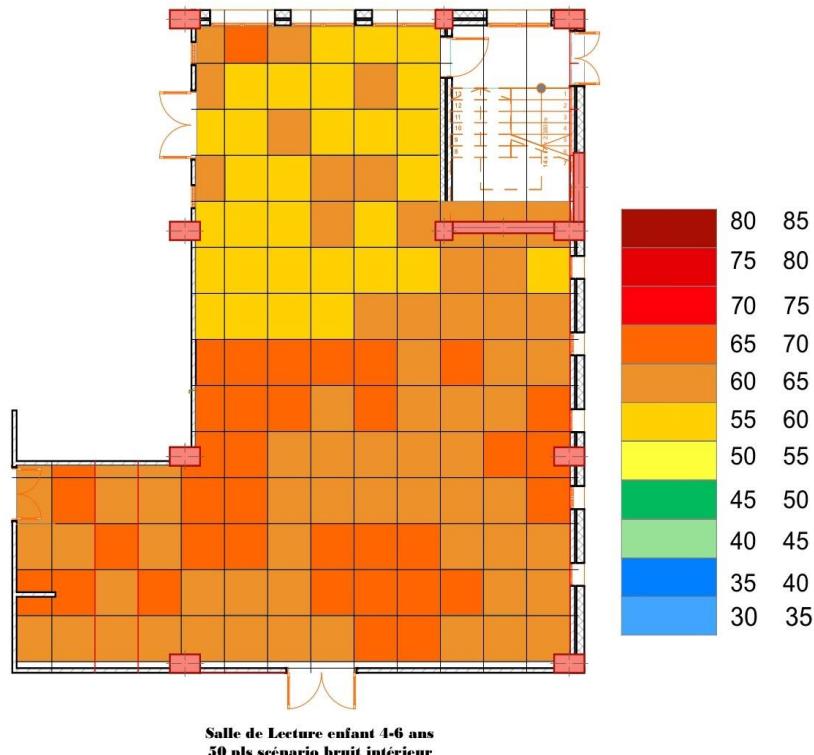


Figure 67: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du RDC scenario bruit intérieur (Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Dans ce deuxième scenario (bruit intérieur) effectuer avec la création d'une situation réelle similaire, les niveaux de pression sonore augmentent sensiblement, atteignant des valeurs comprises entre 60 dB et 75 dB. La propagation du bruit est étendue et homogène, montrant peu d'atténuation d'une zone à l'autre.

Interprétation

L'élévation de 15 à 20 dB par rapport au scénario calme démontre une incapacité des matériaux et de la configuration spatiale à absorber et maîtriser les bruits générés par les usagers. L'absence d'éléments absorbants acoustiques (moquettes, panneaux, rideaux lourds) entraîne un

effet de saturation sonore. Cela provoque non seulement un inconfort immédiat, mais induit également une hausse des niveaux vocaux, chaque enfant parlant plus fort pour couvrir le bruit ambiant, ce qui aggrave encore la situation (effet Lombard). Cet environnement est inadapté aux activités éducatives nécessitant de l'attention et une communication claire.

3.9.2 Etude de la salle Salle de lecture pour adolescents – R+1 (côté boulevard)

➤ Scénario calme

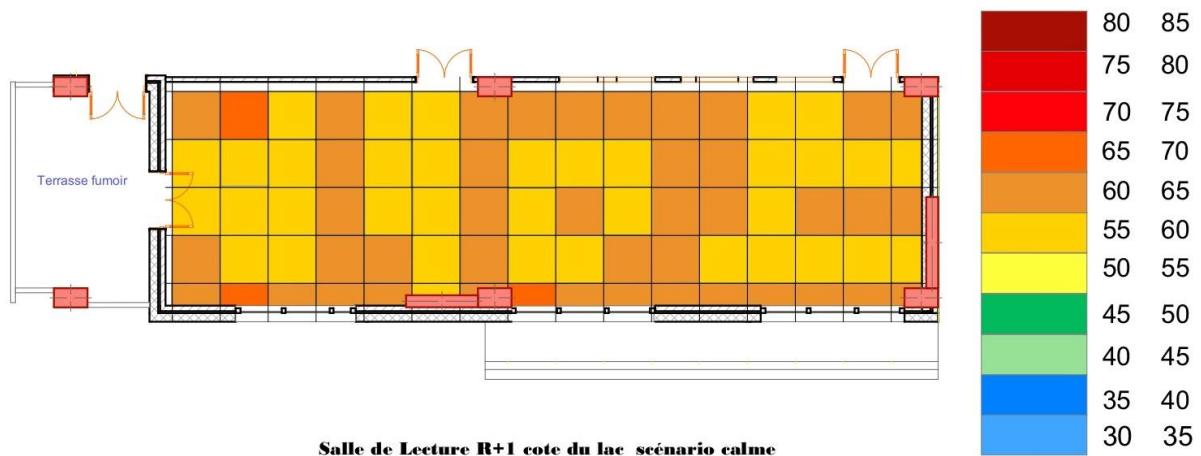


Figure 68: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+1 scenario calme

(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Les résultats montrent des niveaux sonores relativement élevés, entre **55** et **65 dB**, avec des pics atteignant parfois **70 dB** notamment vers les ouvertures et les parois vitrées orientées vers le boulevard. Ce niveau sonore, anormalement élevé dans une salle inoccupée, , probablement due à des **matériaux réfléchissants** (revêtement de sol dur ,absence de traitement acoustique).

La distribution spatiale du bruit est relativement constante, avec peu d'espaces calmes identifiés.

Interprétation : Ces niveaux élevés s'expliquent principalement par la pollution sonore provenant de l'extérieur. L'insuffisance de l'isolation des parois vitrées (simple vitrage ou châssis non étanche) permet l'infiltration des bruits de circulation. Par ailleurs, la prédominance de matériaux réfléchissants à l'intérieur (murs nus, sols durs) contribue à la réverbération du bruit de fond. Pour un espace destiné à la lecture et à la concentration des adolescents, ce niveau de bruit est problématique : il risque de provoquer de la fatigue cognitive, réduire la durée d'attention et affecter la qualité de l'expérience de lecture.

➤ Scénario avec bruit intérieur

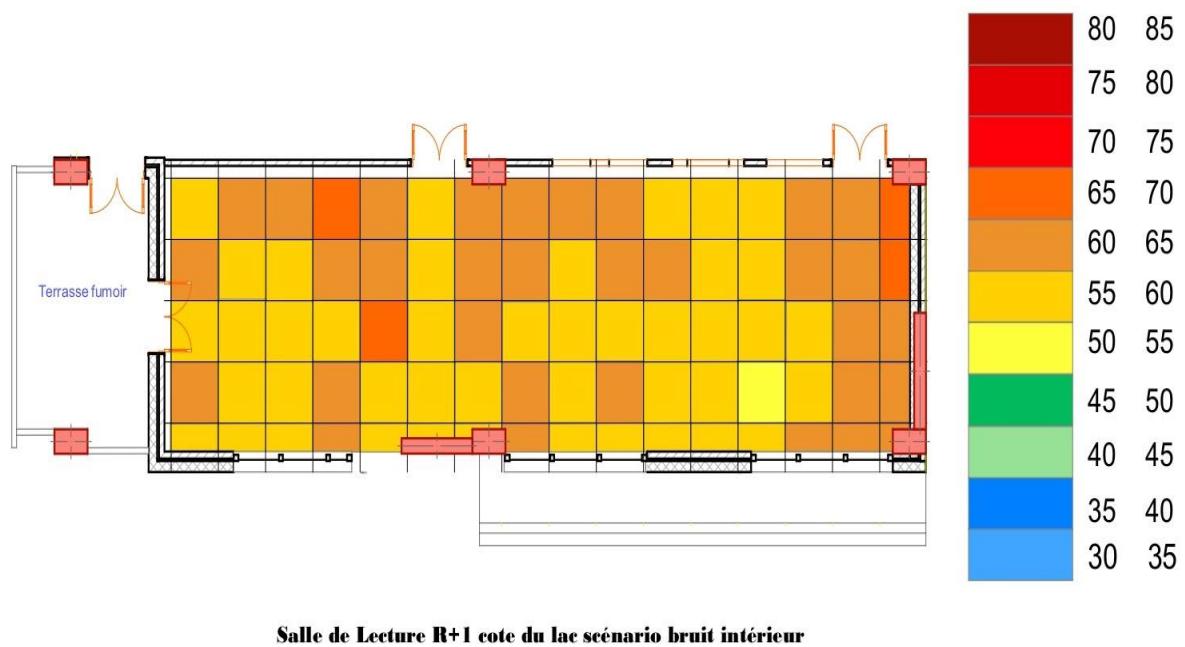


Figure 69: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+1 scenario bruit intérieur

(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Dans ce second scénario, les niveaux varient entre **56 à 68 dB**, avec des zones critiques proches des ouvertures, des circulations et du mobilier. La présence d'usagers, les déplacements, ainsi que l'agitation ambiante augmentent considérablement la charge sonore.

Ce niveau est nettement **supérieur aux recommandations pour une salle de lecture**,

Interprétation

L'interaction entre les bruits internes et la pollution sonore externe accentue le niveau global d'inconfort acoustique. Cette situation crée un climat bruyant continu, où il devient difficile de maintenir des plages de silence propices à l'étude.

3.9.3 Etude de la salle Salle de lecture pour étudiants préparant le baccalauréat – R+2 (côté boulevard)

➤ Scénario calme

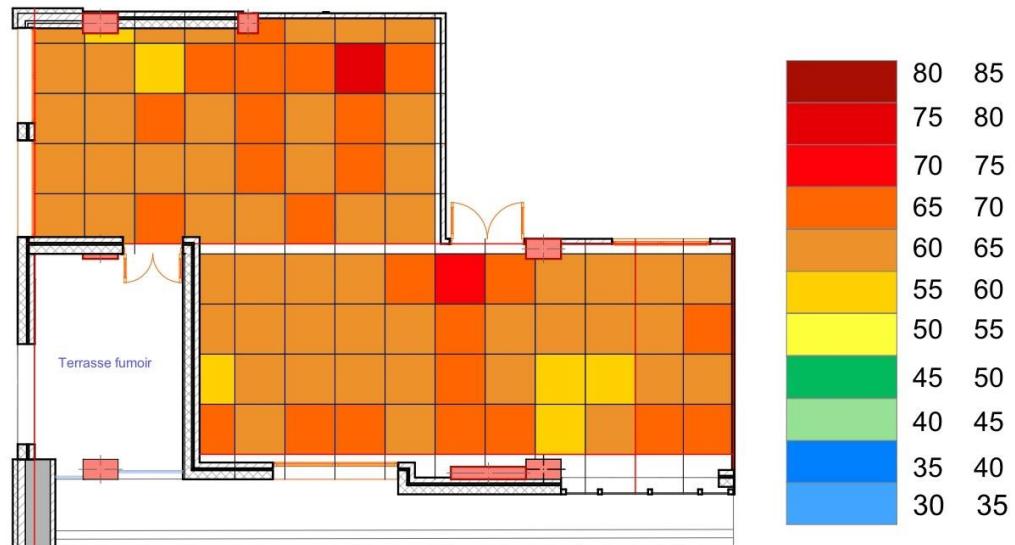


Figure 70: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+2 scenario calme
(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Les mesures réalisées indiquent des niveaux de bruit ambiant compris entre 58 dB et 75 dB. Les valeurs les plus élevées sont systématiquement relevées en bordure de la façade exposée au boulevard.

- Les zones proches des ouvertures (portes, fenêtres) affichent les valeurs les plus élevées.
- Même les zones centrales de la salle dépassent les **60 dB**, ce qui est **anormalement élevé pour un espace vide**.

Interprétation

La configuration du bâtiment et la nature des matériaux de façade contribuent peu à l'atténuation des bruits urbains. La mauvaise isolation acoustique se manifeste également par l'absence de barrières efficaces contre les vibrations sonores. Dans un contexte où les usagers préparent des examens exigeant une forte concentration, de tels niveaux sont préjudiciables.

➤ Scénario avec bruit intérieur



Figure 71: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+2 bruit intérieur

(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Sous occupation normale, les niveaux sonores s'élèvent considérablement, atteignant 75 dB à 85 dB dans les zones centrales. Le bruit est uniformément élevé sur l'ensemble de la salle, sans aucune zone de répit acoustique. Ce niveau sonore est extrêmement inconfortable, et dépasse largement les recommandations pour les espaces de lecture (généralement autour de 40-50 dB max).

Interprétation

L'absence de traitement acoustique spécifique favorise la propagation du bruit dans l'ensemble de la salle. Les échanges verbaux, les déplacements et les bruits d'équipement (chaises, tables) s'ajoutent au bruit de fond déjà élevé. Il en résulte une dégradation sensible du confort acoustique, incompatible avec des besoins de lecture studieuse et de préparation intense aux épreuves du baccalauréat.

3.9.4 Etude de la salle Salle de lecture pour étudiants – R+3 (côté lac)

➤ Scénario calme

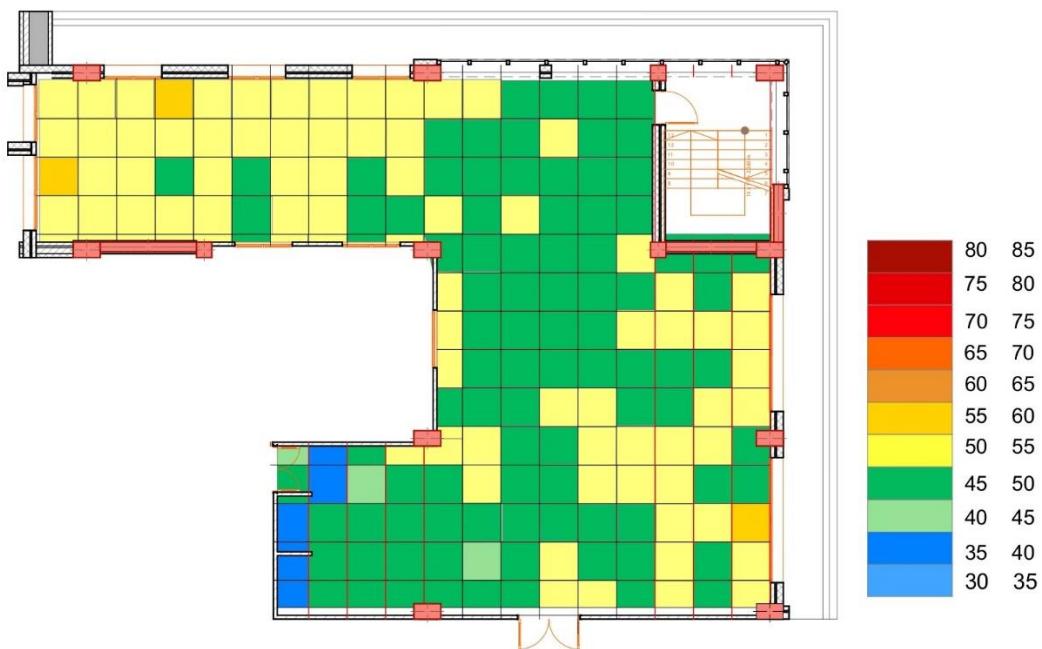


Figure 72: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+3 scenario calme

(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

- Niveaux sonores entre 35 dB et 55 dB majoritairement.
- La zone verte (environ 45 dB ou moins) indique une ambiance sonore très calme, propice à la concentration et à la lecture.
- Quelques zones jaunes autour des ouvertures (fenêtres, portes) montrent une légère montée du bruit, mais rien de problématique.
- Une zone bleue (≈ 35 dB ou moins) est visible dans le coin inférieur gauche probablement l'espace le plus calme de la salle.

Interprétation

L'éloignement du boulevard et l'exposition vers un espace naturel plus calme expliquent la bonne qualité de l'environnement sonore. De plus, la configuration architecturale de cet étage semble bénéficier d'une meilleure isolation phonique et d'une disposition spatiale limitant la

propagation des sons. Cet environnement calme est propice à la concentration, la lecture prolongée et la productivité intellectuelle.

➤ Scénario avec bruit intérieur

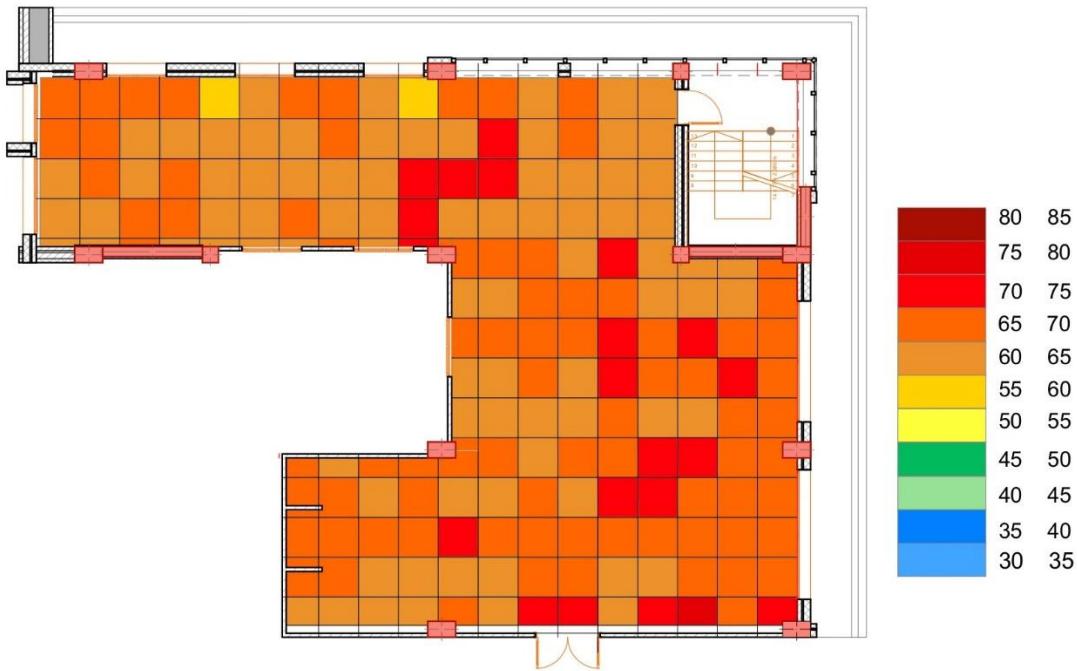


Figure 73: Résultat de prise de mesure dans la salle de lecture du R+3 scenario bruit intérieur

(Source : auteur, 2025)

Lecture des valeurs

Lorsque l'espace est occupé, les niveaux sonores augmentent et se situent principalement entre 60 dB et 75 dB

Zones critiques :

- Vers le centre et les coins droit et inférieur : présence de points rouges, indiquant un bruit très élevé (probablement lié à des discussions, mouvements ou activités bruyantes).
- Zones oranges et jaunes ailleurs, toujours au-dessus du confort acoustique pour une salle de lecture.

Interprétation :

L'analyse acoustique de la salle de lecture destinée aux adultes et adolescents, située au R+3 du côté lac, révèle une forte variation entre les deux scénarios mesurés. En situation de calme, les niveaux sonores relevés oscillent principalement entre 35 dB et 55 dB, avec des zones vertes et bleues indiquant une ambiance particulièrement silencieuse. Cette configuration crée des conditions acoustiques idéales pour la lecture, favorisant la concentration et le confort des usagers. En revanche, le scénario de bruit intérieur met en évidence une dégradation marquée du confort sonore, avec des niveaux atteignant 70 à 75 dB dans plusieurs zones, notamment au centre et aux extrémités de la salle. La présence de ces pics rouges signale un environnement bruyant et peu adapté à la vocation de l'espace. Cette différence notable entre les deux scénarios souligne la vulnérabilité acoustique de la salle face aux sources sonores internes, et met en lumière la nécessité d'un traitement acoustique ou de mesures de régulation du comportement sonore pour garantir une qualité d'usage constante.

L'analyse des quatre salles de lecture met en évidence un déficit généralisé en matière de confort acoustique, touchant à la fois l'isolation phonique et l'absorption interne. L'isolation phonique autrement dit, la capacité des parois, fenêtres et cloisons à bloquer les bruits extérieurs se révèle insuffisante dans la majorité des cas. Parallèlement, l'absorption des sons à l'intérieur des espaces est peu efficace, ce qui favorise la réverbération et la propagation du bruit ambiant. Cette mauvaise gestion acoustique génère une ambiance sonore inconfortable, où les sons produits par les usagers eux-mêmes (déplacement des chaises, conversations, pas, manipulation de livres ou de documents) se diffusent et s'intensifient. Il en résulte une dégradation sensible du niveau de calme attendu dans ces lieux, nuisant à la concentration et à la qualité de l'expérience de lecture.

Ces problèmes acoustiques sont particulièrement accentués dans les salles orientées vers des axes routiers à forte circulation, notamment celles qui donnent sur le boulevard. Ces ouvertures exposent directement les usagers à des bruits extérieurs continus tels que le trafic automobile, les klaxons ou les conversations provenant de l'espace public. Cette exposition permanente crée un environnement sonore perturbant qui compromet la concentration, génère de la fatigue cognitive et réduit la qualité de l'expérience de lecture. L'absence de vitrages performants ou de traitements acoustiques sur les parois accentue cette vulnérabilité sonore, révélant une insuffisance de prise en compte de l'environnement sonore dans la conception architecturale initiale.

En revanche, la salle située au R+3, tournée vers le lac, bénéficie d'un contexte extérieur plus calme, ce qui lui confère une meilleure qualité acoustique en l'absence d'activité intense. Toutefois, cette qualité reste fragile : dès que la salle est occupée par un nombre plus élevé d'usagers ou lors d'activités collectives, le niveau sonore interne augmente rapidement, mettant en évidence un manque d'absorption acoustique adéquate. Cela suggère que même dans un environnement calme, des stratégies architecturales adaptées comme l'utilisation de revêtements absorbants, de plafonds acoustiques ou de cloisons modulables sont indispensables pour maintenir un confort sonore constant. Ces constats renforcent la nécessité d'intégrer dès la conception des solutions acoustiques ciblées pour assurer le bien-être des usagers et optimiser la fonction première de ces espaces : favoriser la lecture et la concentration dans un cadre serein.

Conclusion

Ce chapitre a exposé les diverses techniques employées pour mesurer l'effet acoustique et le confort auditif dans les salles de lecture examinées. Les mesures acoustiques ont fourni des informations objectives concernant les niveaux de bruit dans chaque zone, alors que l'interrogation des utilisateurs a donné une vision subjective, en compilant leurs impressions sur le confort acoustique. Finalement, la simulation acoustique a aidé à créer des scénarios sonores et à prévoir les impacts de l'aménagement sur l'expérience des utilisateurs.

Dans le chapitre suivant, nous examinerons et mettrons en lumière les résultats issus de ces diverses méthodes (simulation et questionnaire) dans le but de tirer des conclusions concernant la relation entre les paramètres acoustiques mesurés et l'expérience des utilisateurs. Cette approche facilitera la fourniture d'informations pratiques sur les modifications requises pour améliorer le confort acoustique dans les espaces examinés.

Chapitre 4 :

**Analyse et optimisation (interprétation des
résultats de la simulation et de l'enquête)**

« L'informatique, en architecture, est apprise en tant qu'outil de représentation et de Communication du projet » Caroline Lecourtois

Introduction

L'analyse du confort acoustique dans un espace de lecture ne peut se limiter à une seule approche, tant cette dimension influence la qualité d'usage et le bien-être des usagers. Pour en appréhender toutes les nuances, ce chapitre s'appuie sur deux sources complémentaires : les résultats de la simulation sonore effectuée à l'aide du logiciel *Ecotect*, et les données issues de l'enquête menée sur le terrain. Cette double lecture, à la fois objective et sensible, permet de confronter les performances théoriques modélisées aux perceptions réelles exprimées par les usagers. À travers ce croisement, il s'agit de dégager une compréhension fine des qualités et des limites acoustiques des espaces étudiés, en identifiant les écarts éventuels entre ce qui est prévu et ce qui est vécu, afin de proposer des pistes d'amélioration adaptées et fondées.

4.1 Validation du modèle d'analyse acoustique

La validation du modèle d'analyse acoustique constitue une étape essentielle pour évaluer la pertinence des résultats produits par la simulation. Elle permet de confronter les données issues du modèle numérique aux mesures réalisées sur site, et ainsi de juger sa fiabilité dans la représentation des phénomènes acoustiques réels.

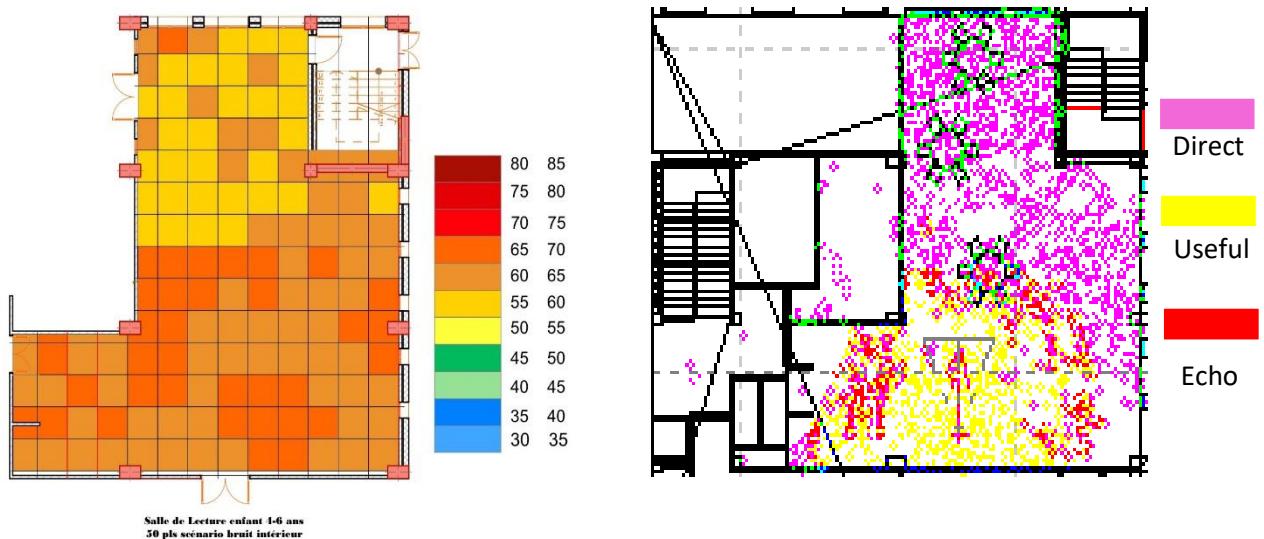


Figure 74: La validation du modèle d'analyse (Source : auteur, 2025)

La comparaison a été effectuée sur la salle de lecture des enfants (4–6 ans) de la bibliothèque principale de Béjaïa, en utilisant :

- Les mesures réelles, prises lors du scénario de bruit intérieur.

- La simulation acoustique générée avec le logiciel *Ecotect*, analysée à l'instant de 5 ms. (Ce laps de temps a été retenu car il permet, à travers la modélisation graphique, de visualiser les principales phases de la propagation acoustique : le son direct, les premières réflexions et les zones d'ombre).

La comparaison entre les mesures acoustiques réalisées sur site et la simulation effectuée avec Ecotect montre une correspondance cohérente. Les zones à fort niveau sonore (entre 55 et 70 dB) observées dans les mesures coïncident avec les zones où la simulation indique une présence importante de son direct (rose) et de son réfléchi utile (jaune). Cela confirme la fiabilité du modèle. De plus, Ecotect permet de visualiser la répartition des échos (en rouge), un phénomène imperceptible, non seulement à l'œil nu, mais aussi difficile à isoler par des mesures classiques. La simulation donne ainsi accès à une lecture plus fine du comportement sonore dans l'espace, en révélant des éléments essentiels pour une conception acoustique de qualité.

4.2 Interprétation des résultats de simulation

Après avoir validé le modèle d'analyse, il est essentiel d'interpréter les résultats de simulation dans les salles de lecture choisies. Cela permet de comprendre les différents phénomènes acoustiques qui s'y produisent, souvent subtils et invisibles, mais ayant un impact réel sur le confort sonore.

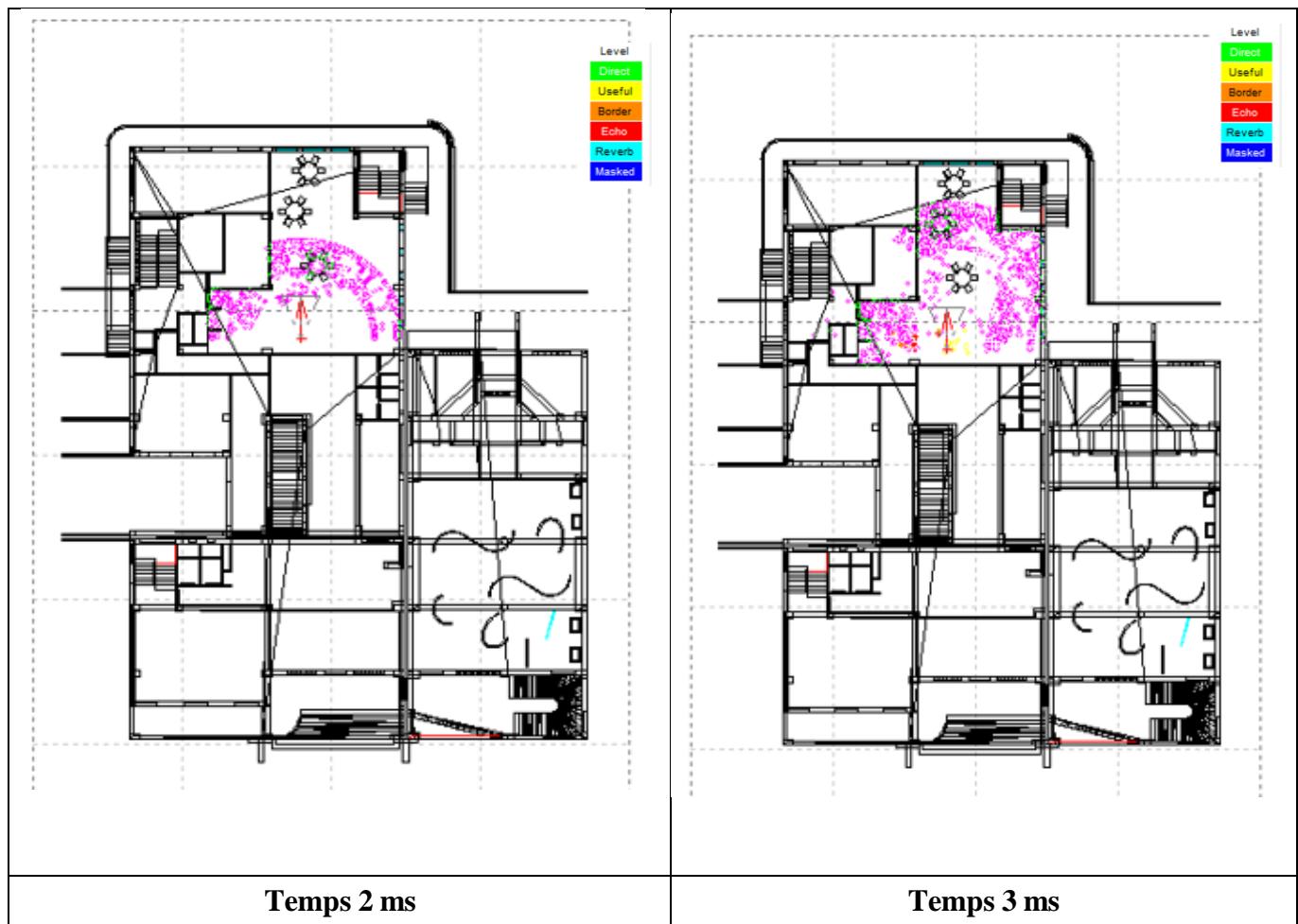
Les images ci-dessous montrent la propagation du son dans l'espace à travers des rayons colorés, chacun représentant un phénomène acoustique spécifique. Cette propagation est visualisée selon le temps (en millisecondes), permettant de mieux comprendre comment le son se comporte dans une salle.

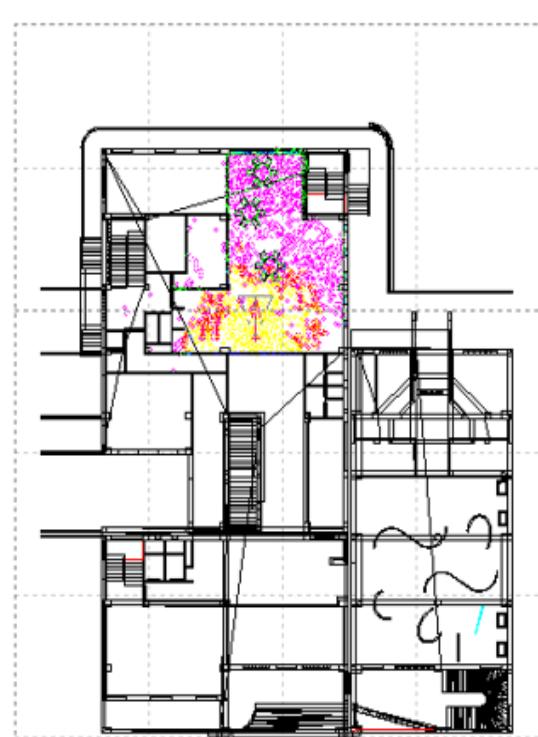
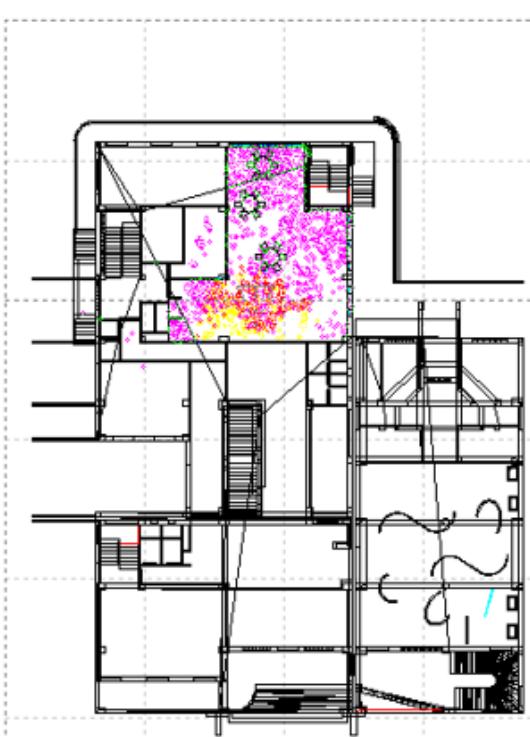
- Rayons verts : son direct Il s'agit du son qui va directement de la source à l'auditeur, sans rencontrer d'obstacles. C'est le son le plus rapide et le plus clair.
- Rayons jaunes : son réfléchi utile Ce son est réfléchi une fois sur une surface (mur, plafond, etc.) avant d'arriver à l'auditeur. Il peut renforcer le son direct s'il est bien maîtrisé, comme dans une salle bien conçue.
- Rayons cyan : réverbération : Ce sont des sons qui ont été réfléchis plusieurs fois sur différentes surfaces. Ils créent une sorte de prolongement du son initial, et leur durée dépend des matériaux et du volume de la salle.

- Rayons bleus : son masqué Ce son est un bruit de fond volontairement ajouté, semblable à un souffle d'air. Il est utilisé pour cacher d'autres bruits gênants ou améliorer la confidentialité dans certains espaces.
- Rayons rouges : L'écho se produit quand le son est réfléchi à une certaine distance et revient avec un retard perceptible. Il peut perturber l'écoute s'il n'est pas contrôlé. Ce phénomène est invisible à l'œil, mais ressenti par l'oreille.

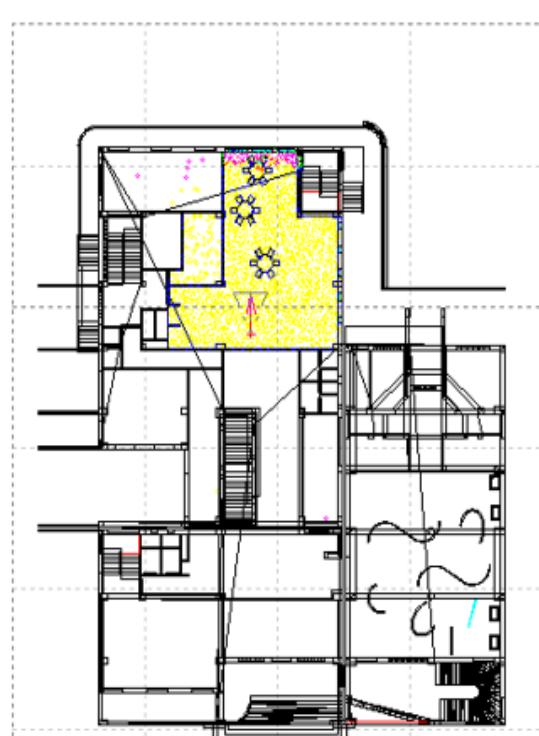
4.2.1 Interprétation des résultats de simulation au RDC

Tableau 9: Simulation de la propagation sonore RDC. Ecotect. (Source : Auteur ,2025)

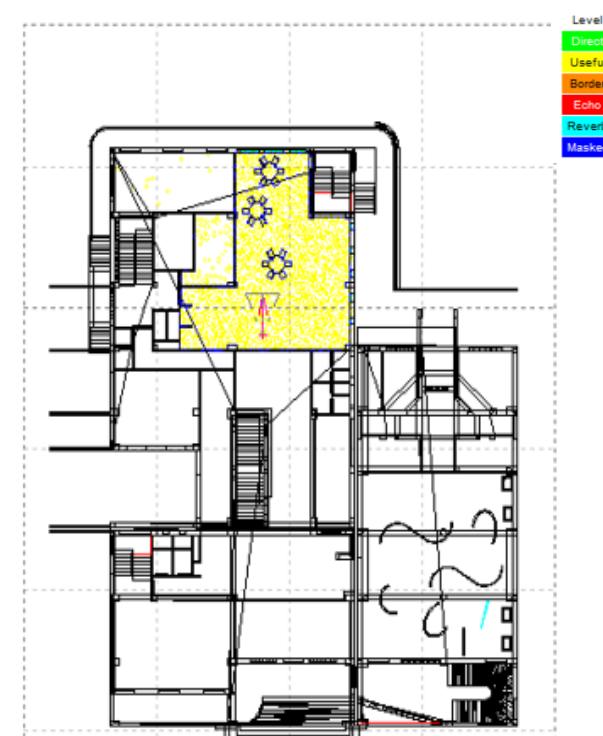




Temps 4 ms



Temps 5 ms



Temps 11 ms

Temps 17 ms

Temps 2 ms :

À ce stade initial, on observe uniquement la propagation directe du son, représentée par les rayons roses. Le son est perçu instantanément par le récepteur, sans avoir encore interagi avec les parois. Il s'agit du premier son reçu, provenant directement de la source située dans un coin de la pièce, avant que ne surviennent les phénomènes de réflexion ou de réverbération.

Temps 3 ms :

À ce moment, le son direct (rose) continue de dominer l'espace. Le son réfléchi utile (jaune) commence à se manifester, montrant que les premières réflexions ont lieu sur certaines surfaces. On note aussi l'apparition de quelques traces d'écho (rouge), signe que le son commence à rebondir sur des parois plus lointaines. Par ailleurs, on remarque le début de l'infiltration du son direct dans l'espace dédié aux vestiaires.

Temps 4 ms et 5 ms :

À 4 ms, le son direct (rose) reste dominant dans la zone centrale, tandis que les réflexions (jaune) commencent à bien se répartir, témoignant des premières interactions significatives avec les parois. Quelques échos (rouge) apparaissent en périphérie, mais restent encore discrets.

À 5 ms, les réflexions sont plus nombreuses et couvrent une plus grande surface, et les échos deviennent nettement plus visibles, en particulier vers les bords de l'espace. Cette densification du champ sonore indique un risque croissant de perte d'intelligibilité si l'acoustique n'est pas maîtrisée.

Temps 11 ms et 17 ms :

À 11 ms, le son direct (rose) commence à disparaître progressivement de l'espace. Il n'en reste qu'une petite portion, localisée dans la partie supérieure de la salle, ce qui montre que la propagation directe du son est en train de s'atténuer. Parallèlement, le son réfléchi utile (jaune) devient plus présent et commence à occuper une zone plus large de la pièce, signe que les ondes sonores ont déjà commencé à interagir avec les parois.

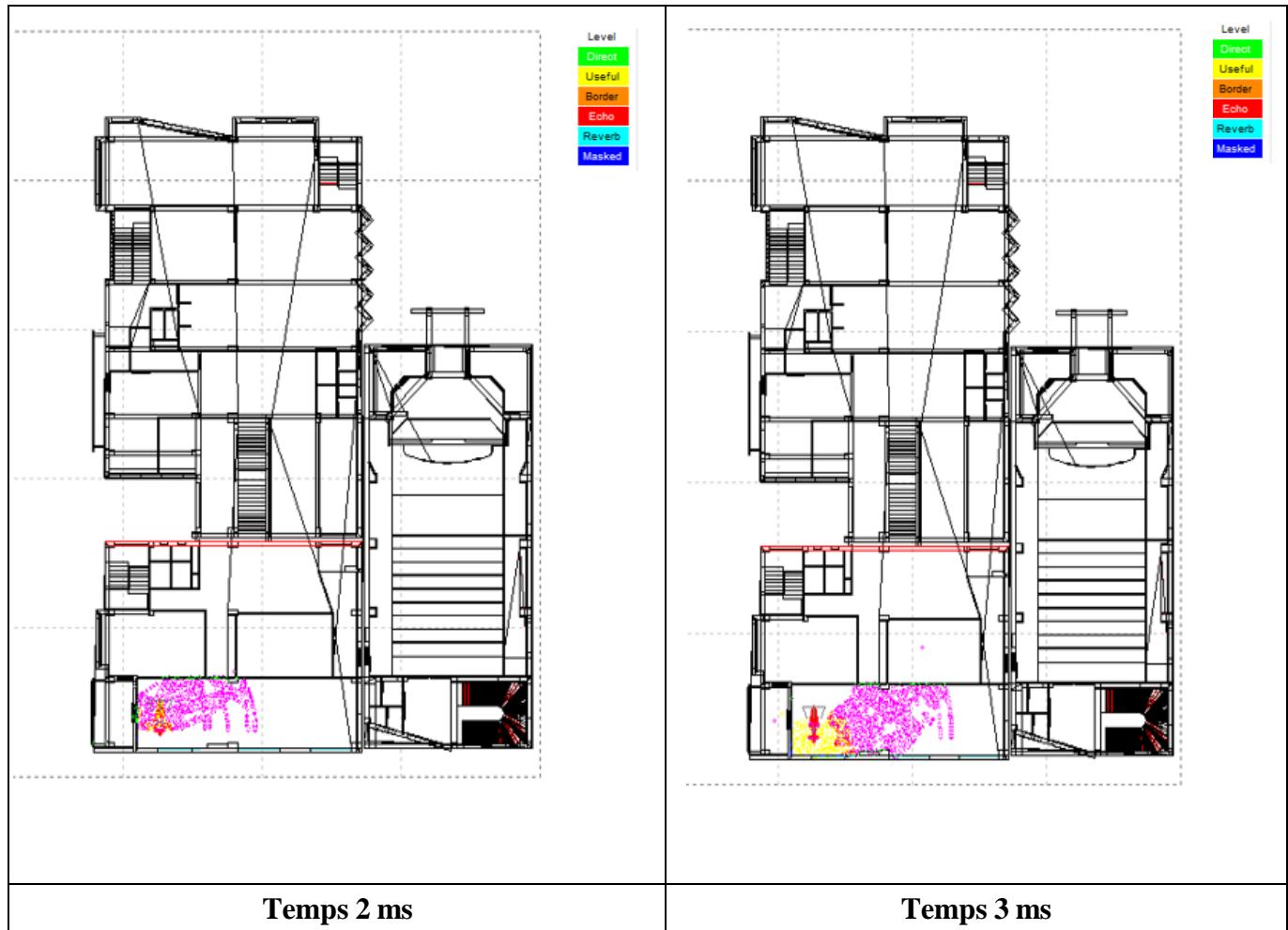
Par ailleurs, on observe que des infiltrations sonores se produisent dans les pièces voisines. Le son réfléchi atteint notamment la salle d'animation, où l'on distingue clairement une propagation significative des ondes. On y repère également quelques particules de son direct, malgré la séparation entre les deux espaces. De plus, des traces de son réfléchi sont visibles dans les vestiaires, ce qui révèle une certaine porosité acoustique à travers les parois ou les

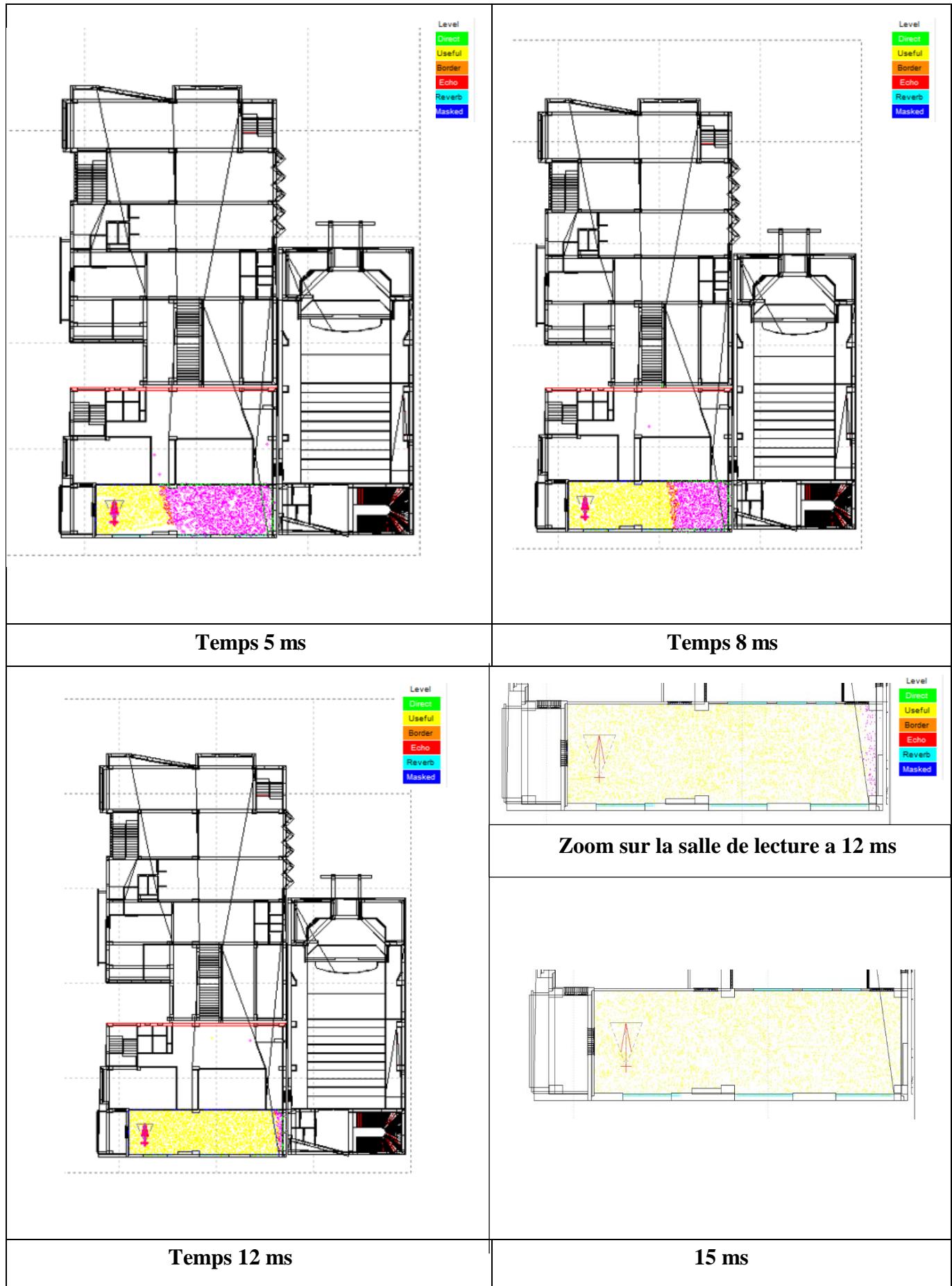
ouvertures reliant ces volumes. Ces phénomènes traduisent un début de diffusion sonore au-delà de l'espace initialement ciblé.

À 17 ms, le son direct a totalement disparu. Le champ est désormais dominé par le son réfléchi utile, qui s'est étendu à toute la pièce. Cette configuration montre un espace où les réflexions ont largement pris le relais, ce qui peut créer une sensation d'enveloppement, mais aussi poser des problèmes d'intelligibilité si l'équilibre n'est pas maîtrisé.

4.2.2 Interprétation des résultats de simulation au R+1

Tableau 10: Simulation de la propagation sonore R+1. Ecotect. (Source : Auteur ,2025)





De 2 ms à 5 ms :

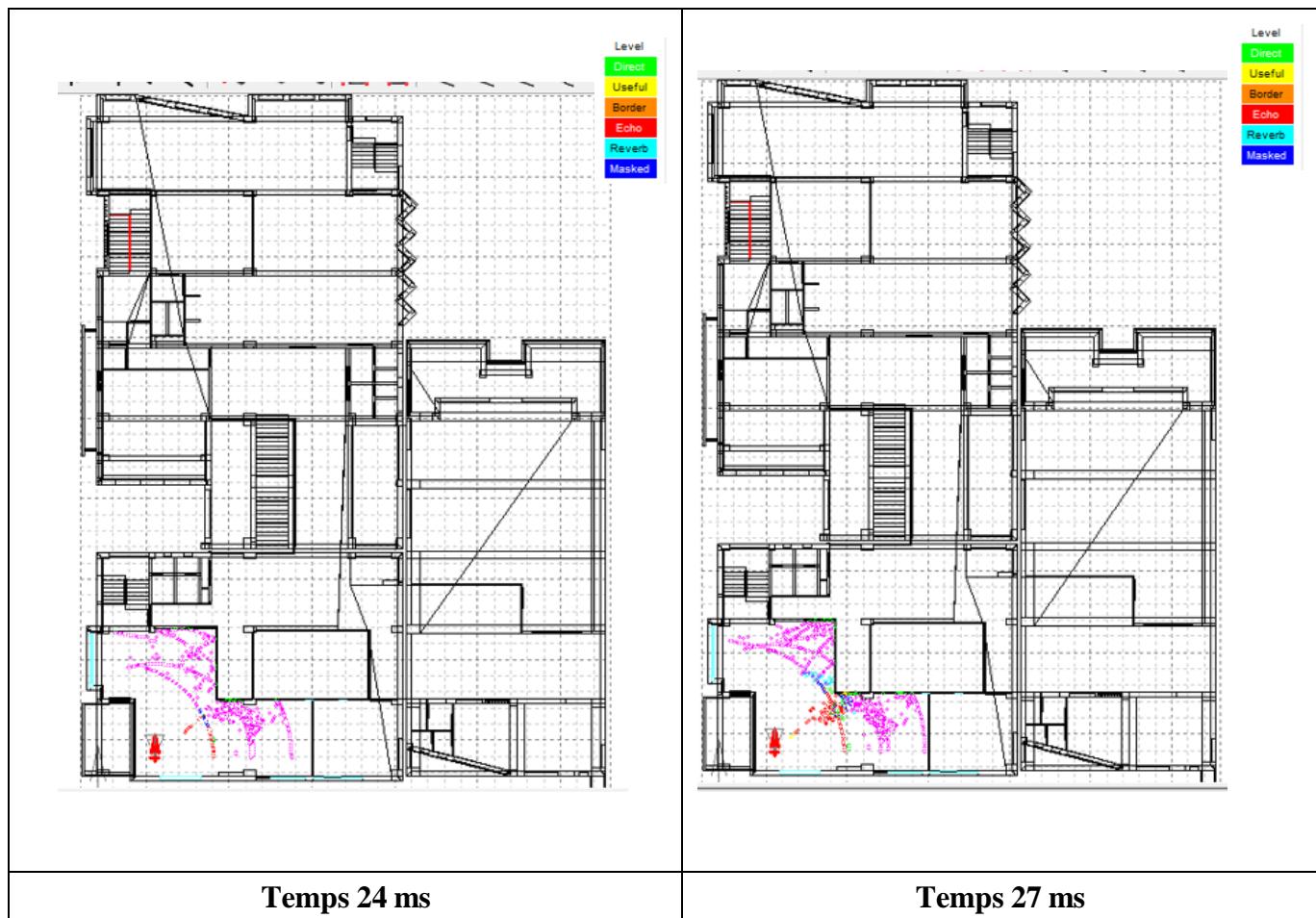
Comme dans la salle du rez-de-chaussée, le son direct est d'abord dominant (rayons roses), suivi progressivement par l'apparition des premières réflexions (jaunes), localisées principalement sur les parois proches. Quelques échos (rouges) commencent également à se manifester vers les extrémités de la salle, sans grande intensité.

À 8 ms, 12 ms et 15 ms :

On note une densification progressive du champ sonore. Le son direct disparaît peu à peu au profit des réflexions, qui se généralisent dans tout l'espace. Toutefois, contrairement à la salle précédente, aucune infiltration du son n'est observée dans les espaces adjacents, ce qui suggère une meilleure isolation acoustique ou un cloisonnement plus efficace.

4.2.3 Interprétation des résultats de simulation au R+2

Tableau 11: Simulation de la propagation sonore R+2. Ecotect. (Source : Auteur ,2025)





Temps 24 ms :

Comme dans les salles situées au rez-de-chaussée et au R+1, le son commence par atteindre le récepteur sous forme directe, avant toute interaction avec les parois, traduisant ainsi une propagation initiale sans réflexion.

Temps 27 ms :

À t = 27 ms, le champ sonore évolue d'un état direct vers un champ réverbérant. Le son direct (rose) reste perceptible, mais s'y ajoutent les échos (rouge), signes de premières réflexions sur les parois, ainsi que la réverbération (cyan), due à une diffusion multiple du son dans le volume. Des zones masquées (bleu foncé) apparaissent également, causées par des obstacles ou la géométrie. Cette combinaison traduit une interaction croissante entre le son et l'espace, influencée par la forme et les matériaux.

Temps 36 et 51 ms :

À 36 ms, le champ sonore continue de s'élargir. Le son direct (rose) devient moins dominant, tandis que les **échos** (rouge) sont très présents, marquant de nombreuses réflexions sur les parois. Le jaune, représentant le son réfléchi utile, commence à occuper davantage l'espace, ce qui indique une diffusion maîtrisée et potentiellement bénéfique pour l'intelligibilité. Le bleu foncé montre des zones toujours masquées, principalement en périphérie, où le son peine à se propager.

À 51 ms, l'espace est largement envahi par les échos (rouge) et le son réfléchi utile (jaune), qui s'étendent dans presque tout le volume. Cela traduit une forte activité acoustique, avec une répartition plus homogène du son, bien qu'une partie importante soit due à des réflexions multiples. Le son direct (rose) est quasiment noyé, et les zones masquées (bleu foncé) persistent en limite de champ. Ce stade révèle un environnement très réverbérant, où la qualité acoustique dépendra de l'équilibre entre les réflexions utiles et les réflexions parasites.

Temps 74 et 111 ms :

À 74 ms, le son réfléchi commence à se propager, mais l'écho demeure encore bien présent et perturbe la clarté sonore dans la salle. Ce n'est qu'à 111 ms que le son réfléchi utile atteint toute la salle de lecture, assurant une diffusion homogène et provoquant la disparition progressive de l'écho. Toutefois, une légère présence d'écho subsiste dans le coin du mur droit, non pas en raison d'un problème de matériaux ou de traitement acoustique, mais plutôt à cause d'un phénomène naturel de concentration des réflexions lié à la géométrie de l'espace.

4.2.4 Interprétation des résultats de simulation au R+3

Tableau 12 : Simulation de la propagation sonore R+3. Ecotect. (Source : Auteur ,2025)





Temps 2ms et 4 ms :

L'analyse à 2 ms montre uniquement le son direct (en rose), atteignant rapidement les premières surfaces. À 4 ms, les sons réfléchis utiles (en jaune) commencent tout juste à apparaître, indiquant une propagation progressive dans l'espace. Un écho localisé (en rouge) est perceptible au centre de la salle. On remarque également une infiltration vers la pièce adjacente destinée aux archives, révélant un manque d'isolation phonique. Ces phénomènes peuvent affecter la clarté sonore et le confort d'usage dans les zones de lecture.

Temps 6 ms :

À 6 ms, les phénomènes sonores restent concentrés au centre de la salle. Le son direct atteint désormais la partie supérieure de l'espace, tandis que le son réfléchi utile (en jaune) se propage davantage, marquant une diffusion plus étendue mais encore limitée aux zones centrales. L'écho (en rouge) continue de se développer dans cette même zone. On observe également une infiltration sonore vers la pièce des archives, cette fois-ci composée non seulement du son direct, mais aussi de sons réfléchis et d'échos, traduisant une transmission acoustique plus complexe et un défaut d'isolation phonique.

Temps 8 ms :

À 8 millisecondes, le son réfléchi s'est propagé plus largement dans la salle, occupant une surface plus importante qu'à 6 millisecondes. La forte présence de points jaunes traduit une diffusion étendue du son réfléchi utile, indiquant que le champ sonore continue de se développer à l'intérieur de l'espace principal. Le son direct, représenté en rose, est moins présent, ce qui est attendu à ce stade d'évolution temporelle. L'écho, en rouge, a commencé à disparaître, ne subsistant que sous forme résiduelle dans la partie supérieure de la salle. Contrairement à ce qui était observé à 6 millisecondes, la salle adjacente est cette fois principalement touchée par le son réfléchi utile, sans présence notable de son direct ni d'écho. Cela traduit une évolution de la propagation acoustique, désormais dominée par les réflexions secondaires.

Temps 13 ms et 25 ms :

À 13 millisecondes, les phénomènes sonores directs et les échos ont disparu. Seul le son réfléchi utile reste présent, occupant désormais toute la salle. Sa diffusion est homogène et sans interruption, marquant une phase de champ réverbérant établi.

À 25 millisecondes, le son réfléchi utile continue de remplir l'espace, mais sa densité diminue nettement. La baisse du nombre de points indique une perte progressive d'intensité sonore, liée à la dissipation naturelle de l'énergie acoustique dans le temps.

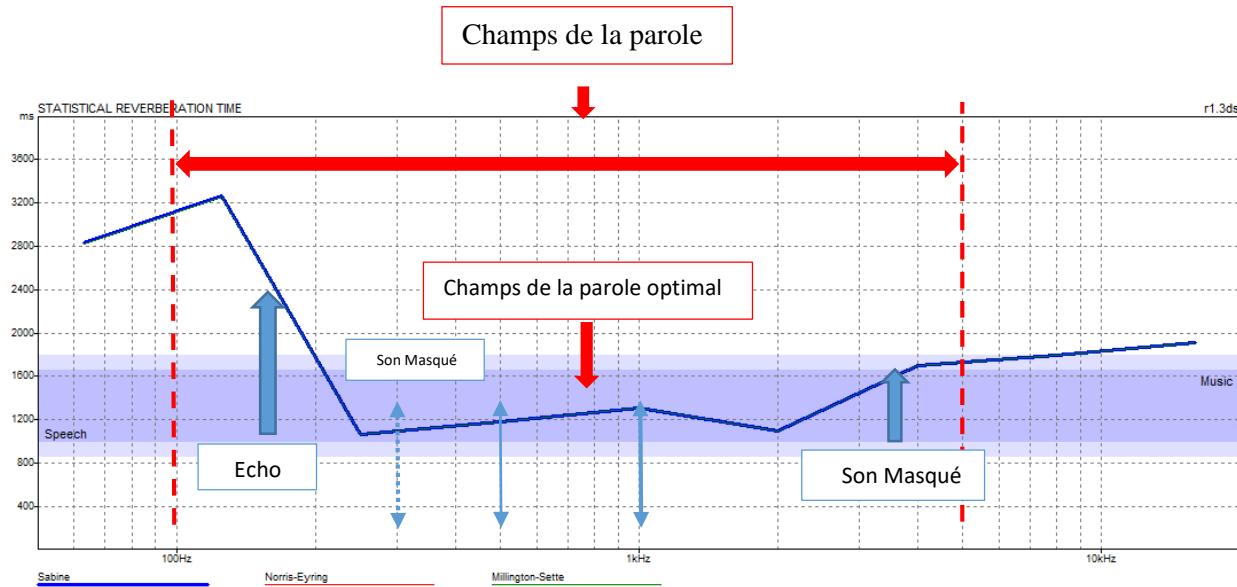


Figure 75: Temps de réverbération (Source : auteur, 2025)

Le graphique présente l'évolution du temps de réverbération (RT) en fonction des bandes de fréquences. La plage de 100 Hz à 1400 Hz correspond au champ de la parole, tandis que la zone comprise entre 500 Hz et 1000 Hz représente le champ optimal de l'intelligibilité de la parole. C'est dans cette bande que le confort acoustique est le plus déterminant pour les usagers d'un espace de lecture.

La courbe indique un RT proche de 0,99 s dans ce champ optimal, ce qui correspond aux recommandations en matière d'intelligibilité pour les espaces de parole. Ce résultat traduit un bon confort sonore pour la lecture et la concentration dans cette plage de fréquences.

En revanche, deux zones problématiques apparaissent :

- À basse fréquence (vers 100 Hz), le RT dépasse les 2,8 s, ce qui génère un effet d'écho marqué. Cela peut altérer la clarté sonore, surtout en présence de sons graves (bruits de pas, circulation, ventilation).
- À haute fréquence (au-delà de 4 kHz), le RT remonte également, marquant une seconde zone de masquage sonore, où les sons aigus risquent d'être moins distincts ou absorbés de manière inégale.

Ces deux extrémités du spectre, peuvent nuire à la qualité de l'environnement acoustique, malgré une bonne performance dans la zone centrale.

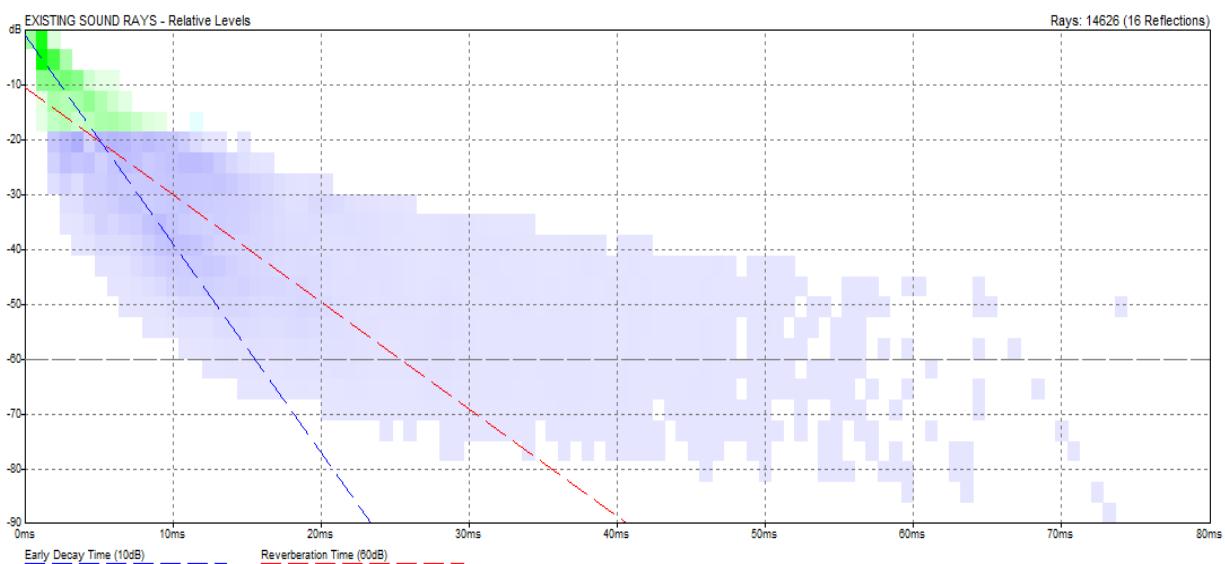


Figure 76: Variation des ondes sonores en fonction du temps (Source : auteur,2025)

Ce graphique, représente la décroissance de l'énergie sonore dans le temps après l'émission d'un son impulsionnel dans une pièce. L'axe horizontal montre le temps en millisecondes, tandis que l'axe vertical indique le niveau sonore en décibels.

Les zones colorées illustrent les réflexions sonores : les tons verts représentent les premières réflexions (les plus fortes), et les tons bleus à violets les réflexions tardives, plus faibles. La ligne bleue pointillée correspond à l'Early Decay Time (EDT), soit la décroissance initiale sur 10 dB, tandis que la ligne rouge pointillée indique le temps de réverbération RT60, soit le temps que met le son à diminuer de 60 dB.

Ce graphique permet d'évaluer si l'espace est trop réverbérant ou trop absorbant, ce qui est essentiel pour le confort acoustique.

4.3 Interprétation des résultats de l'étude qualitative (questionnaire)

L'analyse qui suit porte sur l'interprétation des résultats du questionnaire réalisé auprès des usagers de la bibliothèque principale de Béjaïa, réalisé en ligne via Google Forms.

4.3.1 Profil des répondants au questionnaire

Les résultats montrent que la majorité des usagers ayant répondu au questionnaire sont des femmes, appartenant principalement à la tranche d'âge de 18 à 25 ans. Il s'agit en grande partie

d'élèves ou d'étudiants, ce qui laisse supposer que la bibliothèque principale de Béjaïa est surtout fréquentée par un jeune public féminin à vocation académique

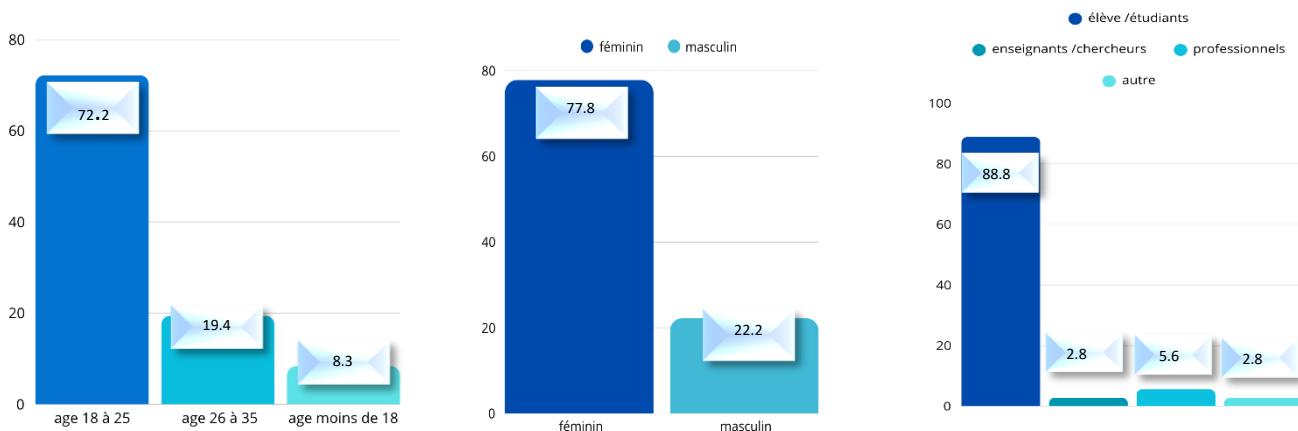


Figure 77: Diagrammes en barre illustrant le profil des répondants au questionnaires

(Source : auteur, 2025)

4.3.2 Habitudes de fréquentation de la bibliothèque principale de Béjaïa

L'analyse des réponses recueillies montre que le plus grand nombre d'usagers fréquente la bibliothèque quelques fois par semaine (47,2 %), ce qui traduit une utilisation régulière sans être quotidienne. Concernant la durée des visites, la majorité y reste plus de 2 heures (58,3 %), signe d'un usage prolongé de l'espace. Enfin, la plupart des usagers préfèrent se rendre à la bibliothèque le matin (52,8 %). Ces résultats révèlent une fréquentation régulière avec une présence marquée en début de journée.

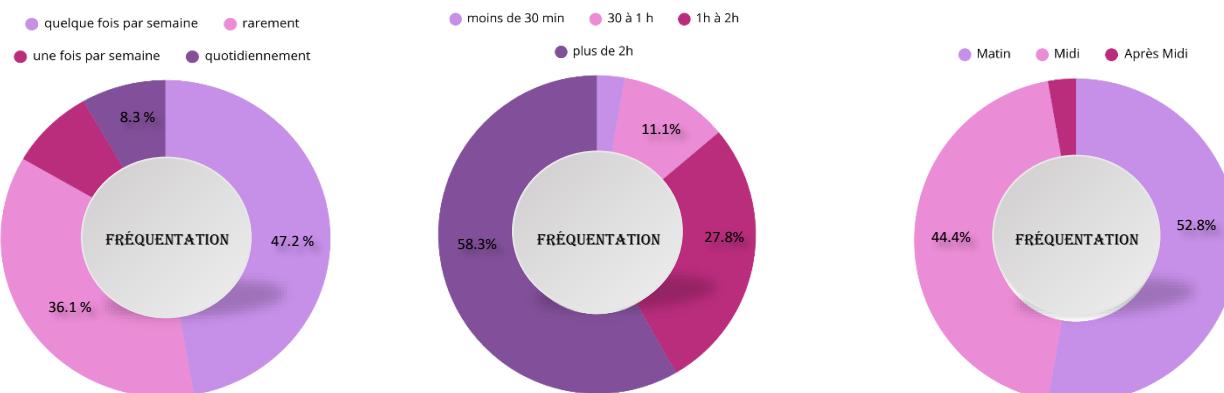


Figure 78: Diagrammes circulaires illustrant les habitudes de fréquentation de la bibliothèque
(Source : auteur, 2025)

4.3.3 Activités pratiquées par les usagers à la bibliothèque

La majorité des usagers de la bibliothèque pratiquent des études personnelles (63,9 %), ce qui en fait l'activité principale. Elle est suivie par le travail de groupe (27,8 %), montrant une utilisation collaborative des espaces. Les autres activités restent très minoritaires.

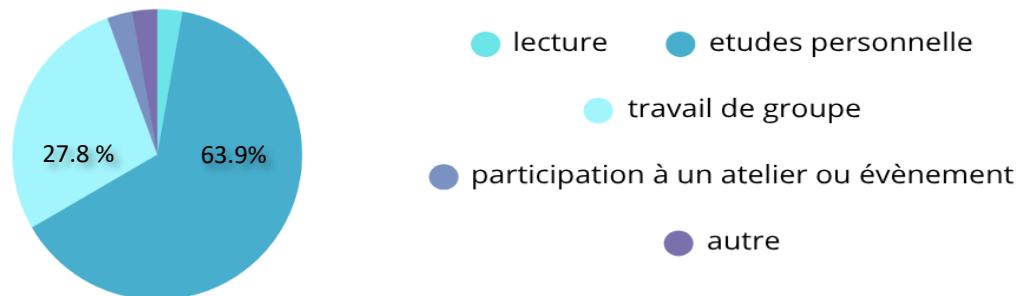


Figure 79: Diagrammes circulaires illustrant les Activités pratiquées par les usagers (Source : auteur,2025)

4.3.4 Répartition des usagers selon les étages fréquentés

Le 3e étage (R+3) se distingue à la fois par sa forte fréquentation (33,3 % des usagers) et par la perception très positive du confort sonore qu'il procure (58,3 %). Cette convergence met en évidence une corrélation claire entre le choix de cet espace et la recherche de calme. Il apparaît ainsi que la qualité acoustique joue un rôle déterminant dans la préférence des usagers pour cet étage, perçu comme le plus adapté au travail individuel et à la concentration. En seconde position, 27,8 % des répondants déclarent changer souvent d'étage selon leurs besoins

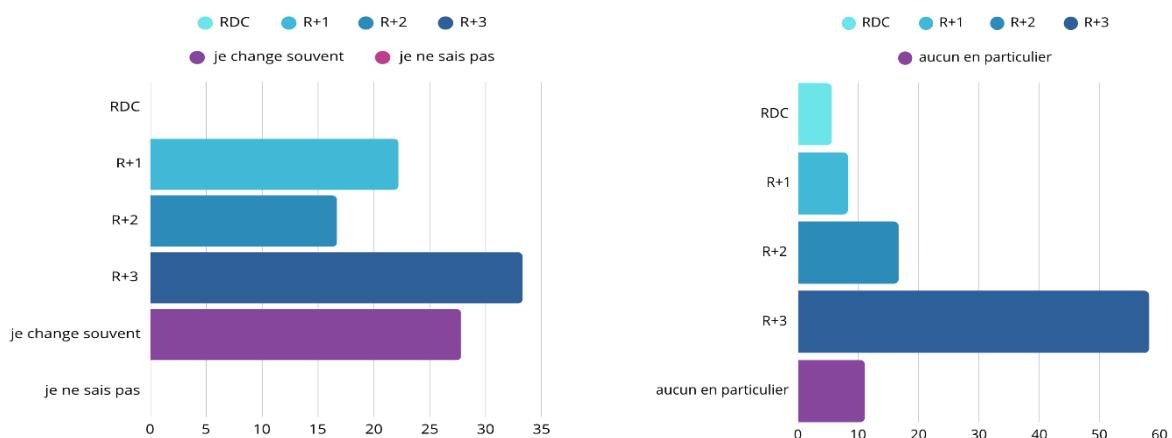


Figure 80: Diagrammes en barre illustrant la répartition des usagers selon les étages

(Source : auteur,2025)

4.3.5 Impact de l'ouverture des fenêtres sur la perception du bruit

Lorsque les fenêtres sont ouvertes, 38,9 % des usagers perçoivent un niveau sonore moyennement bruyant et 27,8 % le jugent bruyant, ce qui montre une gêne notable liée aux bruits.

En revanche, une fois les fenêtres fermées, 38,9 % trouvent l'espace calme, bien que 36,1 % estiment qu'il reste moyennement bruyant. Cela suggère que la fermeture réduit partiellement les nuisances sonores, sans les éliminer totalement.

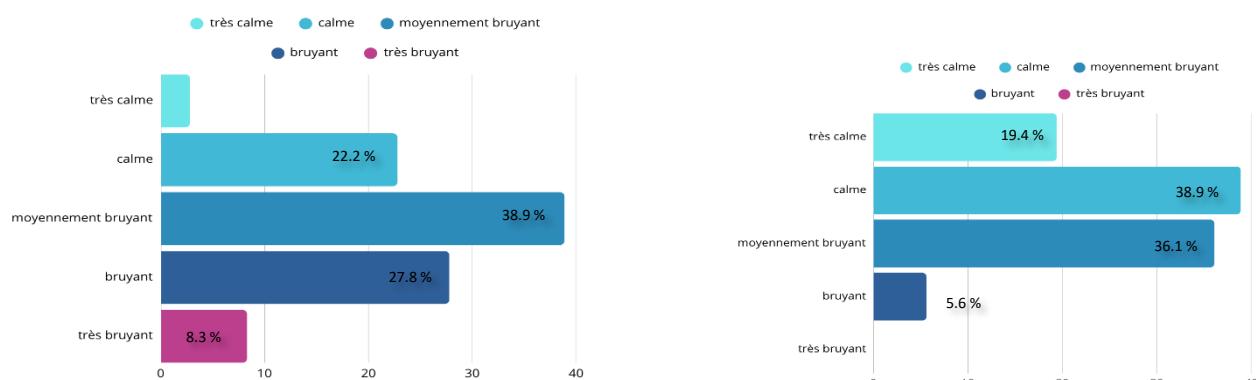


Figure 81: Diagrammes en barres illustrant Impact des fenêtres sur la perception du bruit

(Source : auteur,2025)

4.3.6 Nuisances sonores perçues

83,3 % des usagers déclarent entendre du bruit pendant leurs activités de lecture ou d'étude à la bibliothèque, ce qui révèle une gêne sonore importante. Parmi eux, 50 % désignent les discussions entre usagers comme principale source de bruit, tandis que 36,1 % évoquent la circulation et les bruits extérieurs. Ces données montrent que le bruit provient autant de comportements internes que de nuisances extérieures, affectant ainsi la qualité de l'environnement de travail.

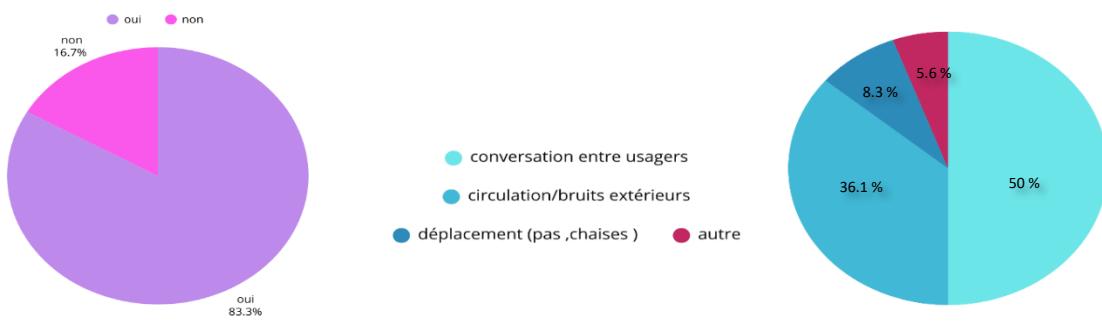


Figure 82: Diagrammes circulaires illustrant les nuisances sonores perçues (Source : auteur,2025)

4.3.7 Impact du bruit sur l'usage des espaces

53,3 % des usagers déclarent avoir déjà quitté une salle en raison d'un inconfort acoustique, ce qui traduit une réelle perturbation de l'usage des espaces. Par ailleurs, 27,8 % estiment que le bruit nuit moyennement à leur concentration et 22,2 % considèrent que cette nuisance est importante. Ces résultats soulignent l'impact significatif de l'ambiance sonore sur la qualité de l'expérience et la continuité des activités de lecture ou d'étude.



Figure 83: Diagrammes en barres illustrant les nuisances sonores perçue (Source : auteur, 2025)

4.3.8 Variabilité sonore et satisfaction des usagers

63,9 % des usagers déclarent percevoir une différence de qualité sonore entre les étages, indiquant une variabilité acoustique dans la bibliothèque. Sur le plan de la satisfaction, 40 % se disent moyennement satisfaits de l'ambiance sonore, tandis que les avis restants varient entre satisfaction et insatisfaction. Enfin, 69,4 % affirment que le confort sonore influence leur choix de salle, ce qui souligne l'impact direct de l'environnement acoustique sur le comportement des usagers.

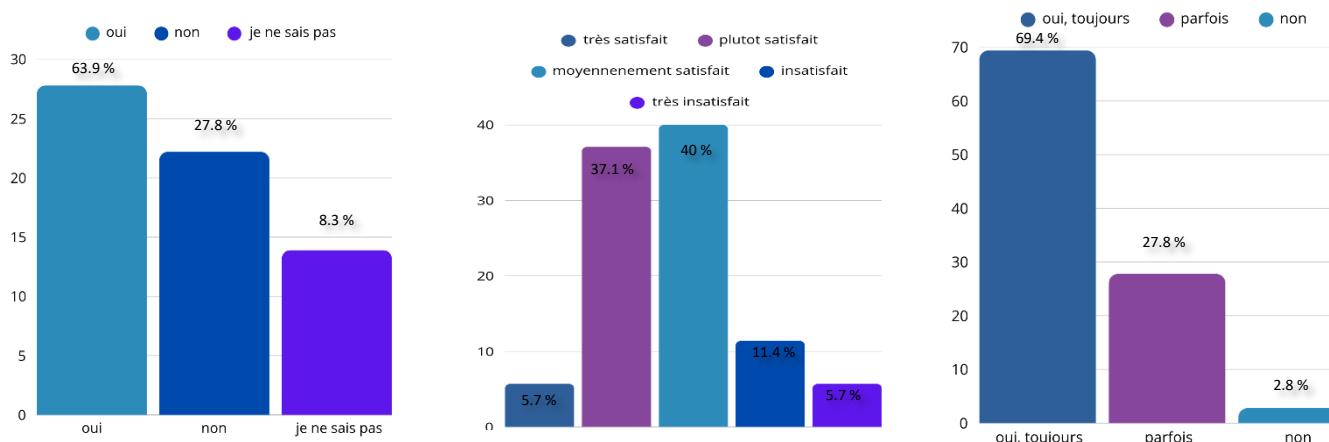


Figure 84: Diagrammes en barres illustrant la variabilité sonore et satisfaction des usagers

(Source : auteur, 2025)

4.3.9 Impact et pistes d'amélioration acoustique

80,6 % des usagers estiment qu'une amélioration acoustique les inciterait à rester plus longtemps dans la bibliothèque, ce qui démontre l'impact direct du confort sonore sur la durée de fréquentation. Parmi les solutions proposées, on retrouve des mesures comportementales comme le respect du silence et l'affichage de consignes claires, ainsi que des solutions techniques telles que l'installation de matériaux absorbants, le double vitrage ou des fenêtres mieux isolées contre les bruits extérieurs, notamment dus à la proximité d'un axe routier principal. Les usagers suggèrent également une meilleure organisation spatiale, en séparant les zones calmes des espaces de travail en groupe, afin de répondre aux besoins de chacun tout en préservant une ambiance propice à la concentration.

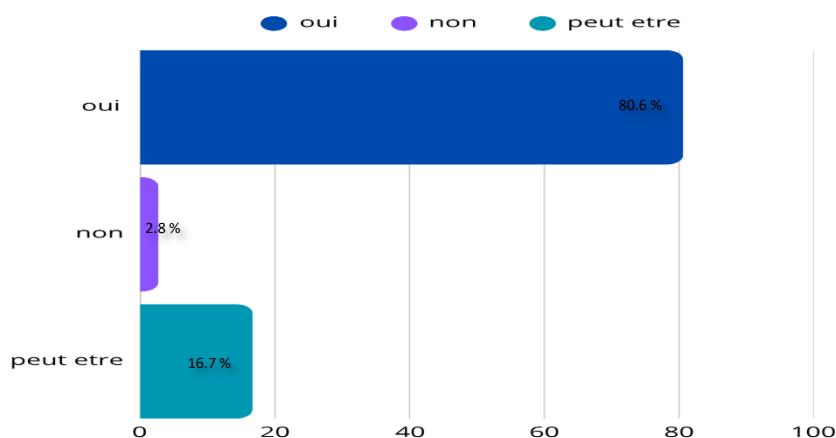


Figure 85 : Diagrammes en barres illustrant l'impact de l'amélioration acoustique sur les usagers (Source : auteur,2025)

Interdire aux usagers de faire du bruit pour le respects mutuel avoir des fenêtres plus isolantes afin de minimiser les bruits de l'exterieurs surtout celles des voitures des bus des camions car la bibliothèque ce trouve just a coté d'un axe principal de la ville

Fenetres doublées , règlementation plus stricte pour garder le silence dans certaines salles , chaises moins bruyantes...

Installer des matériaux absorbants, mieux signaler les zones silencieuses et utiliser du mobilier insonorisant pour réduire le bruit et améliorer le confort acoustique.

Figure 86: Suggestions émises par les usagers pour améliorer le confort acoustique

(Source : auteur,2025)

4.4 Correspondances entre les études

Tableau 13: Correspondances entre les différents résultats (Source : Auteur ,2025)

Synthèse

Salle	Mesures réelles (Sonomètre)	Simulation (Ecotect)	Avis des usagers
RDC	<ul style="list-style-type: none"> Niveau sonore déjà élevé en l'absence d'usagers Augmentation du niveau sonore en présence d'usagers Pics près des fenêtres et des accès 	<ul style="list-style-type: none"> Propagation rapide des réflexions et des échos dans toute la salle. Infiltration sonore vers les pièces voisines. 	Peu fréquenté et perçu comme bruyant, surtout lorsque les fenêtres sont ouvertes, le rez-de-chaussée offre un confort sonore jugé faible, ce qui le rend peu attractif pour les activités nécessitant du calme.
R+1	<ul style="list-style-type: none"> Niveau sonore modéré à éléver sans usagers Zones les plus impactées : près des vitrages Augmentation notable du bruit avec les déplacements et l'activité des usagers autour des circulations et du mobilier 	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'échos localisés aux extrémités, mais de faible intensité. Répartition progressive du son réfléchi dans l'ensemble de la salle. Bonne isolation: pas d'infiltration sonore vers les espaces voisins. 	Modérément fréquenté, le premier étage est majoritairement perçu comme moyennement bruyant, sans grande amélioration en cas de fermeture des fenêtres, ce qui explique une appréciation acoustique plutôt faible.
R+2	<ul style="list-style-type: none"> Bruit élevé en permanence, même sans usagers Niveaux les plus élevés près des ouvertures et façades 	<ul style="list-style-type: none"> Présence marquée d'échos persistants, surtout en périphérie Forte réverbération dans l'ensemble de la salle et quelques zones masquées où le son peine à se diffuser. 	Avec une fréquentation moyenne, le deuxième étage bénéficie d'une meilleure perception du confort sonore, notamment lorsque les fenêtres sont fermées, ce qui reflète un environnement acoustique plus équilibré.
R+3	<ul style="list-style-type: none"> Ambiance sonore calme en grande partie, avec une légère hausse près des ouvertures Le bruit augmente nettement en présence d'usagers 	<ul style="list-style-type: none"> Écho localisé au centre au début. Infiltration sonore vers les archives (isolation insuffisante). Réverbération bien répartie mais longue. Et Clarté sonore faible mais s'améliore avec le temps 	Très fréquenté et largement reconnu pour son calme, le troisième étage offre le meilleur confort sonore, aussi bien fenêtres ouvertes que fermées, ce qui en fait l'espace préféré des usagers pour travailler en toute concentration.

L'analyse croisée des mesures, simulations et avis d'usagers révèle une cohérence globale dans l'évaluation du confort sonore. Le rez-de-chaussée, destiné aux enfants, souffre d'un niveau sonore élevé accentué par les ouvertures et la configuration spatiale, ce qui le rend peu apprécié. Le premier étage, mieux isolé, reste perturbé par des bruits internes d'où une perception acoustique moyenne.

Au deuxième étage, malgré des niveaux sonores importants et une forte réverbération, le confort est jugé plus acceptable lorsque les fenêtres sont fermées, traduisant une bonne gestion des nuisances extérieures. Le troisième étage se distingue clairement par une ambiance calme, confirmée par les mesures et appréciée des usagers, qui le privilégiennent pour la concentration.

Cette convergence confirme le rôle clé de la configuration spatiale et de l'isolation acoustique dans la qualité perçue des espaces de lecture.

4.5 Recommandation spécifique au cas d'étude

Dans le cadre de l'analyse acoustique de la bibliothèque principale de Béjaïa, plusieurs recommandations ont été proposées. Parmi celles-ci, on peut citer :

- Installer un plafond suspendu acoustique dans les grandes salles de lecture pour réduire la réverbération causée par la hauteur sous plafond (diminuer l'écho).
- Poser des panneaux acoustiques muraux sur les parois latérales en béton brut pour absorber les réflexions sonores.
- Utiliser les rayonnages existants comme éléments de correction en les plaçant de manière stratégique contre les murs nus (réduire la réverbération).
- Recouvrir le sol des espaces de lecture avec de la moquette ou des tapis pour limiter le bruit de pas, en particulier dans les zones de circulation.
- Équiper les chaises d'assises en tissu et ajouter des patins en caoutchouc pour éliminer les bruits de déplacement sur le sol dur.
- Mettre en place une signalétique claire pour rappeler qu'il s'agit d'un espace de silence strict.
- Réorganiser les espaces pour éloigner les salles de lecture des sources de bruit comme l'entrée principale ou les escaliers.

4.6 Recommandation générale

En complément, des recommandations générales ont été réalisées afin d'orienter la conception acoustique d'une bibliothèque ou médiathèque :

- Organiser les espaces de façon à éloigner les zones bruyantes (entrée, cafétéria) des zones calmes (salles de lecture).
- Utilisation des matériaux absorbants acoustiques (panneaux muraux, panneaux de plafond, tapis) pour réduire la réverbération, éliminer les échos et atténuer les bruits de fond.
- Isolation acoustique des murs, plafonds, planchers et portes pour empêcher le bruit extérieur de pénétrer et limiter la propagation interne du bruit.
- Choisir un mobilier en matériaux absorbants comme le bois ou le tissu plutôt que le métal ou le plastique, pour diminuer les bruits d'impact.
- Organiser les espaces en zones distinctes (zone silencieuse, travail en groupe, espace jeunesse).
- Mettre en place une signalétique qui sensibilise et incite les usagers à respecter le silence.
- Concevoir la forme des espaces pour éviter les grandes surfaces qui favorisent les échos.
- Orienter les salles de lecture à l'écart des sources extérieures de bruit si possible.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons interprété les résultats des simulations acoustiques réalisées dans les quatre salles de lecture de la bibliothèque principale de Béjaïa. L'analyse a permis de suivre l'évolution des différents phénomènes sonores (son direct, réfléchi utile, écho) dans le temps, et de comparer les performances acoustiques des espaces. Il ressort que la salle située au R+3 présente la meilleure qualité acoustique, avec une bonne répartition du son réfléchi utile et une disparition rapide de l'écho.

Les premières données issues du questionnaire confirment ces résultats : une majorité d'usagers indiquent que le confort sonore influence leur choix de salle, et la salle du R+3 est largement perçue comme la plus confortable.

Ces éléments montrent la cohérence entre l'évaluation technique par simulation et la perception des usagers, et soulignent l'importance de l'acoustique dans l'aménagement des espaces de lecture. L'ensemble de ces résultats constitue une base solide pour envisager des améliorations acoustiques ciblées dans les autres salles.



Chapitre 5 :

***Intégration Des Résultat De la Recherche
Dans Le Projet De Fin D'étude***

Introduction

Avant d'être un objet à contempler, l'espace architectural que nous occupons est un espace sensoriel par excellence. Il entreprend une relation corrélative avec son usager. Cette interdépendance permet à l'espace d'être un partenaire qui vit sous la condition d'être occupé (Merleau-Ponty, 2005).

En tant que créateur de cet espace, l'architecte façonne des ambiances qui influencent les émotions et le bien-être des usagers. C'est dans cette logique que s'inscrit le projet de médiathèque à Béjaïa, conçu en prolongement direct de la réflexion menée sur le confort acoustique. Dans un contexte où les équipements culturels peinent encore à s'adapter aux mutations contemporaines, ce lieu vise à dépasser le modèle figé de la bibliothèque traditionnelle. Face à une société en quête de savoirs accessibles, connectés et sensibles, la médiathèque apparaît comme une alternative pertinente, capable d'accueillir des usages multiples. Elle conjugue outils numériques, espaces collaboratifs et zones de quiétude, tout en accordant une attention particulière à l'environnement sonore. Ainsi pensée, elle devient un espace d'immersion et d'équilibre, où la mémoire des lieux dialogue avec l'innovation, et où l'expérience de lecture prend une dimension pleinement sensorielle.

5.1 Processus d'élaboration du projet

Pour concrétiser cette intention architecturale, une démarche progressive a été mise en place suivant plusieurs étapes. La première d'entre elles a consisté en une analyse approfondie du site d'implantation, essentielle pour comprendre ses spécificités et ses contraintes. Cette analyse a permis d'établir les fondements du projet et de guider les décisions ultérieures en tenant compte de l'environnement, des exigences du programme et des défis acoustiques.

5.1.1 Analyse du site

- Situation géographique**

Le site est situé en Algérie, dans la ville de Béjaïa, plus précisément dans le quartier de l'Edimco. Ce quartier se trouve à environ 2 à 3 kilomètres du centre-ville, à proximité du Boulevard Krim Belkacem, une des principales artères de la ville. Il est également proche de repères importants tels que le centre d'affaires Big Center et le Tribunal Administratif, ce qui en fait une localisation stratégique au cœur d'un environnement urbain dynamique et accessible.

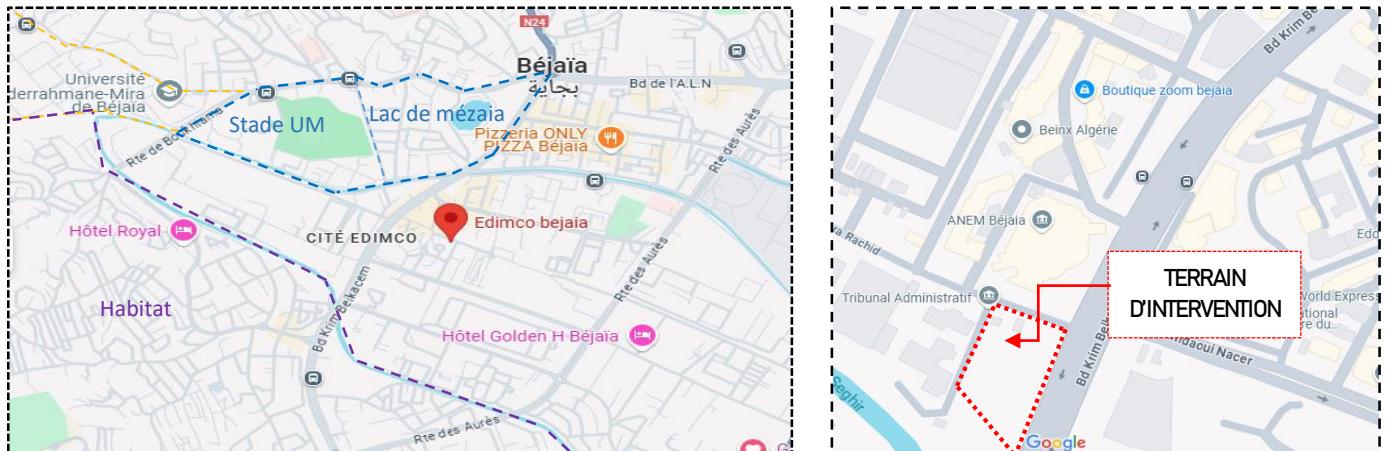


Figure 87: Situation du terrain d'intervention (Source : auteur,2025)

- **Justification du choix du site**

Le site a été choisi pour sa situation stratégique au cœur de la ville, dans un quartier animé et résidentiel. Il est situé sur l'axe culturel de Béjaïa, ce qui permet de renforcer la continuité entre les équipements culturels existants. De plus, le site offre une surface suffisante pour accueillir un équipement moderne, adapté aux besoins actuels de la population

- **Analyse SWOT**

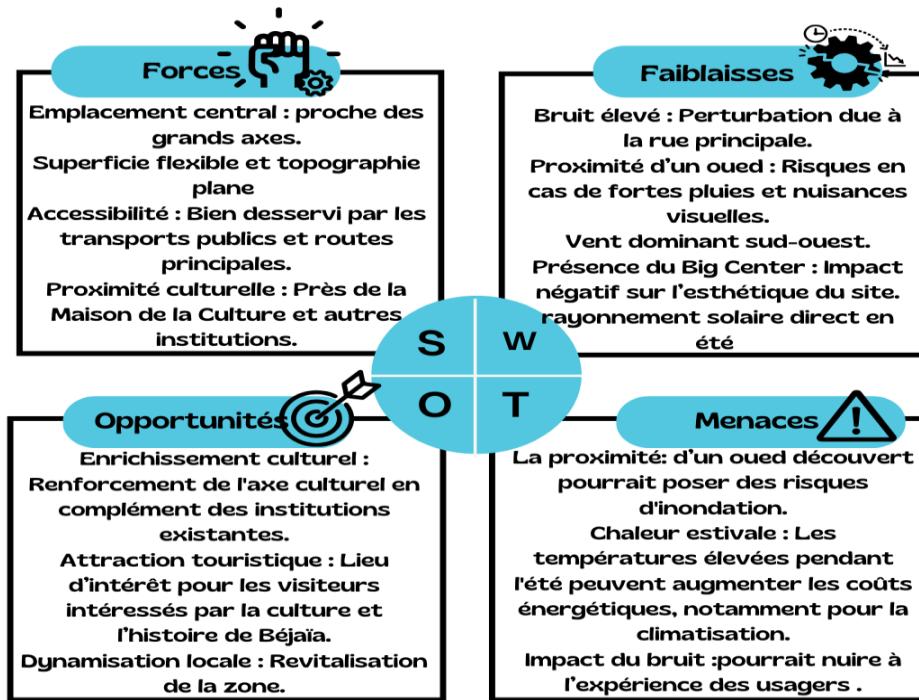


Figure 88: L'analyse du SWOT du terrain d'intervention (Source : auteur,2025)

- **Environnement immédiat**

Le site se caractérise par une diversité fonctionnelle marquée et une structure urbaine équilibrée dans son contexte immédiat. Un grand espace vert au nord vient rompre la concentration du bâti, procurant un environnement naturel relaxant et une vue paysagère agréable. Vers l'est, le site est délimité par une trame résidentielle assez dense, majoritairement formée de logements de taille intermédiaire, qui définit la ligne urbaine. À l'ouest, des zones destinées aux activités commerciales et industrielles constituent un secteur dynamique, Un vaste complexe sportif, incluant un stade et une piscine sportive, se situe au sud et couvre une surface considérable, contribuant à la dynamisation du quartier. Le site se positionne à l'intersection d'usages diversifiés résidentiels, récréatifs, économiques et naturels ce qui le rend stratégique et porteur de potentiel pour un aménagement à visée publique ou culturelle.

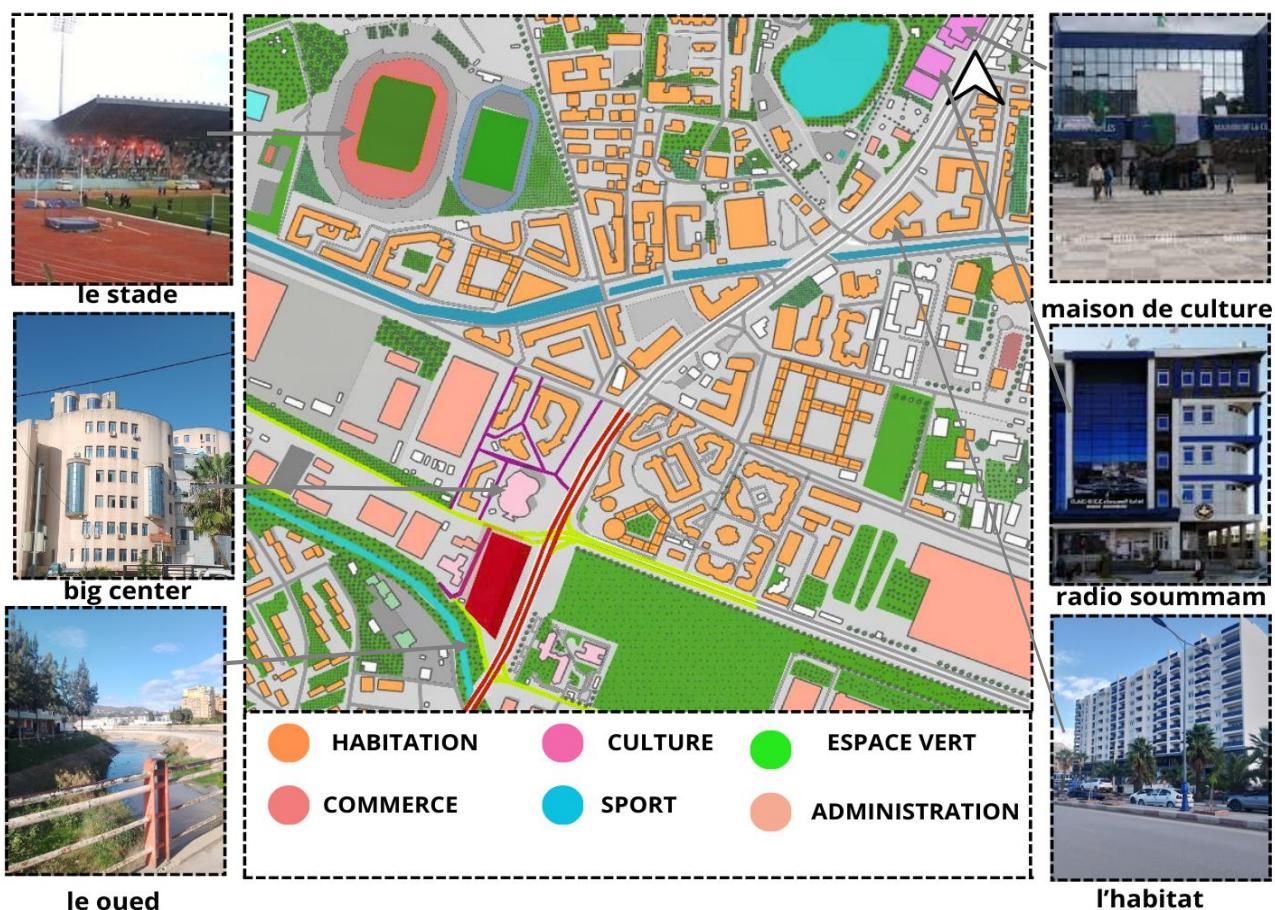


Figure 89: L'environnement immédiat du terrain (Source : auteur,2025)

- **Accessibilité au site**

Le site est principalement accessible par le boulevard Krim Belkacem, au niveau d'EDIMCO, mais bénéficie également de deux accès secondaires : à droite, la rue Tekamera Rachid, ainsi qu'une autre ruelle située à proximité de l'oued Seghir.

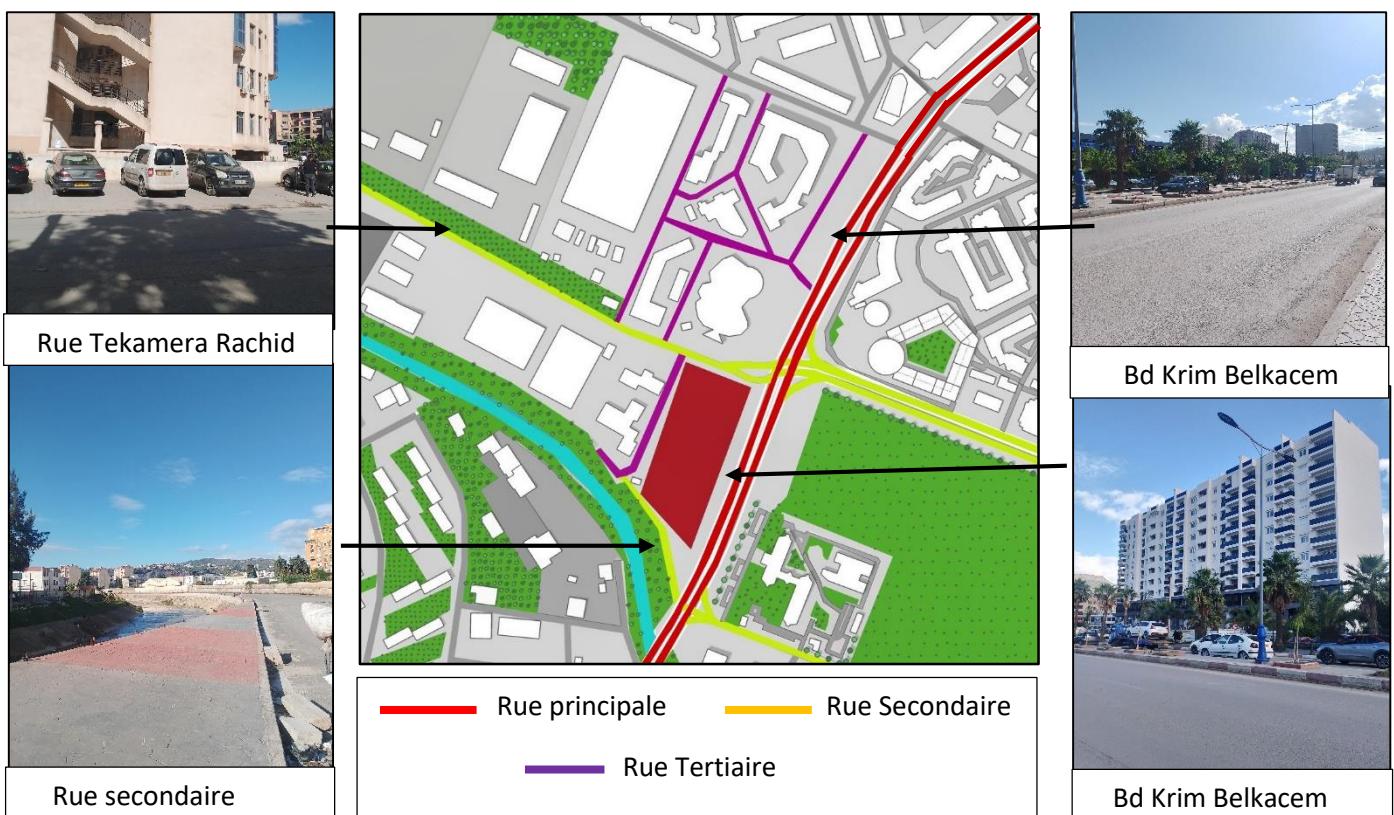


Figure 90: L'accessibilité au terrain d'intervention (Source : auteur,20

Cette configuration offre plusieurs points d'entrée pratiques, facilitant ainsi l'accès au site.

- **Morphologie et Topographie du terrain**

Le terrain d'intervention présente une forme trapézoïdale, d'une superficie de 5540,58 m² et d'un périmètre de 340,09 m. Cette configuration géométrique relativement simple permet une bonne lisibilité spatiale et facilite l'organisation des futures implantations.

Sur le plan topographique, deux coupes ont été réalisées l'une horizontale sur 135 m, l'autre verticale sur 58,4 m. Les altitudes varient légèrement entre 19 m et 21 m, avec un dénivelé maximal d'environ 1,7 m. La pente moyenne est très faible, proche de 0 %, ce qui indique un terrain globalement plat, sans relief marqué. Cette topographie stable constitue un atout pour l'aménagement, en évitant les contraintes liées aux mouvements de terrain ou aux adaptations de niveau.

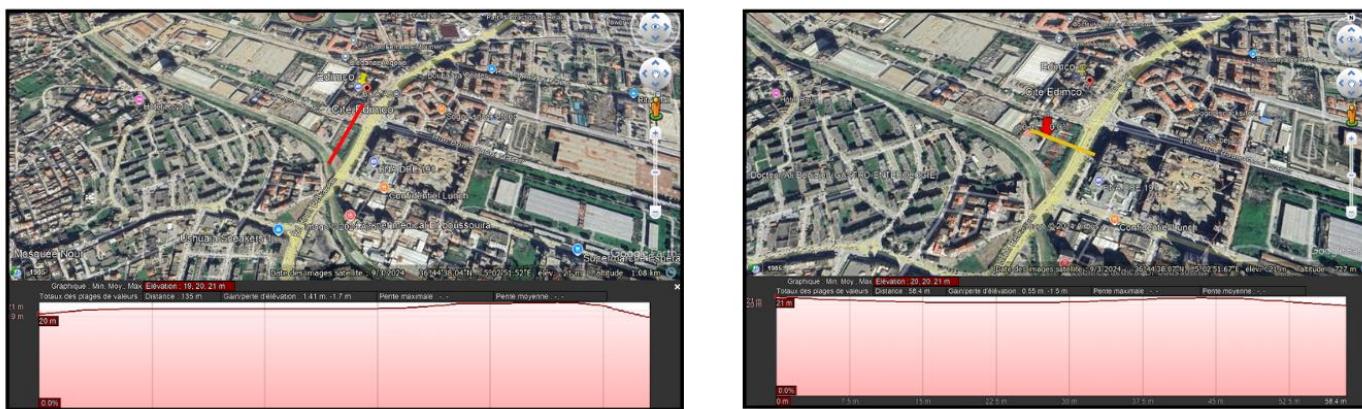


Figure 91: Coupes topographiques du terrain (Source : auteur,2025)

- **Analyse climatique**

Une évaluation climatique globale du site a été effectuée, prenant en considération divers facteurs tels que le vent, le bruit, la température, l'ensoleillement et l'humidité. Parmi ces éléments, seuls ceux ayant mis en évidence des contraintes significatives ont été sélectionnés pour une analyse approfondie. Cela inclut les vents dominants provenant du sud-ouest, susceptibles de générer des courants d'air désagréables, ainsi que les températures observées en juin, où 60 % des cas indiquent un stress thermique élevé. De plus, le site est situé à proximité de rues et de boulevards très fréquentés, au sein d'une zone urbaine dense. Cette proximité avec les voies de circulation entraîne une exposition considérable au bruit, représentant une contrainte additionnelle à considérer dans le cadre du projet.

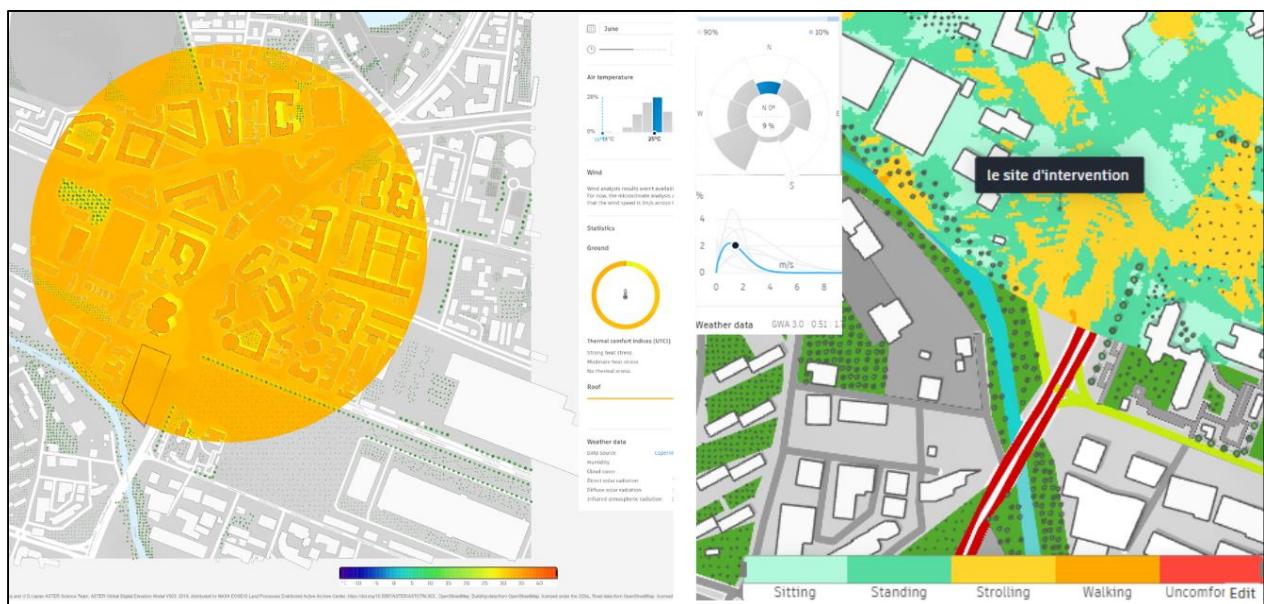


Figure 92: analyse solaire et du vent dans le terrain (Source : auteur,2025)

Ces conditions mettent en exergue l'importance d'intégrer des solutions appropriées pour assurer le confort et la protection .

Synthèse

Localisé dans un secteur stratégique de Béjaïa, le site se distingue par sa bonne accessibilité, sa topographie stable et une diversité fonctionnelle notable. L'analyse a révélé plusieurs contraintes, en particulier celles associées au bruit, aux vents dominants et au stress thermique, ce qui requiert des réponses adaptées en matière de confort et d'aménagement.

5.1.2 Analyse des exemples

Après avoir élaboré l'analyse du site d'intervention, l'étude des exemples architecturaux devient nécessaire afin d'enrichir la réflexion, d'explorer des approches spatiales et de nourrir la conception d'espaces adaptés aux usagers.

5.1.2.1 Médiathèque Estaminet Grenay pas de calais



Nom: Médiathèque de l'Estaminet
Architectes: Richard & Schoeller
Lieu: Grenay, Pas-de-Calais, France
Année de livraison: 2014
Surface : 1 060m²

Figure 93: Médiathèque Estaminet de Grenay (Source : www.archiliste.fr)

➤ Justification du choix :

La médiathèque d'Estaminet est un exemple inspirant pour celle de Béjaïa : elle revitalise son quartier, allie une architecture sobre et accueillante, offre un confort acoustique propice à la lecture, et adopte une démarche durable par l'usage de matériaux respectueux de l'environnement.

➤ Localisation et contexte :

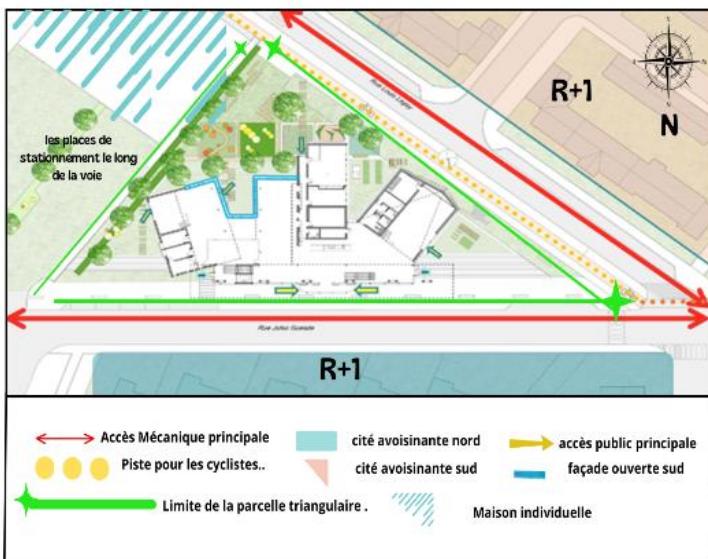


Figure 94: Le plan de masse de médiathèque Estaminet (Source : auteur,2025)

➤ Enveloppe extérieure :

➤ **Volumétrie :**

Elle se compose de volumes rectangulaires juxtaposés, formant un ensemble simple et lisible. Elle s'étire le long de la rue Jules Guesde et se limite à un R+1, Le volume principal est suspendu et porté par des poteaux en V, marque visuellement l'entrée. En retrait, le rez-de-chaussée vitré laisse entrevoir l'intérieur du bâtiment, créant un lien direct avec la rue.

➤ Matériaux :

Béton blanc pour les éléments opaques, affirmant le statut public du bâtiment ; verre pour les baies vitrées favorisant la lumière naturelle et la relation intérieur/extérieur.

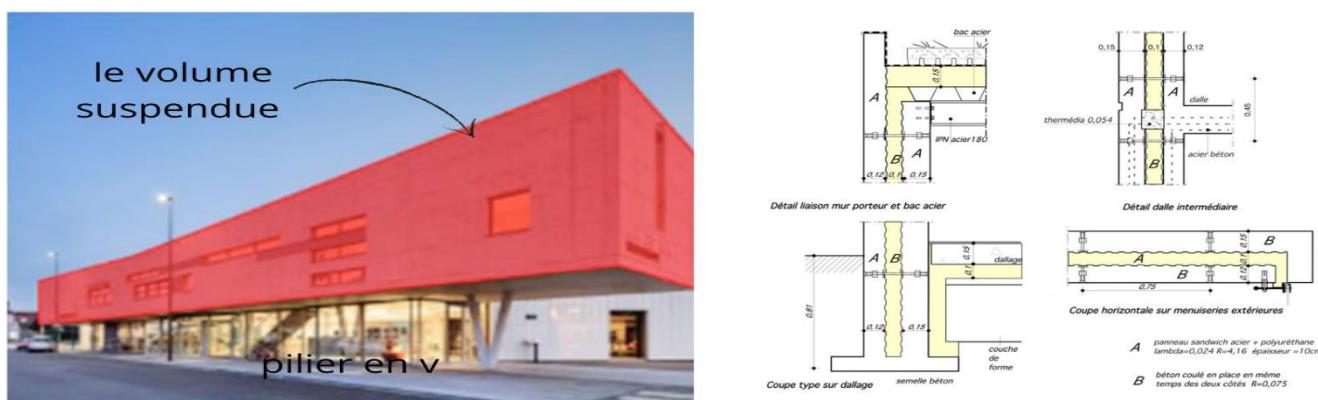


Figure 95: Le plan de masse de médiathèque Estaminet

((a) Source : journeesarchitecture.culture.gouv.fr ; (b) Source : www.archdaily.com))

- **Organisation intérieure** : L'organisation du projet distingue clairement les fonctions

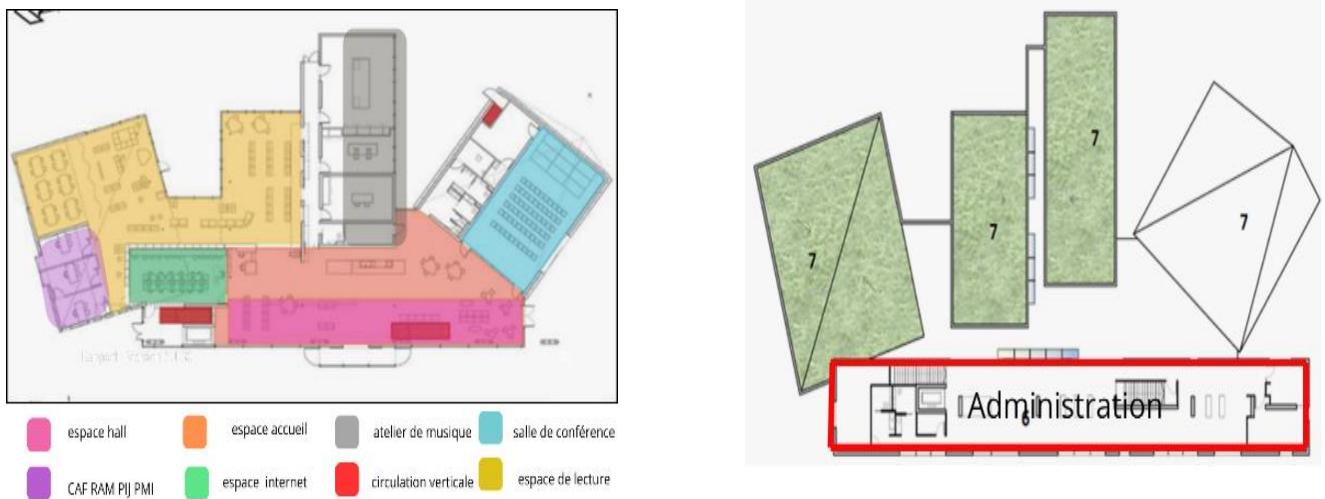


Figure 96: Les plans du RDC et R+1 de la médiathèque Estaminet (Source : auteur, 2025)

Au rez-de-chaussée, les espaces publics sont regroupés autour d'un hall central (lecture, conférence, numérique, services sociaux, musique), tandis que l'étage est réservé aux espaces administratifs.

La médiathèque intègre des solutions constructives performantes comme des murs doubles en béton isolant et une structure en béton apparent. L'inertie thermique des matériaux et les toitures végétalisées participent à un confort bioclimatique passif, réduisant les besoins en énergie.

5.1.2.2 La médiathèque du Vétérans Park



Nom du projet : Médiathèque du Parc des Vétérans

Architectes : Laboratory of Architecture #3

Lieu : Tbilissi, Géorgie

Année de livraison: 2017

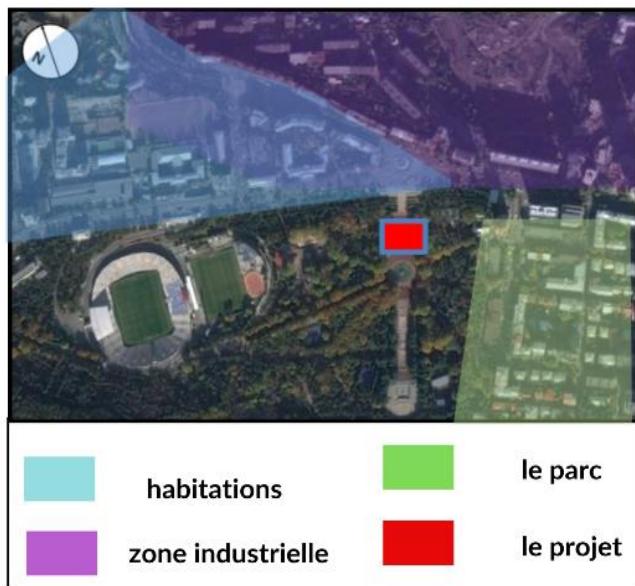
Surface: 1200 m²

Figure 97: La médiathèque du Vétérans Park (Source : auteur, 2025)

➤ **Justification du choix :**

La médiathèque se distingue par son accessibilité centrale, sa réponse à un besoin culturel local, son architecture moderne, ces espaces polyvalents, son intégration à un espace vert voisin, et l'utilisation de la lumière naturelle pour améliorer le confort et réduire l'impact énergétique.

➤ **Localisation et contexte :**



Situation

Située au cœur du parc des Vétérans à Tbilissi, dans un quartier mêlant zones résidentielles et industrielles.

Accessibilité

Accessible par quatre rues et des chemins piétons à travers le parc ; stationnement disponible le long des rues voisines.

Environnement :

Entourée d'espaces verts, de logements et d'anciennes zones industrielles, offrant un cadre urbain mixte.

Figure 98: Localisation et contexte de la médiathèque du Vétérans Park

(Source : auteur, 2025)

➤ **Enveloppe extérieure :**

➤ **Volumétrie :** Le bâtiment est composé de deux volumes principaux unifiés par un cadre rectangulaire en acier suspendu, créant un effet léger et ouvert. Il est de gabarit R+1, entouré de verdure, avec de larges parois vitrées sans cadre pour favoriser la transparence et l'ouverture sur le parc. L'ensemble joue sur un équilibre entre pleins et vides, associant architecture moderne et intégration paysagère

➤ **Matériaux :**

Les matériaux utilisés sont principalement le verre , l'acier pour la structure porteuse et les porte-à-faux, ainsi qu'un parement en bois sur certaines surfaces, afin d'adoucir l'aspect général et favoriser l'intégration au parc environnant.

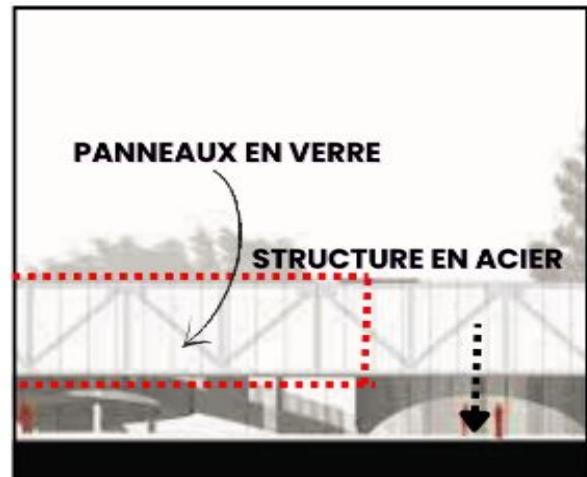


Figure 99: l'enveloppe extérieur de médiathèque de vétérans Park

((a) Source : inhabitat.com ; (b) Source : www.archdaily.com))

➤ **Organisation intérieure :**

Le rez-de-chaussée comprend un accueil central, un espace multimédia, une zone lecture, une cafétéria et un coin enfants. La circulation est assurée par une rampe spirale et un escalier central. Quand à l'étage on retrouve un auditorium des espaces de lecture des espaces dédié à l'administration

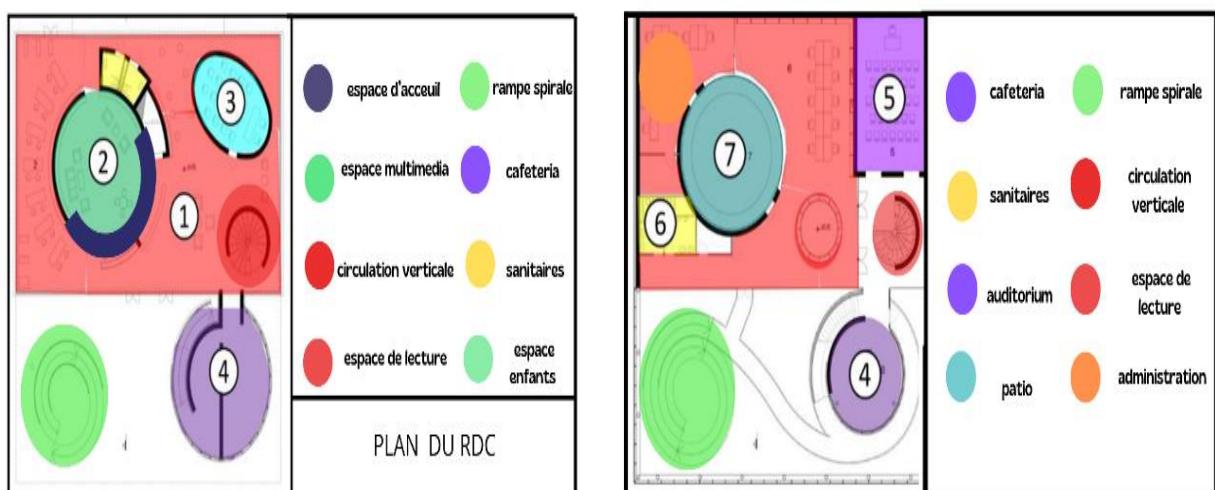


Figure 100: Les plans du RDC et R+1 de la médiathèque vétérans park (Source : auteur,2025)

➤ **Détail en relation avec la coloration :**

La médiathèque maximise la lumière naturelle pour réduire sa consommation énergétique. Sa conception ovale et ses matériaux soignés favorisent un confort acoustique adapté à la lecture et aux activités culturelles.

Tableau 14: Les éléments à prendre et à éviter dans mon PFE (Source : Auteur ,2025)

	Exemple 1	Exemple 2
A prendre	<p>À retenir : Espaces distincts et fluides, utilisation optimale de la lumière naturelle, matériaux durables et esthétiques, et intégration harmonieuse dans le contexte d'implantation.</p> <p>À éviter : Uniformité excessive des matériaux et mauvaise séparation des fonctions (lecture et multimédia).</p>	<p>À intégrer : Escalier en spirale ludique, structure sur pilotis, présence d'un patio, et matériaux durables (comme le bois) favorisant une ambiance chaleureuse.</p> <p>À éviter : Manque de flexibilité des espaces et difficultés d'accessibilité liées à la surélévation.</p>
Et à éviter		

5.1.3 Le programme

L'analyse du site et des exemples architecturaux nous a permis d'élaborer le programme du projet.

Tableau 15: Le Programme surfacique du projet de fin d'étude (Source : Auteur ,2025)

Entité	Sous-unité (espace)	Nombre	Surface
1- ACCUEIL ET RECEPTION			
Accueil, information, renseignement	-Hall d'accueil -Bureau de reception (information – renseignements)	1 1	80 m ² 25 m ²
2- GESTION ET ADMINISTRATION			
Espaces pour les personnel De la mediathèque	-Bureau du Directeur -Bureau du Gestionnaire -Bureau du Secrétaire -Salle de Réunion	1 1 1 1	30 à 45 m ² 20 à 25 20 à 25 40 à 60

3 – Santé			
Espace de soin	-Infermerie	1	15 m ²
4- APPRENTISSAGE			
E artistique et educatifs	-Atelier Musical -Atelier Ecologique - L'Atelier d'Art et Expression -Espace Co-Working -Atelier linguistique	1 1 1 1 40	40 m2 40 m2 60-65 100-150 m2 40
5-MULTIMEDIA			
Diffusion audiovisuelle Lecture Projections	-Espace De Lecture Numérique -Studio De Création Numérique -Espace Audiovisuel Polyvalent -Gaming et Multimedia Ludique	1 1 1 1	60-65 120-125 m2 150-200 70
6- LECTURE			
Espaces dédié à la lecture pour plusieurs sections	-Bibliotheque Ludique -salle de contes -espace de lecture informelle -espace de lecture participative(jeunes) -salle de lecture classique -espace de lecture participative(agées)	1 1 1 1 1 1	70 40 60 40 90 40-45
7- ANIMATION			
Visionnage des évènement	-Mini-cinéma -Salle de conférence -Espace de projection Virtuelle	1 1 1	100 100-150
8- RESTAURATION			
Espace de consommation	-Le café Littéraire	1	150
9- SERVICE			
Les différents locaux	-Espace De Rangement	1	30
10- HYGIENE			
Les Sanitaires	-Wc Public Femmes / Wc Public Hommes -Wc PMR -WC Personnel F/H Vestiaries	1 1	40

11-EXTERIEUR

Les Espaces dédiés à la détente et le stationnement	-Le Parking -Espace De Jeux Ludique -Terrasses De Projection -Théâtre En Plein Air	1 1 1 1	150
-----------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	-----

5.1.4 Schémas de Structures et Scenarios

Après avoir établi un diagnostic complet du site, analysé des exemples de référence et défini le programme du projet, il est désormais pertinent de présenter un schéma de structure existant, un schéma de structure proposé, puis trois scénarios développant des réponses possibles aux contraintes identifiées

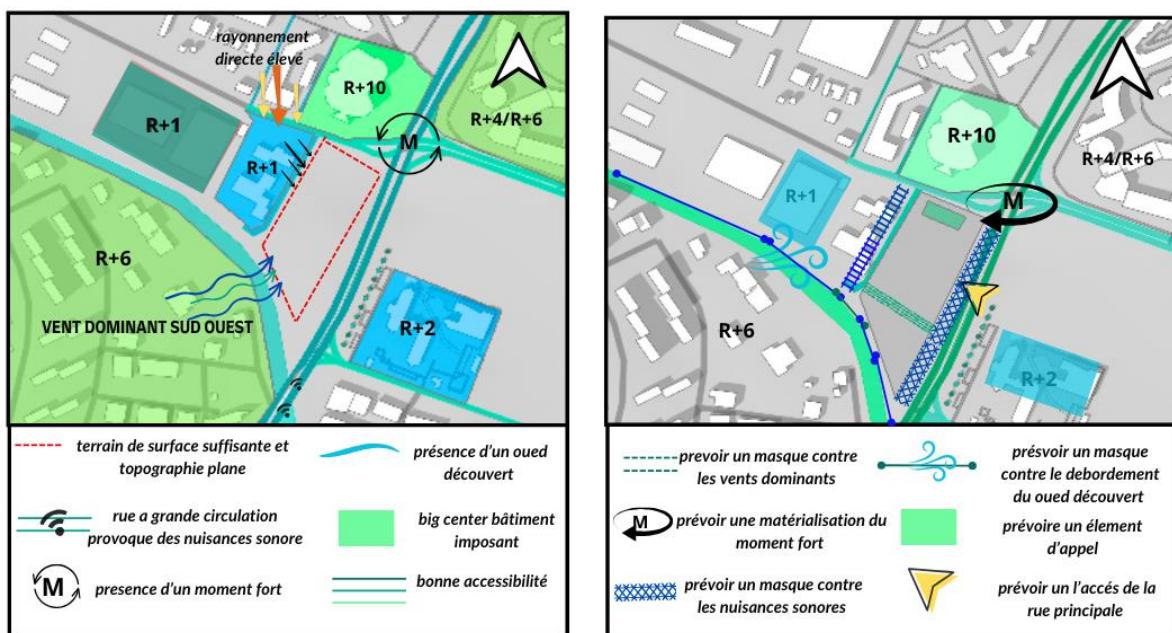


Figure 101: Les schémas de structure existants et proposés (Source : auteur, 2025)

Le schéma existant met en évidence un site marqué par des nuisances sonores dues à une voie très fréquentée, une exposition directe aux vents dominants et la présence d'un oued à ciel ouvert. L'environnement est encadré par des bâtiments de grande hauteur qui accentuent l'effet d'enclavement. Le schéma proposé vient répondre à ces contraintes en intégrant des masques protecteurs contre le vent et le bruit, en aménageant l'oued pour éviter les débordements et en clarifiant les accès. Un élément d'appel est aussi prévu pour renforcer l'attractivité et la lisibilité du lieu.

Les scénarios : Les scénarios sont des propositions d'aménagement développées en réponse aux contraintes du site. Chaque scénario explore une possibilité différente d'implantation ou

d'organisation spatiale. Ils permettent de tester plusieurs options avant de choisir la plus adaptée. C'est un outil de réflexion stratégique dans le processus de conception.

Scénario 1 :

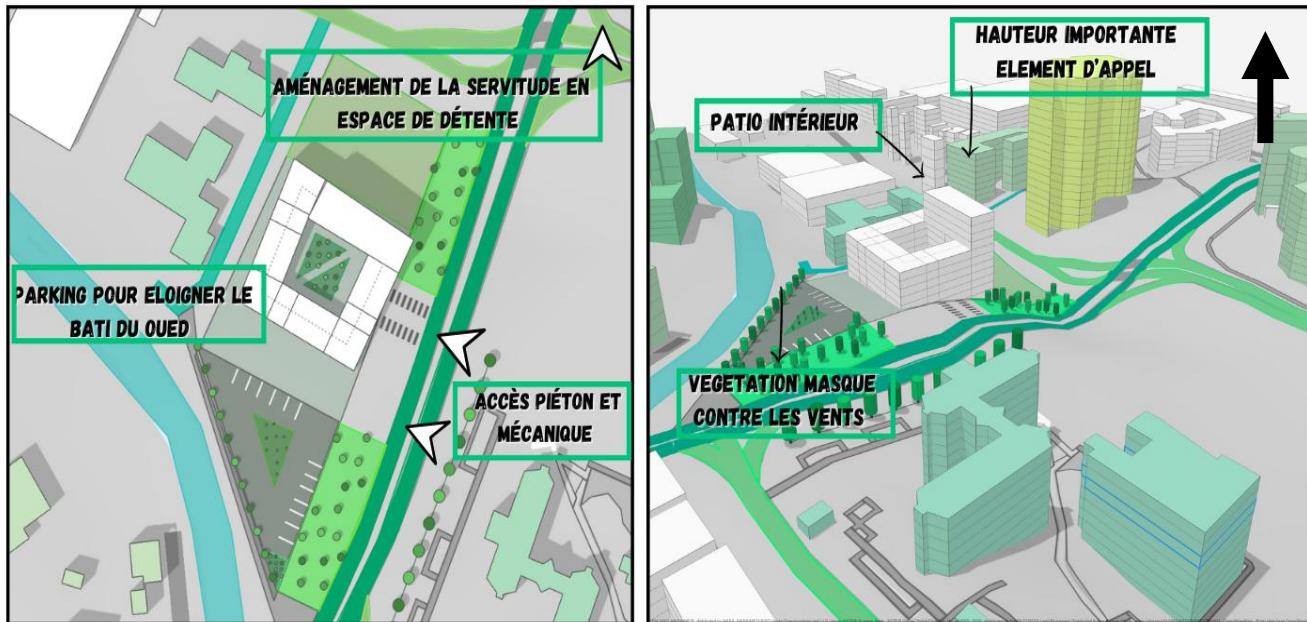


Figure 102: Le scénario 1 proposé (Source : auteur,2025)

Scénario 2 :

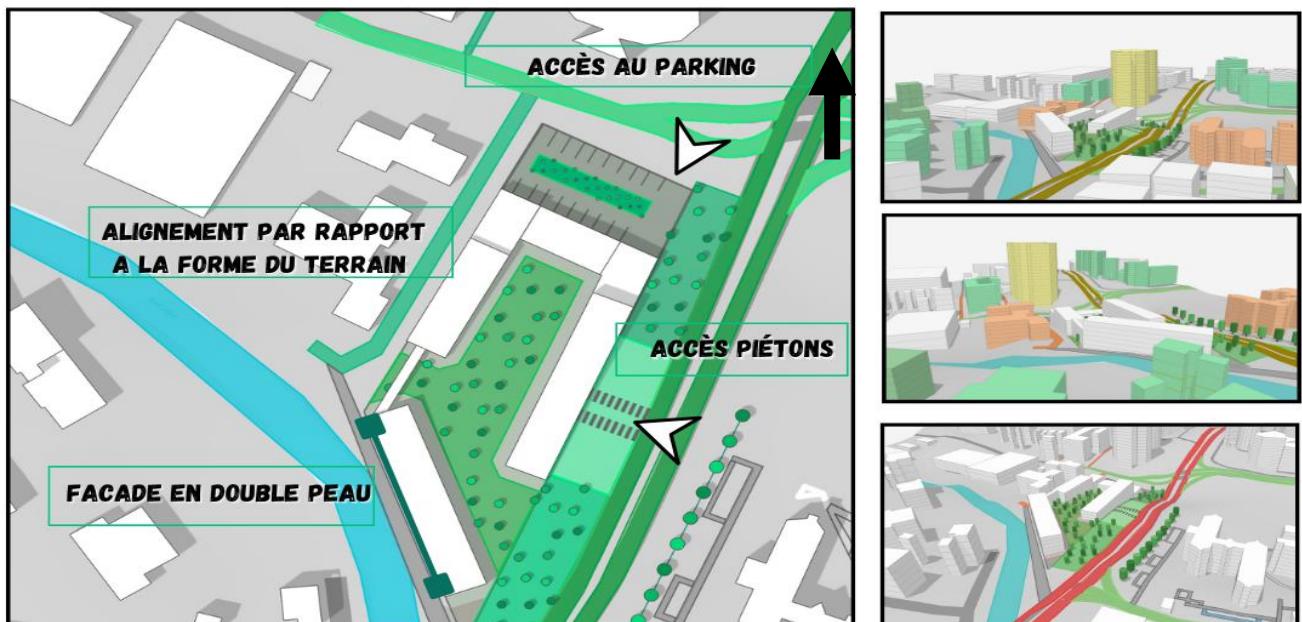


Figure 103: Le scénario 2 proposé (Source : auteur,2025)

Scénario 3 :

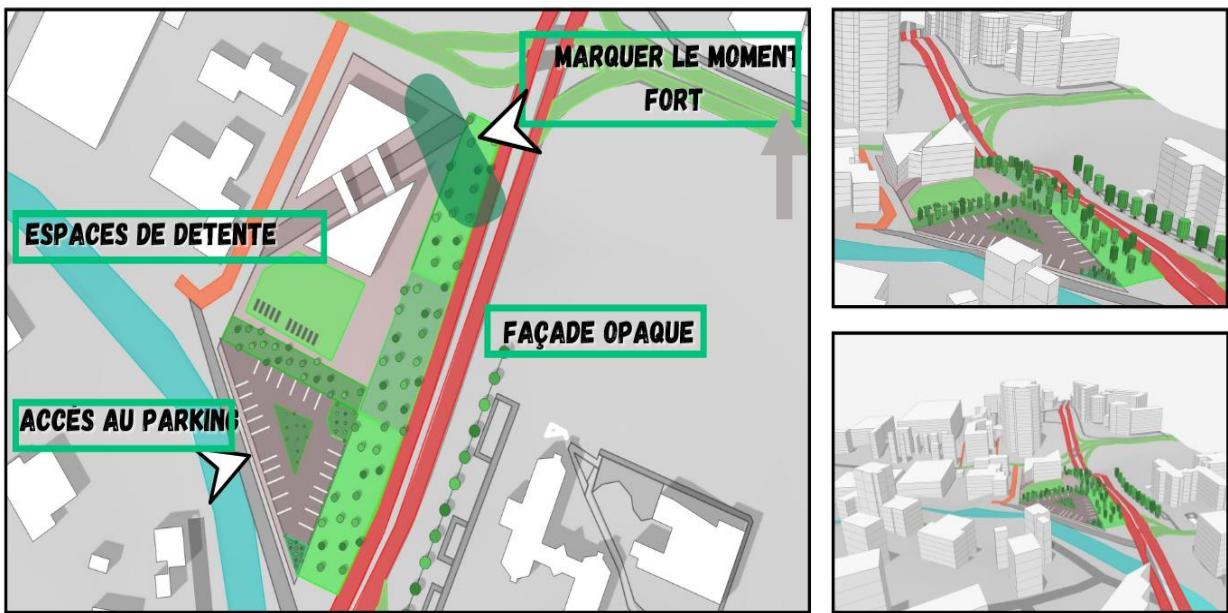
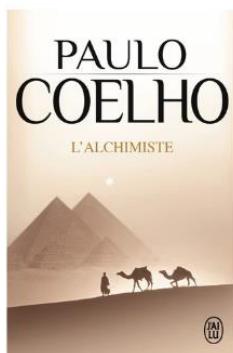


Figure 104: Le scénario 3 proposé (Source : auteur,2025)

5.1.5 Idéation et Morphogenèse

« *Il existe un langage qui est au-delà des mots.* » Paulo Coelho, *L'Alchimiste*

C'est à travers ce langage silencieux, tissé d'émotions, de matières et de lumière, que mon projet de médiathèque a commencé à prendre forme. Je ne souhaitais pas concevoir un simple bâtiment. Je voulais créer un lieu qui s'adresse à chacun sans avoir besoin de mots, un espace capable de toucher, de guider, de transformer. Un lieu de savoir, certes, mais aussi un espace de voyage intérieur.



Magasin de Cristaux



les Cristaux

Figure 105: Schémas représentatif de l'idée du projet (Source : auteur,2025)

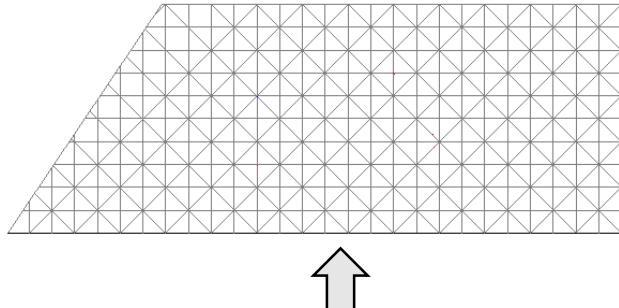
C'est ainsi que je me suis tournée vers un livre qui m'accompagne depuis longtemps : *L'Alchimiste* de Paulo Coelho. Ce roman, empreint de spiritualité et de quête personnelle, raconte bien plus qu'une histoire il ouvre un chemin. Et dans ce chemin, un passage m'a particulièrement marquée celui de la rencontre entre Santiago et le vendeur de cristaux. Ce moment, discret mais lumineux, raconte le pouvoir de l'évolution lente, la richesse de ce qui change en silence, et la beauté de ce qui se transforme sans jamais renier ce qu'il a été.

Ce sont ces cristaux, symboles de clarté, de fragilité maîtrisée et de lumière réfléchie, qui m'ont inspirée. En tant qu'étudiante engagée dans une approche architecturale mêlant environnement et technologie, j'ai vu en eux un point d'équilibre parfait entre nature et innovation. Le cristal est brut mais pur, minéral mais vivant. Il capte la lumière comme la médiathèque capte le savoir pour mieux le partager.

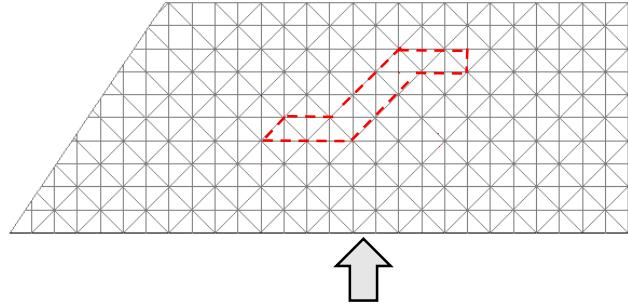
Ainsi, mon projet s'appuie sur l'idée d'un espace à la fois ancré dans la réalité et ouvert à l'imaginaire. Il ne s'agit pas seulement d'un lieu de lecture, mais d'un espace qui propose une expérience en soi. Un lieu calme, propice à la réflexion, à la découverte, et à une relation intime avec le savoir à l'image d'un cheminement personnel.

➤ Morphogenèse :

Afin de concrétiser cette idée et la transformer en un projet de médiathèque porteur de sens, je me suis penchée encore plus sur le détail des cristaux qui sont constitués d'un réseau cristallin, symbole de connexions entre différents atomes. En partant de cela, j'ai tramé mon terrain avec une grille qui rappelle ce réseau cristallin complexe et interconnecté. Cette trame m'a servi de base pour poser les premières lignes du projet et structurer les espaces autour de cette logique d'harmonie et de lien.



Création d'une trame inspirer du réseau cristallin



Création du Mouvement initiale du projet

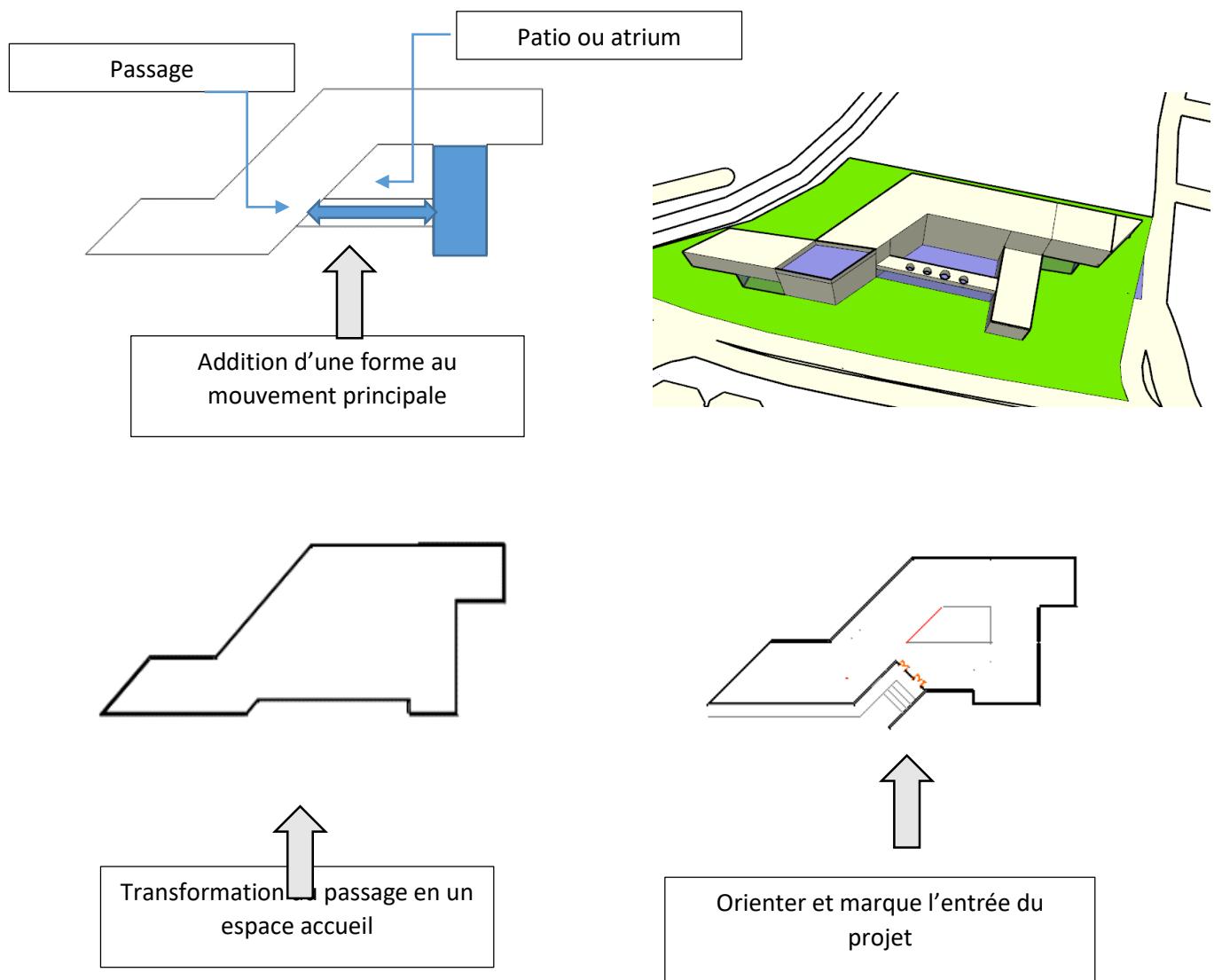


Figure 106: La morphogenèse du projet architecturale (Source : auteur,2025)

Conclusion

Ce chapitre a permis de poser les fondations du projet à travers une démarche complète, allant de l'analyse contextuelle et des références jusqu'à l'élaboration du programme et les premiers gestes de conception. Il en ressort une réponse architecturale ancrée dans son site, attentive aux usages et aux enjeux acoustiques.



Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce travail de recherche a examiné l'architecture des espaces de lecture sous l'aspect spécifique, mais essentiel, du confort acoustique, prouvant que la valeur d'un endroit consacré à la lecture ne peut se limiter à son attrait esthétique ou à sa fonctionnalité immédiate. Traditionnellement considérée comme un sanctuaire du savoir, la bibliothèque doit également se définir comme un espace sensible, où les aspects physiques tels que la lumière, les matériaux et le son contribuent de manière significative à la qualité de l'expérience vécue.

Dès le premier chapitre, il a été établi que l'espace de lecture représente bien plus qu'un simple endroit de consultation. C'est un lieu social, culturel et symbolique, dont l'architecture illustre les valeurs actuelles d'accessibilité, de confort et de bien-être. Cette perspective globale a permis d'intégrer la question acoustique dans une démarche plus large de design orienté vers l'utilisateur.

L'aspect sonore, même s'il est fréquemment mis de côté dans les projets d'architecture, s'est avéré être un facteur crucial dans l'évaluation de la qualité d'un espace dédié à la lecture. Le confort acoustique ne se limite pas à des critères techniques : il implique une interaction délicate entre la physique de l'espace et la psychologie de ses utilisateurs. Ce mémoire, par le biais d'une étude combinée de simulations numériques et de sondages auprès des utilisateurs, a souligné l'importance de l'isolation acoustique, du contrôle de la réverbération et de l'atténuation des bruits non désirés.

L'étude de cas menée dans la bibliothèque principale de Béjaïa, à travers quatre salles aux caractéristiques acoustiques variées, a offert un terrain d'expérimentation riche. Elle a montré que la qualité perçue des espaces correspond largement aux performances mesurées, soulignant ainsi la nécessité d'une approche double : technique et sensible. L'adhésion des usagers à la salle la mieux conçue acoustiquement confirme que la réussite d'un espace réside dans sa capacité à répondre à des besoins réels, parfois silencieux, mais essentiels.

Cette recherche, bien qu'ancrée dans une problématique acoustique spécifique, ouvre sur une réflexion plus large autour du rôle de l'architecte dans la conception d'espaces à haute valeur d'usage. Elle illustre que chaque élément d'architecture du choix des matériaux à la modulation des volumes participe à créer une ambiance, une atmosphère, une expérience. À une époque où le souci du bien-être est devenu un standard de qualité indiscutable, l'aspiration à une architecture davantage centrée sur l'individu, plus sensorielle et plus réfléchie s'affirme.

Comme le disait Louis Kahn : « A great building must begin with the unmeasurable, must go through measurable means when it is being designed and in the end must be unmeasurable. »

Le projet architectural présenté en clôture de ce mémoire s'inscrit dans cette dynamique. Il ne se contente pas de répondre aux constats dressés : il les prolonge, les interroge, et propose des solutions concrètes pour améliorer durablement les espaces de lecture. Il illustre la conviction portée par ce travail : qu'une bibliothèque bien conçue n'est pas seulement un lieu de savoir, mais un lieu de silence habité, de présence calme, de lien entre l'individu et l'espace.

Ainsi, ce mémoire se veut à la fois un outil de diagnostic, une base méthodologique, et une invitation à penser l'architecture autrement non pas simplement comme une organisation formelle d'espaces, mais plutôt comme une discipline sensible, impliquée, axée sur l'attention aux besoins, même les plus délicats, des utilisateurs qu'elle dessert.

Limites de la recherche

Au cours de cette étude, plusieurs difficultés ont limité la portée et la précision de nos résultats. Parmi les principales contraintes rencontrées, nous pouvons citer :

- Durée limitée de la recherche : Le temps imparti n'a pas toujours permis d'approfondir certaines analyses ou d'effectuer des mesures complémentaires.
- Limites techniques liées au logiciel Ecotect : Le logiciel de simulation utilisé ne permettait pas d'importer un modèle 3D complet et détaillé de la bibliothèque. Cette contrainte a restreint la précision des simulations acoustiques, limitant ainsi la modélisation fidèle de l'espace.
- Manque d'outils de mesure spécialisés : L'absence d'appareils professionnels, notamment pour les mesures acoustiques, nous a conduits à utiliser des smartphones et des équipements non spécialisés, ce qui a pu affecter la fiabilité et la précision des données recueillies.
- Difficultés lors de la collecte des questionnaires : La participation des usagers a été parfois limitée, ce qui a restreint la taille et la représentativité de l'échantillon pour l'étude qualitative.
- Contraintes liées à la présence des usagers sur site : La présence continue des élèves dans les salles de lecture a compliqué la réalisation de mesures acoustiques dans des conditions optimales, entraînant des perturbations et des imprécisions.

Ces limites, bien que contraignantes, ont permis de mieux cerner les besoins méthodologiques pour de futures recherches et soulignent l'importance d'un matériel adapté et de conditions optimales pour l'étude du confort acoustique dans les espaces publics.

Perspectives de recherche

Afin de poursuivre et d'approfondir les réflexions engagées dans ce mémoire, plusieurs axes de recherche peuvent être envisagés pour mieux comprendre et améliorer l'impact acoustique dans les espaces de lecture. Ces perspectives ouvrent la voie à des approches complémentaires et à des expérimentations futures :

- Analyse des matériaux : Examiner plus en détail les matériaux et textures utilisés dans les bibliothèques, afin de mieux comprendre leur rôle dans la réflexion, l'absorption et la diffusion du son.
- Aménagements innovants : Explorer des solutions architecturales et techniques permettant d'améliorer le confort sonore, notamment à travers des dispositifs de contrôle du bruit.
- Étude des formes et volumes : Analyser l'impact de la forme, de la hauteur et du volume des espaces sur la perception acoustique des usagers, en s'appuyant sur des références théoriques en architecture.
- Comparaison entre bibliothèques : Réaliser une analyse comparative de différents espaces de lecture pour identifier les aménagements les plus efficaces et proposer des recommandations adaptées aux futurs projets de construction ou de rénovation.



Bibliographie

Bibliographie

Académie française. (1992). *Dictionnaire de l'Académie française* (9e éd.). Éditions du CNRS. Consulté le 10 juin 2025, sur <https://www.academie-francaise.fr/dictionnaire>

Barles, F., Dupont, V., & Martin, S. (2017). *Rapport d'activité 2017*. Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB). <https://www.bruit.fr/images/stories/pdf/RA-CIDB-2017.pdf>

Bassins, S. (2009). Silence et bruit : cohabitation des usages en bibliothèque académique [Mémoire de bachelor, Université de Fribourg]. Université de Fribourg. https://folia.unifr.ch/documents/315048/files/Travail_de_Bachelor_Sophie_Bassin_V2_SS.pdf

Baudry, H. (2007). Approche des conditions fondamentales de l'habitabilité des espaces [Thèse de doctorat, Université François Rabelais – Tours]. <https://www.theses.fr/2007TOUR1501>

Belakehal, A. (2013). De la notion d'ambiance [Article scientifique]. Université Mohamed Khider – Biskra, Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances (LaCoMoFA), Département d'Architecture. <http://archives.univ-biskra.dz/handle/123456789/1209>

Benmaghsoula Hammou, Z. (2017). Relations entre composante acoustique et conception architecturale : caractérisation et amélioration acoustique de l'espace de la mosquée [Thèse de doctorat, Université Constantine 3]. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, République Algérienne Démocratique et Populaire.

Boubezari, M. (2020). Méthode exploratoire sur les pratiques intuitives de maîtrise du confort acoustique en milieu habité [Mémoire de master, Université de Bejaia].

Chatelet, A., Fernandez, P., & Lavigne, P. (1998). *Architecture climatique, une contribution au développement durable. Tome 2 : concepts et dispositifs*. EDISUD.

Code de la construction et de l'habitation, article R.111-2 (dernière mise à jour : 2023). Légifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr>

Concevoir et construire une bibliothèque : du projet à la réalisation. (2016). Ministère de la Culture et de la Communication, DGMIC service du livre et de la lecture. *Éditions Le Moniteur*.

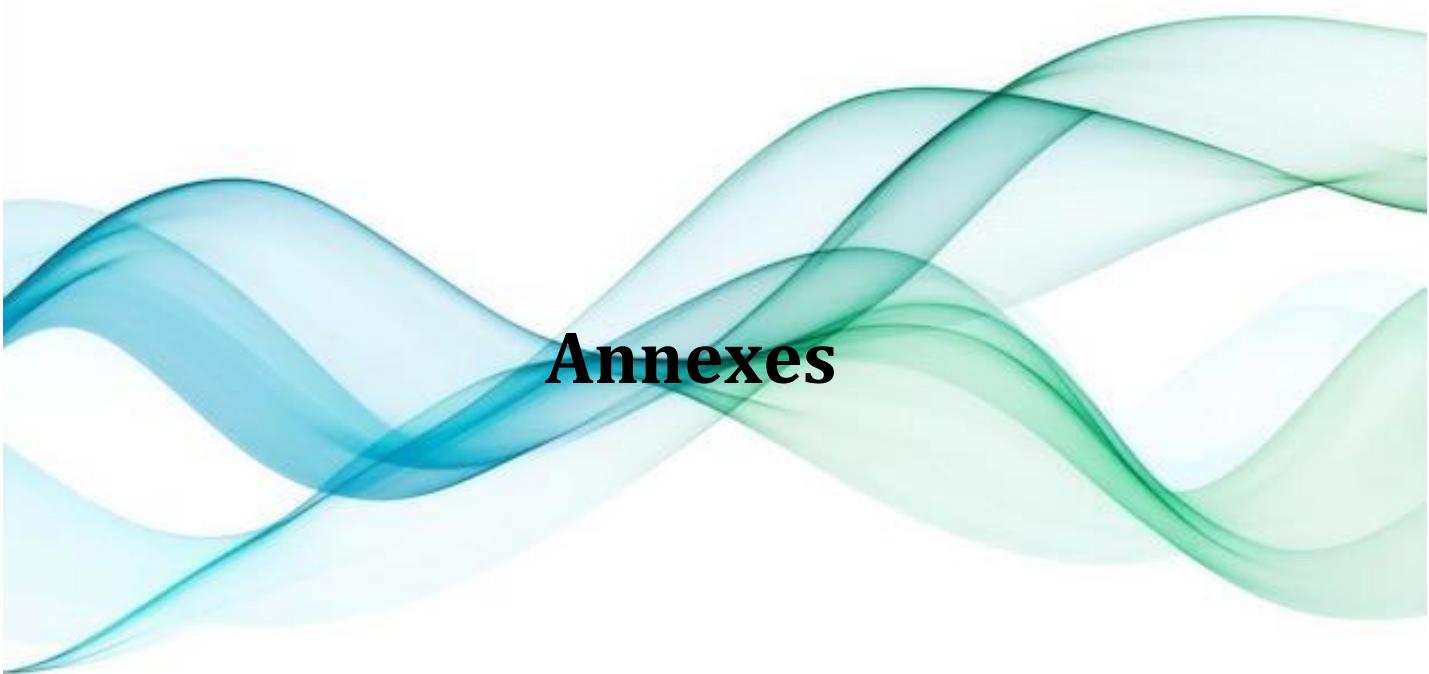
Connections by Finsa. (n.d.). Architecture et espaces culturels. <https://www.connectionsbyfinsa.com/architecture-espaces-culturels/?lang=fr>

Cousin, J. (1980). *L'espace vivant*. Éditions du Moniteur.

Cultures.fr. (S.d.). Qu'est-ce qu'un espace culturel ? Découvrez-le ici. <https://cultures.fr/post/articles/quest-ce-quun-espace-culturel-decouvrez-le-ici>

- Decamps, D. (2016, 25 septembre).** Quand la musique menace notre audition. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/quand-la-musique-menace-notre-audition-delphine-decamps>
- De Sa, C., & Molinaro, H. (2017).** Conception acoustique d'une salle. *CultureSciences Physique*. <https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/acoustique-salle-SI.xml>
- Graf, F., & Marino, G. (2016).** *Les dispositifs du confort dans l'architecture du XXe siècle : Connaissance et stratégies de sauvegarde* (1re éd.). EPFL Press.
- Gramez, A. (2010, 12-16 avril).** Introduction à la réglementation acoustique Algérienne et la réhabilitation acoustique des façades [communication par affiche]. 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00533159/document>
- Hamayon, L. (2006).** *Réussir l'acoustique d'un bâtiment* (2e éd.). Le Moniteur.
- Hamayon, L. (2008).** *Comprendre simplement l'acoustique des bâtiments*. Le Moniteur.
- Hamayon, L. (2014).** *Comprendre simplement l'acoustique des bâtiments* (3e éd.). Le Moniteur.
- International Organization for Standardization. (2014).** *ISO 12913-1:2014 Acoustics – Soundscape – Part 1: Definition and conceptual framework*. ISO.
- Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. (2003, 20 juillet).** Conventions Et Accords Internationaux - Lois Et Décrets Arrêtés, Décisions, Avis, communications et annonces (publication n° 43). <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2003/F2003043.pdf>
- Kherchaoui, V. (2019).** Le silence comme service : pour une cohabitation des publics et de leurs usages en bibliothèque. *Bulletin des bibliothèques de France (BBF)*, n° 17, 50–57. <https://bbf.enssib.fr/consulter/BBF-2019-17-0050-005>
- Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., & Sanders, J. V. (2000).** *Fundamentals of acoustics* (4th ed.). Wiley.
- Lahaye, J.-P., Mersch, S., De Vroey, D., Adnet, M.-N., Saelmackers, F., Mulnard, A., ... Wagelmans, J. (2021).** Le point sur l'isolation acoustique. Centre de Référence professionnelle bruxellois, Bruxelles-Environnement, Eco-construction, Innoviris.
- Laroche, S. (2008).** L'architecture commerciale à l'usage : évolution et recomposition (pp. 7–12). ENSAG Grenoble.
- Larousse. (2010).** *Petit Larousse illustré*. Paris.
- Larousse. (2022).** *Dictionnaire Larousse en ligne*. Éditions Larousse. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>
- Laouni, I. (2024).** Simulation et expérimentation d'un prototype d'architecture en milieux arides et semi-arides [Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz/5921/1/these%20laouni%20iynes.pdf>

- Le Breton, D. (1997).** *Du silence*. Éditions Métailié.
- Liébard, A., & De Herde, A. (2005).** *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques* (1ère éd.). Observ'ER.
- Ministère de la Culture (Algérie). (2008).** *Normalisation des infrastructures et équipements culturels* (février 2008). <https://www.m-culture.gov.dz/images/Normalisation-des-infrastructures-et-equipements.pdf>
- Ministère de la Culture, Direction des Études Prospectives de la Documentation et de l'Informatique. (2008).** *Normalisation des infrastructures et équipements culturels*.
- Ministère de la Culture – Service du livre et de la lecture (DGMIC). (2016).** *Concevoir et construire une bibliothèque : du projet à la réalisation* (2e éd.). Éditions Le Moniteur.
- Ministère de la Transition écologique. (2023).** *Code de la construction et de l'habitation, article R111-2.*
Légifrance. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043818263
- Ministère des Solidarités et de la Santé. (2025).** Effets du bruit sur la santé. Ameli. <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/bruit-sante/effets-du-bruit-sur-la-sante>
- Neufert, E. (2008).** *Les éléments des projets de construction* (8e éd. française). Éditions du Moniteur.
- Neufert, E. (2012).** *Les éléments des projets de construction* (10e éd. française). Éditions du Moniteur.
- Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). (1994).** *Manifeste de l'UNESCO sur la bibliothèque publique*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000112122_fre
- Rapoport, A. (1977).** *Human aspects of urban form: Towards a man–environment approach to urban form and design*. Pergamon Press.
- Saint-Gobain. (2016).** *Introduction à l'acoustique du bâtiment*. http://www.seformeravecsaint-gobain.com/medias/page_essentiels/Essentiel%205%20-%20Introduction%20%C3%A0%20l'acoustique%20du%20b%C3%A2timent%20-%202016.pdf
- Taghipour, N., Pourjafar, M., & Pourjafar, A. (2019).** Perceived acoustic comfort in urban environments: A review. *Building and Environment*, 156, 243–254. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.029>
- Tran, B. V. (1996).** *L'acoustique architecturale*. Office des publications universitaires, Alger.
- Ziani, A. (2021-2022).** Cours d'acoustique architecturale [Polycopié pédagogique, Master I en Architecture]. Département d'Architecture, Faculté de Technologie, Université TAHRI Mohamed Béchar, Algérie. <https://www.univ-bechar.dz/site/wp-content/uploads/2022/03/COURS-DACOUSTIQUE-ARCHITECTURALE.pdf>

The background of the page features a series of abstract, flowing lines in shades of blue and green. These lines are thin and translucent, creating a sense of depth and movement across the upper half of the page.

Annexes

Le Questionnaire :

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'études en architecture consacré à l'étude et à l'analyse du confort acoustique dans les salles de lecture de la bibliothèque principale de Bejaia, je mène une enquête auprès des usagers de cette bibliothèque.

L'objectif de ce questionnaire est de récolter vos impressions, vos habitudes et vos expériences concernant l'ambiance sonore à l'intérieur de la bibliothèque en particulier dans les salles de lecture, qui se trouvent au rez-de-chaussée ainsi qu'aux niveaux supérieurs (R+1, R+2, R+3). Vos retours, traités de manière anonyme et confidentielle, constitueront une aide précieuse pour analyser les conditions d'écoute et suggérer des améliorations visant à améliorer le confort sonore.

1. Informations générales (anonymes)

- 1. A quel tranche d'âge appartenez-vous ?**
 -18 ans 18–25 ans 26–35 ans 36–50 ans +50 ans
- 2. Quel est votre genre ?**
 Féminin Masculin
- 3. Quelle est votre situation professionnelle ou votre statut actuel ?**
 Élève / Étudiant(e)
 Enseignant(e) / Chercheur(e)
 Professionnel(le)
 Retraité(e)
 Autre : _____
- 4. A quel fréquence fréquenté vous la bibliothèque(salle de lecture) :**
 Quotidiennement Quelques fois par semaine Une fois par semaine
Rarement Première visite
- 5. Quel est la durée moyenne de vos visites :**
 Moins de 30 min 30 min – 1 h 1–2 h Plus de 2 h
- 6. À quels moments fréquentez-vous le plus souvent la bibliothèque(salle de lecture)**
 Matin Midi Après-midi
- 7. Quel activités pratiquées-vous à la bibliothèque :**
 Lecture
 Études personnelles
 Travail de groupe
 Participation à un atelier ou événement
 Autre : _____
- 8. Utilisez-vous souvent les salles de lecture ?**
 Oui, régulièrement
 Oui, de temps en temps
 Non
- 9. À quel(s) niveau(x) vous installez-vous le plus souvent ?**
 Rez-de-chaussée (RDC)
 1er étage (R+1)
 2e étage (R+2)

- 3e étage (R+3)
- Je change souvent
- Je ne sais pas

2 Perception acoustique dans le contexte des salles de lecture.

11. Où ressentez-vous le meilleur confort sonore ?

- RDC
- R+1
- R+2
- R+3
- Aucun en particulier

12. Comment évaluez-vous le niveau de bruit lorsque les fenêtres sont ouvertes ?

- Très calme
- Calme
- Moyennement bruyant
- Bruyant
- Très bruyant

13. Et lorsque les fenêtres sont fermées ?

- Très calme
- Calme
- Moyennement bruyant
- Bruyant
- Très bruyant

14. Entendez-vous du bruit pendant vos activités de lecture ou d'étude ?

- Oui
- Non

Si oui, quelles sont les principales sources de bruit que vous percevez ?

- Conversations entre usagers
- Circulation / bruits extérieurs
- Déplacements (pas, chaises)
- Personnel de la bibliothèque
- Climatisation / ventilation
- Écho ou résonance
- Oiseaux / animaux
- Autre : _____

15. Avez-vous déjà quitté une salle en raison du bruit ou d'un inconfort acoustique ?

- Oui
- Non

16. À quel point le bruit ou l'ambiance sonore nuit à votre concentration ?

- Pas du tout
- Un peu
- Moyennement

- Beaucoup
 Énormément

17. Avez-vous remarqué des différences de qualité sonore entre les étages ?

- Oui (précisez si possible) : _____
 Non
 Je ne sais pas

3. Confort acoustique et attentes

18. Quel est votre niveau de satisfaction global concernant l'ambiance sonore des salles de lecture ?

- Très satisfait(e)
 Plutôt satisfait(e)
 Moyennement satisfait(e)
 Insatisfait(e)
 Très insatisfait(e)

19. Est-ce que le confort sonore influence votre choix de salle ?

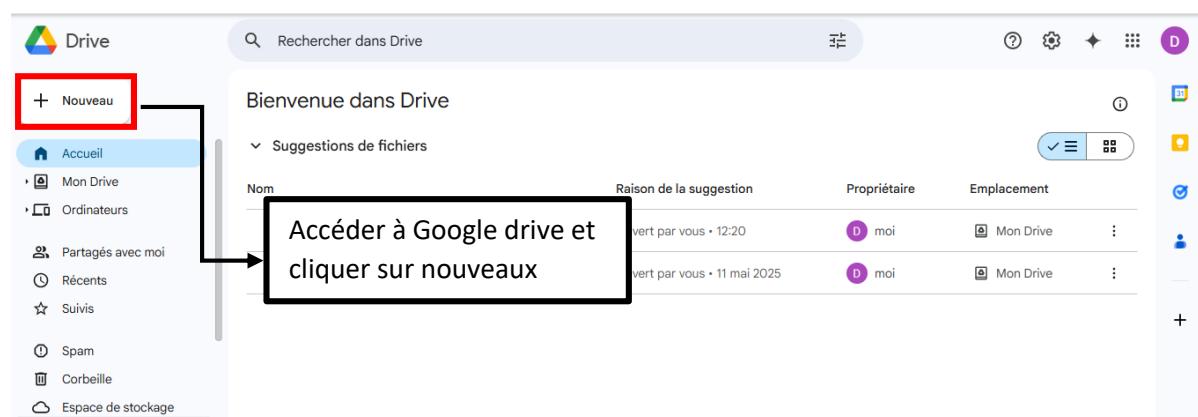
- Oui, toujours
 Parfois
 Non

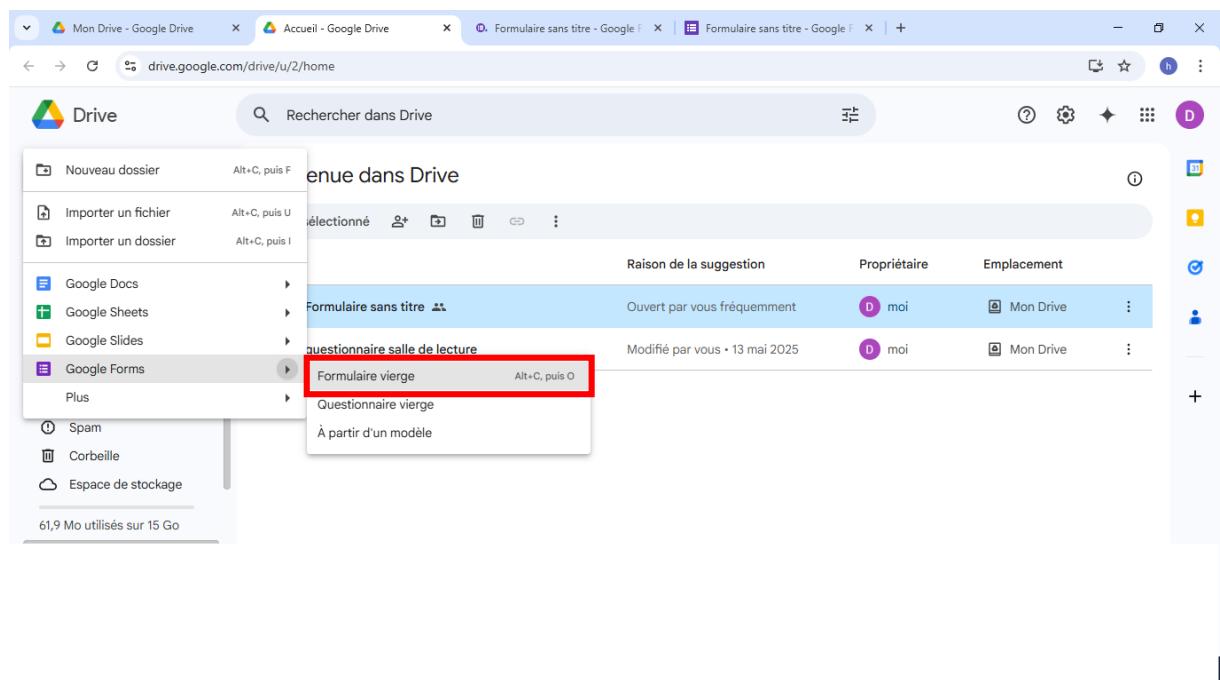
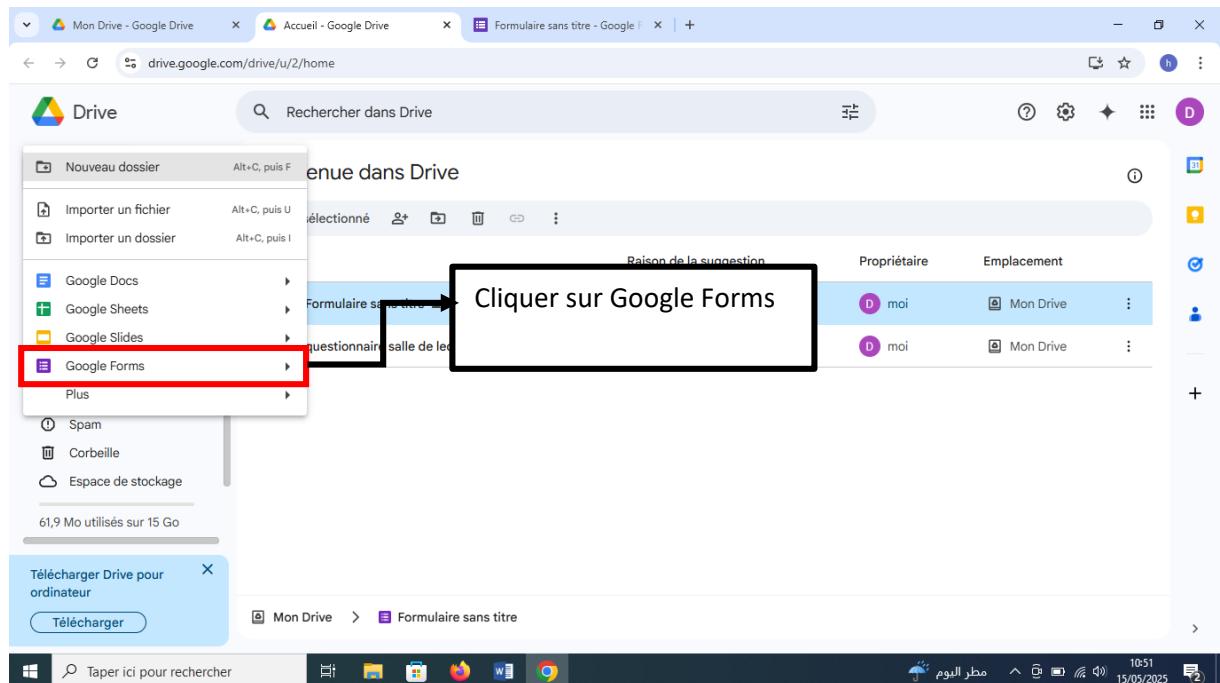
20. Est-ce qu'une amélioration acoustique vous inciterait à rester plus longtemps à la bibliothèque ?

- Oui
 Non
 Peut-être

21. Avez-vous des recommandations ou des remarques pour améliorer le confort acoustique dans les salles de lecture de la bibliothèque ?

Transformation du questionnaire en version numérique :





Formulaire sans titre

Description du formulaire

Introduire la question

Introduire les réponses

Formulaire sans titre

Question sans titre

Choix multiples

Option n° 1

Ajouter une option ou [ajouter "Autre"](#)

Choisir le type de réponses

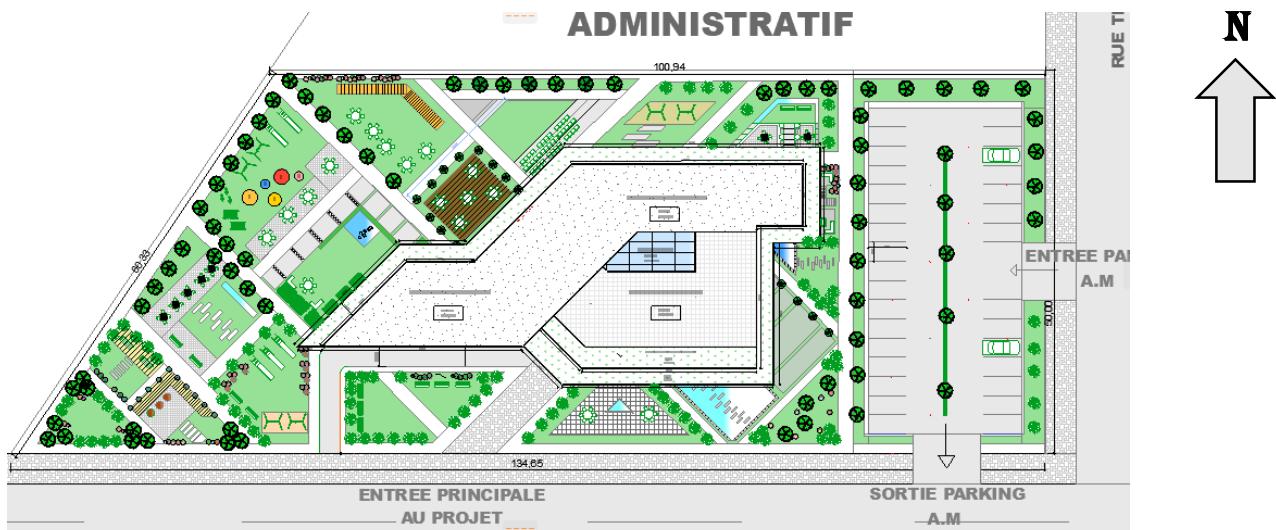
Obligatoire

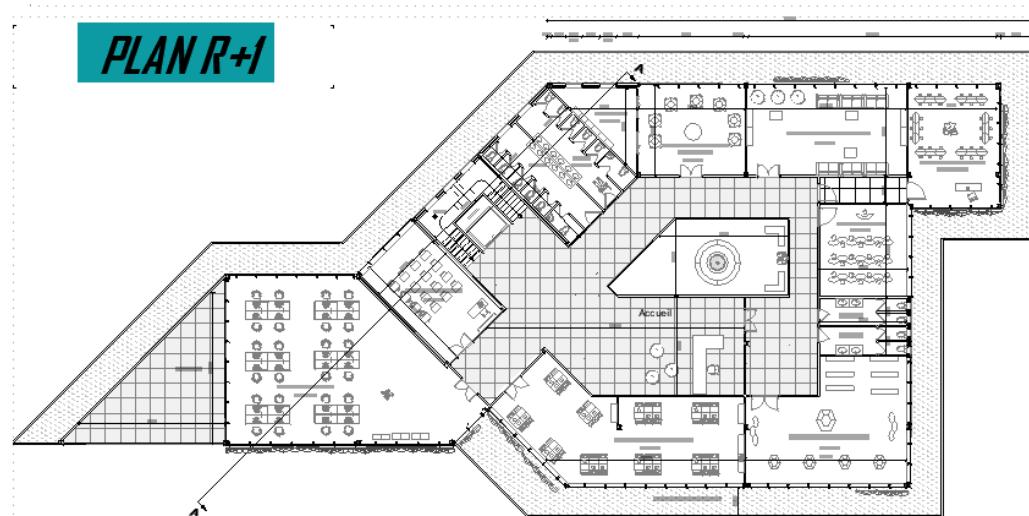
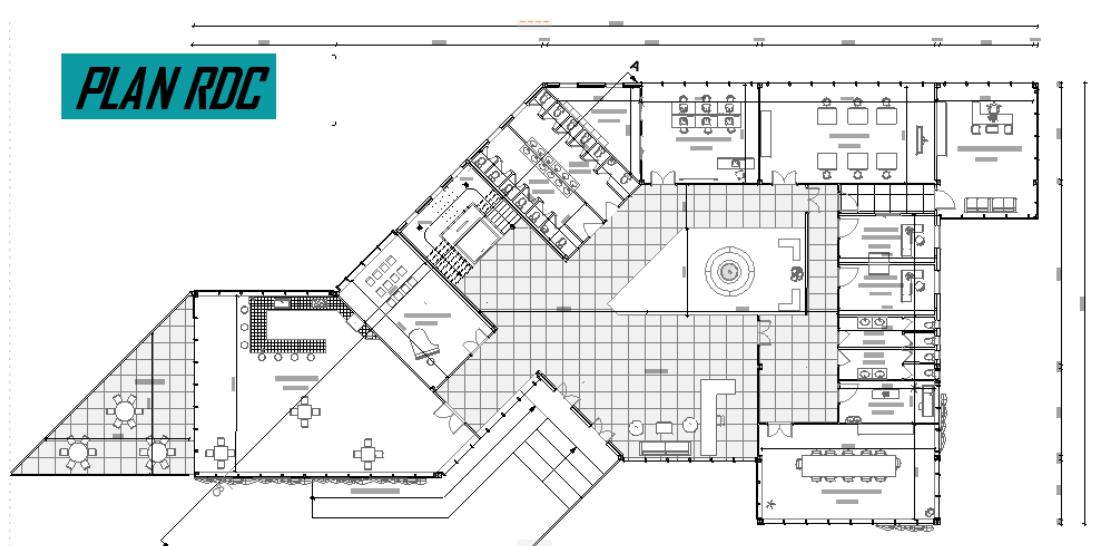
Introduire le titre du questionnaire ainsi qu'une description

Ajouter une nouvelle question

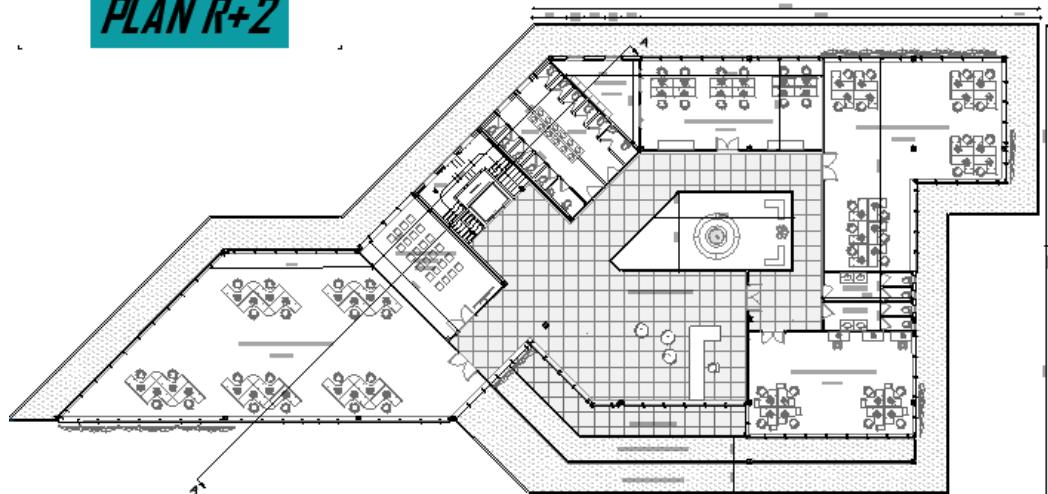
Figure 107: les étapes d'élaboration du questionnaire Google Forms (Source : auteur,2025)

Le dossier graphique du projet



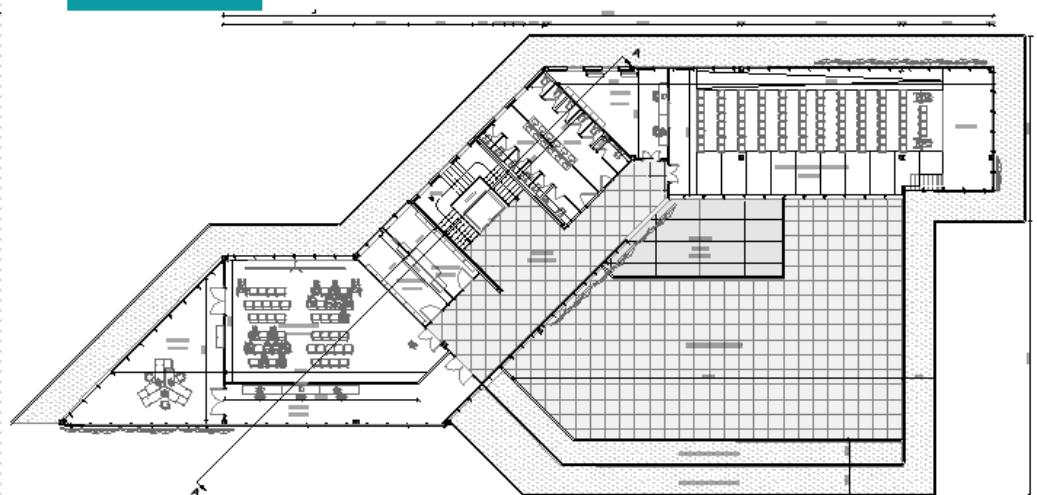


PLAN R+2

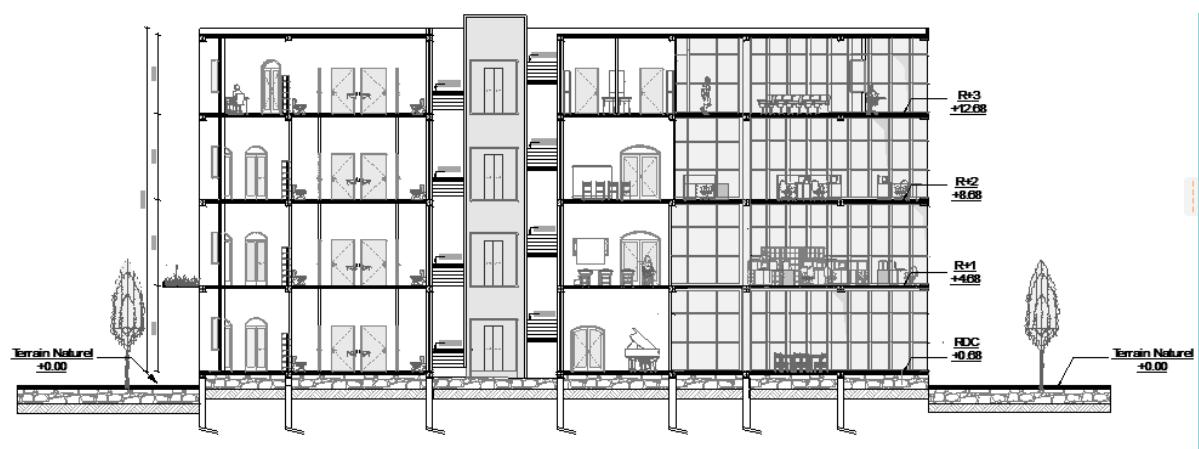


N

PLAN R+3

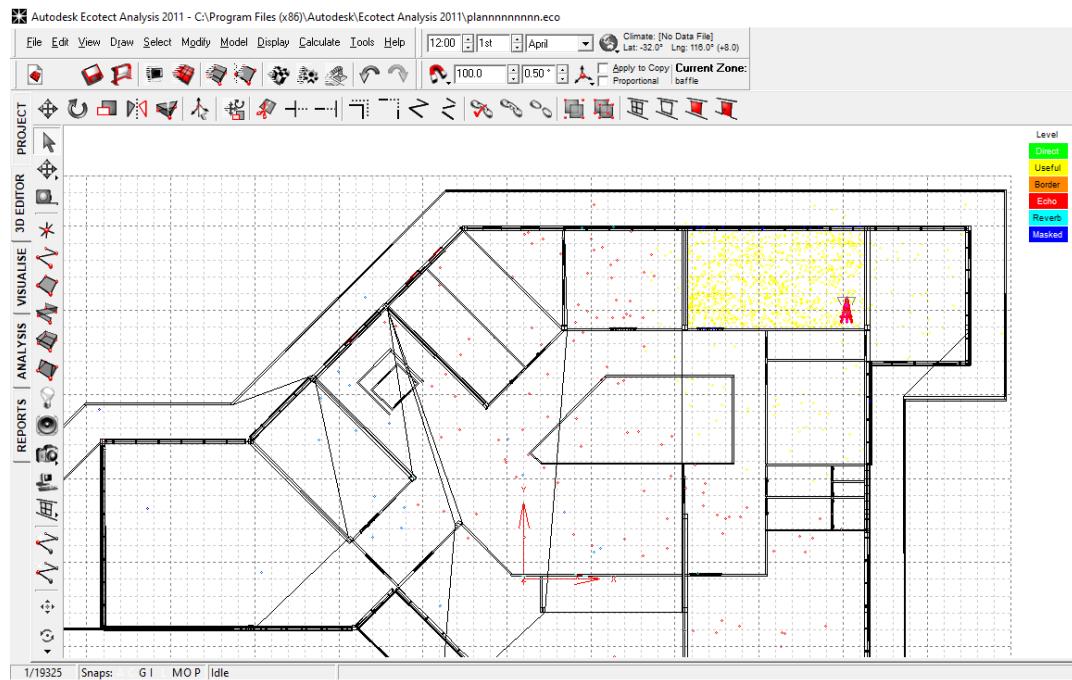
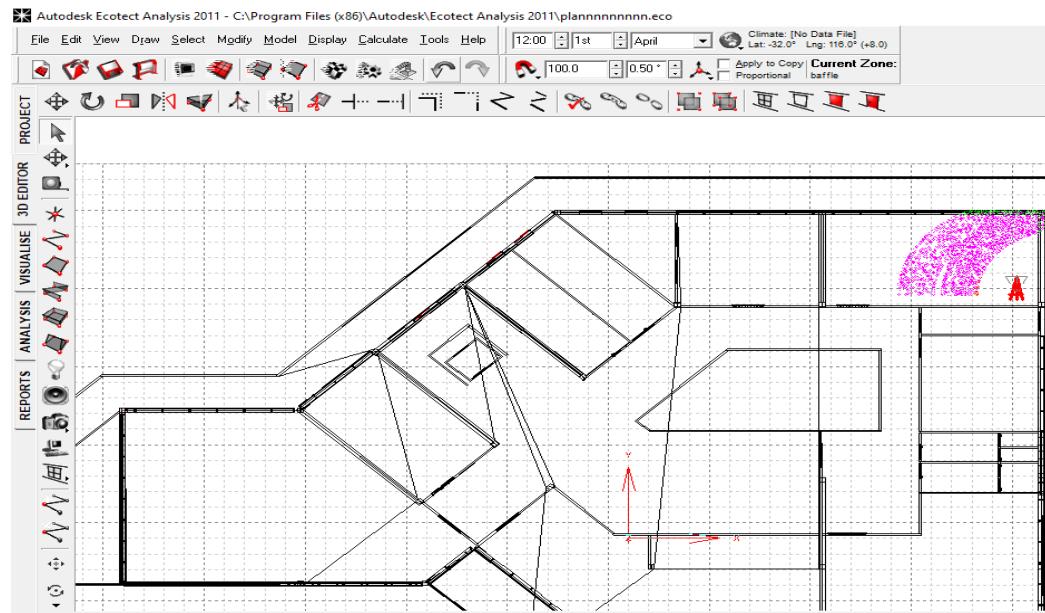


N



Simulation d'une salle de lecture du projet

Une salle de lecture du projet a été choisie et simuler avec le logiciel Ecotect la salle présente des performances acoustiques acceptable dans l'ensemble.



Le dossier graphique de la bibliothèque principale de Béjaïa

<https://drive.google.com/file/d/1jzlyxM3kEEXXU0m8CIGYYfjRRP-kWe0s/view?usp=sharing>