



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE AMAR THELIDJI- LAGHOUAT
FACULTÉ DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

KHORSI HANANE

DOMAINE : Architecture et urbanisme et métiers de la ville

FILIERE : Architecture

OPTION : Architecture et Environnement et Technologie

Intitulé

Evaluation de la performance énergétique dans la phase conceptuelle d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat

Jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. BENCHEIKH AHMIDA	Professeur	Président
Mr. TABAI BRAHIM	M.C. B	Examineur
Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK	M.A. A	Rapporteur
Mr. MOKEDDEM MAHMOUD	M.A. A	Rapporteur
Mlle. TITI MERIEM HAFIDHA	Doctorante	Co- Rapporteur

Promotion : Juin - 2024



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat
FACULTÉ DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE
RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, urbanisme et métiers de la Ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et Environnement et Technologie

Thème : Evaluation de la performance énergétique Dans la phase conceptuelle d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat.

Présenté par :

- **KHORSI HANANE**

Encadré par :

- **Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK**
- **Mr. MOKEDDEM MAHMOUD**
- **Mlle. TITI MERIEM HAFIDHA**

Résumé :

La conception d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat nécessite des précautions appropriées dans le climat chaud et aride de la ville pour garantir le confort des chercheurs.

L'utilisation d'une forme compacte orientée nord/sud et l'application de systèmes passifs tels que le patio végétalisé multifonctionnel pour l'aération et l'éclairage indirect, la végétation verticale, l'inertie thermique, l'ombrage, les plans d'eau extérieurs, les surplombs des façades et les couleurs claires contribuent à un projet durable.

Enfin, une simulation numérique avec le logiciel RHINO a démontré l'impact positif de l'utilisation de briques avec isolation intégrée et de vitrages LOW-E pour améliorer la performance énergétique (une réduction d'environ 29,15%) et optimiser le confort thermique (une amélioration de 38,54% du confort thermique) ainsi que le confort visuel d'un atelier de fabrication des prototypes situé au sud avec des ouvertures orientées au sud.

Mots clés : Laboratoire IA des prothèses bioniques, Laghouat, Climat chaud et aride, Systèmes passifs, Simulation numérique, Confort thermique et visuel, Performance énergétique.



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



AMAR THELIDJI UNIVERSITY – LAGHOUAT
FACULTY: CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
ARCHITECTURE :SECTOR

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Sector: Architecture

Domain: Architecture, town planning and city trades

Specialty: Architecture, environment and technology

Theme: Evaluation of energy performance in the conceptual phase of an AI research laboratory for bionic ortho prosthetics in Laghouat.

Presented by :

- KHORSI HANANE

Supervised by :

- Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK
- Mr. MOKEDDEM MAHMOUD
- Ms. TITI MERIEM HAFIDHA

Abstract :

The design of an AI research laboratory for bionic prostheses in Laghouat requires appropriate precautions in the city's hot and arid climate to ensure researchers' comfort.

The use of a compact north/south-oriented form and the application of passive systems such as a multifunctional vegetated patio for ventilation and indirect lighting, vertical vegetation, thermal inertia, shading, outdoor water features, facade overhangs, and light colors contribute to a sustainable project.

Finally, a numerical simulation using RHINO software demonstrated the positive impact of using integrated insulation bricks and LOW-E glazing to improve energy performance (a reduction of about 29.15%) and optimize thermal comfort (an improvement of 38.54% in thermal comfort) as well as visual comfort in a prototype manufacturing workshop located in the south with south-oriented openings.

Keywords: AI laboratory for bionic prostheses, Laghouat, hot and arid climate, passive systems, numerical simulation, thermal and visual comfort, energy performance.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة عمار ثليجي – الأغواط
كلية الهندسة المدنية والمعمارية
قسم الهندسة المعمارية
ملخص مذكرة الماستر

الميدان: العمارة وتخطيط المدن وتداولات المدينة

الشعبة: هندسة معمارية

التخصص: هندسة المعمارية والبيئة والتكنولوجيا

عنوان المذكرة: تقييم أداء الطاقة في المرحلة التصميمية لمختبر بحث في الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية في الأغواط.

تقديم الطالب:

• خرصي حنان

الأستاذ المؤطر:

• بن الشيخ عبد الرزاق

• مقدم محمود

• تيتي مريم حفيظة

ملخص المذكرة:

يتطلب تصميم مختبر بحث في الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية في ولاية الأغواط اتخاذ عدة احتياطات تتناسب مع التكيف في المناخ الحار والجاف في المدينة وذلك لضمان راحة الباحثين.

يساهم استخدام شكل مدمج موجه شمال/ بالإضافة إلى تطبيق الانظمة الكامنة كالفناء متعدد الوظائف للتهوية والإضاءة غير المباشرة والنباتات العمودية والكتلة الحرارية والظل والمساحات المائية الخارجية والبروزات في الواجهات والألوان الفاتحة الى تحقيق مشروع مستدام.

في الاخير اظهرت المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج RHINO التأثير الإيجابي لاستخدام الطوب مع العزل المدمج والزجاج منخفض الانبعاثات في تحسين الاداء الطاقوي تقليل بحوالي 29.15% وتحسين الراحة الحرارية بنسبة 38.54% وكذلك الراحة البصرية في ورشة تصنيع النماذج الأولية الموجودة في الجنوب بفتحات موجهة نحو الجنوب.

الكلمات المفتاحية: مختبر الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية، الأغواط، المناخ الحار والجاف، الانظمة الكامنة ، المحاكاة الرقمية، الراحة الحرارية والبصرية، الأداء الطاقوي.

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout Puissant qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Un grand merci à ma famille pour leur patience avec moi, leurs soutiens et leurs encouragements. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien.

Un grand merci à mes encadrants Mr. Mokeddem Mahmoud et Mr. Bencheikh Abdelrezzak pour leurs connaissances, leurs accompagnements et pour leurs précieux conseils qui m'ont été d'une aide inouïe. Je tiens aussi à adresser mes remerciements à Mlle Titi Meriem Hafidha pour m'avoir orienté, aidé et conseillé.

Mes remerciements vont également à tous mes enseignants durant les cinq ans de formation, et également aux membres de jury : Mr. Bencheikh Ahmida et Mr. Tabai Brahim, croire en mes remerciements anticipés pour avoir bien voulu accepter d'enrichir et d'évaluer ce travail.

Je tiens enfin à remercier respectivement tous ceux qui ont aidé, soutenu, et encouragé pour la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicace

À l'aide de dieu tout puissant, qui trace le chemin de ma vie. J'ai pu arriver à réaliser ce modeste travail que Je dédie Aux êtres les plus chers.

Je dédie ce modeste travail :

- *À mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation.*
- *À mes chères sœurs : Wafa et Aicha et à mes chers frères : Mohamed, Abdelhafid et Abdelmadjid ; Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être.*
- *À mes encadrants Mr. Mokeddem Mahmoud et Mr. Bencheikh Abderrezzak pour leurs efforts et ces conseils pendant la réalisation de ce travail ;*
- *À toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.*

Khorsi Hanane

**TABLE DES MATIERES :****INTRODUCTION GENERALE**

Introduction :	1
1. Problématique :	2
2. Hypothèse :	2
3. Objectif :	2
4. Méthodologie de travail :	3

CHAPITRE 01 : ÉTUDE THÉMATIQUE

Introduction :	5
I. Volet 01 : Définition des concepts	5
I.1 Définition des concepts liés à l'environnement et l'architecture:	5
1.1. L'environnement :	5
1.2. L'architecture durable :	5
1.3. Les zones arides et les zones semi-aride :	5
1.4. La notion de confort :	7
1.5. Consommation énergétique des bâtiments :	8
1.5.1. Performance énergétique :	8
1.5.2. L'efficacité énergétique :	8
2. Définition liée au thème :	9
2.1. La génie biomédical :	9
2.2. La bionique :	9
2.3. Prothèse Bionique :	9
2.4. Définition de l'Intelligence Artificielle (IA):	10
2.5. Les infrastructure de recherche en génie biomédical :	11
2.5.2. Un laboratoire de recherche en intelligence artificielle (IA) pour les ortho prothèses bioniques :	12
II. Volet 02 : Analyse des exemples	13
II.1. EXEMPLE 01 : Centre de bio-ingénierie de Santiago de Querétaro, Mexique.	13
1.1. Présentation de projet :	13
1.1.1. Fiche de présentation :	13
1.2. Analyse de projet :	13
1.2.1. Situation du Projet :	13
1.2.2. Accessibilité :	14
1.2.3. Plan de masse :	14



1.2.4.	Volumétrie :.....	15
1.2.5.	Les façades :.....	16
1.2.6.	Analyse des plans :.....	16
1.2.7.	L'aspect structurel :.....	18
1.2.8.	Aspect environnemental :.....	19
2.	EXEMPLE 02 : Centre l'avenir de la santé de l'université d'Arizona	19
2.1.	Présentation de projet :	19
2.1.1.	Fiche de présentation :.....	19
2.2.	Analyse de projet :.....	19
2.2.1.	Situation du Projet :.....	19
2.2.2.	Accessibilité :	20
2.2.3.	Plan de masse :	20
2.2.4.	Volumétrie :.....	21
2.2.5.	Les façades :	21
2.2.6.	Analyse des plans :.....	22
2.2.7.	Matériaux et structure :	24
3.	EXEMPLE 03 : Centre Mascaro pour l'innovation durable	25
3.1.	Présentation de projet :	25
3.1.1.	Fiche de présentation du projet :	25
3.2.	Analyse de projet :	25
3.2.1.	Situation du Projet :.....	25
3.2.2.	Accessibilité :	25
3.2.3.	Plan de masse :	26
3.2.4.	Volumétrie :.....	26
3.2.5.	Les façades :	27
3.2.6.	Analyse des plans :	27
3.2.7.	Matériaux et structure :	30
	Synthèse et recommandation :.....	31
	CHAPITRE 02 : ETUDE CONTEXTUELLE	
	Introduction :.....	32
1.	Présentation de la ville de Laghouat :	32
1.1.	Situation géographique :.....	32
1.1.1.	Limites de la ville de Laghouat :	32
1.2.	Situation astronomique :.....	33
1.3.	L'accessibilité :	33



2. Les données climatiques de Laghouat :	33
2.1. Climat de la ville de Laghouat :	33
2.1.1. Le climat lumineux de Laghouat :	33
2.1.2. La température :	34
2.1.3. L'humidité relative :	34
2.1.4. La précipitation :	35
2.1.5. Les vents :	35
2.2. Diagramme psychométrique :	35
3. Dimension urbaine :	36
3.1. Système routier :	36
3.2. Les activités d'enseignement supérieurs et de santé dans la ville :	36
3.3. Critère de choix de site :	37
4. Dimension locale :	37
4.1. Analyse du site :	37
4.1.1. Accessibilité et flux de site :	37
4.1.2. Les composantes de site :	38
4.1.3. Motivation de choix de terrain :	39
4.2. Analyse du terrain d'intervention :	39
4.2.1. Les flux de terrain :	39
4.2.2. Voisinage de terrain :	39
4.3. La forme et dimensions :	40
4.4. Données climatiques (projection des vents et l'ensoleillement du terrain) :	41
Synthèse :	42
CHAPITRE 03 : ETUDE PROGRAMMATIQUE	
Introduction :	43
1. Les objectifs :	43
2. Les entités du projet :	43
3. Programme qualitatif :	44
4. L'organigramme fonctionnel :	59
5. Programme quantitatif proposé :	59
Synthèse :	61
CHAPITRE 04 : ETUDE CONCEPTUEL	
Introduction :	63
1. La genèse du projet :	63
1.1. L'idée d'inspiration :	63



1.2.	Etat de lieu :	63
1.3.	Choix des accès :	64
1.4.	Mode d'Occupation de terrain :	65
1.5.	Zoning :	65
1.6.	Sous Zoning intérieure et extérieure :	66
1.7.	Parcours extérieurs :	67
1.8.	La trame :	68
1.9.	Forme et volume :	68
2.	Plan de masse :	72
2.1.	Conception des espaces extérieur :	74
3.	Description et présentation des plans :	77
4.	Lecture des façades :	87
5.	Les vues 3d :	90
CHAPITRE 05 : ETUDE TECHNIQUE		
Introduction :		92
1.	Système constructif :	92
2.	L'infrastructure :	92
2.1.	Les fondations :	92
3.	La superstructure :	92
3.1.	Le système constructif utilisé :	92
3.2.	Éléments de structure :	93
3.3.	Structure tridimensionnelle :	94
4.	Choix de matériaux de construction :	94
4.1.	La brique avec isolation intégrée :	94
4.1.1.	Les domaines d'application du brique avec isolation intégrée :	95
4.2.	Le vitrage à faible émissivité (Low-E) :	95
5.	Stratégies et techniques passives :	96
5.1.	Façade double peau :	96
5.2.	Patio / atrium :	96
5.3.	La végétation verticale :	97
5.4.	Toiture végétalisée :	98
5.5.	Les claustras :	98
6.	Les stratégies de la production de l'énergie :	98
6.1.	Les panneaux photovoltaïques flexibles :	98
6.2.	Revêtements piézoélectriques :	99



7. Les systèmes de gestion du bâtiment :	99
7.1. Protection contre incendies :	100
Synthèse :	100
CHAPITRE 06 :SIMULATION NUMIRIQUE	
Introduction :	102
1. Problématique :	102
2. Hypothèse :	102
3. Objectif :	102
4. Méthodologie :	103
5. Partie théorique :	103
5.1. Le confort thermique :	103
5.1.1. Indices pour l'évaluation du confort thermique :	104
5.2. Le confort visuel :	104
5.2.1. Les indicateurs de confort visuel :	105
5.3. Solution d'amélioration de performance énergétique :	106
5.4. Les principales propriétés des murs :	106
5.5. Propriétés des vitrages :	107
6. Partie expérimentale :	107
6.1. Présentation du cas d'étude :	107
6.2. Présentation de l'outil de la simulation :	108
6.3. Les paramètres de la simulation :	109
6.4. Présentation des cas de simulation :	110
6.4.1. Le cas de base :	110
6.4.2. Le cas optimisé :	110
6.5. Les résultats de la simulation :	112
6.6. Interprétation des résultats :	114
Synthèse :	115
Conclusion générale :	117

**TABLE DES FIGURES :**

Figure 1 : Structure de la mémoire.....	4
Figure 2 : Schéma d'Impacts environnementaux.....	5
Figure 3 : Illustration de l'architecture durable.....	5
Figure 4: La localisation des zone aride et semi-aride	5
Figure 5: localisation du Climat désertique chaud (aride)	6
Figure 6: schéma représente l'implantation d'un bâtiment.	7
Figure 7: Maison isolée	7
Figure 8: La tour Elithis à Dijon	8
Figure 9: un immeuble de bureaux par Giovanni.....	8
Figure 10: Le Hangar 108, l'hôtel de la métropole de Rouen.....	8
Figure 11: La génie biomédical	9
Figure 12 : illustration d'une Prothèse Bionique	9
Figure 13 : Prothèse de main myoélectrique	10
Figure 14 : prothèses Neuronales	10
Figure 15 : prothèses Hydrauliques.....	10
Figure 16 : illustration de l'IA.....	10
Figure 17 : les infrastructure de recherche	11
Figure 18 : schéma des principaux espaces que l'on trouve dans un laboratoire de recherche	12
Figure 19: Centre de bio-ingénierie	13
Figure 20: Situation du Projet	13
Figure 21: Accessibilité du projet	14
Figure 22: Voisinages et gabarits du projet	14
Figure 23: Les accès du projet.....	14
Figure 24: Mode d'occupation de La parcelle du projet	15
Figure 25: Volumétrie du projet	15
Figure 26: Les façades du projet	16
Figure 27: Les plans du projet.....	16
Figure 28 : plan sous-sol du projet	17
Figure 29: plans RDC du projet	17
Figure 30: plan R+1 du projet	17
Figure 31: plan R+2 du projet	18
Figure 32: plan R+3 du projet	18
Figure 33: les coupes du projet	18
Figure 34: la structure du projet	18
Figure 35: Aspects environnementaux du projet.....	19
Figure 36: centre l'avenir de la santé de l'université d'Arizona	19
Figure 37: Situation du centre	19
Figure 38: Accessibilité du centre	20
Figure 39: les Accès du centre	20
Figure 40: Mode d'occupation de La parcelle du projet	20
Figure 41 : L'Ensoleillement du centre	21
Figure 42: volumétrie du centre	21
Figure 43: La façade est du projet	21
Figure 44: La façade ouest du projet.....	22
Figure 45 : les coupes du projet	22



Figure 46 : le hall d'entrée du projet.....	22
Figure 47: les plans du projet	23
Figure 48 : plan RDC du projet.....	23
Figure 49: plan R+1 du projet	24
Figure 50: plan R+2 du projet	24
Figure 51 : la structure du projet	24
Figure 52: Centre Mascaro	25
Figure 53 : Situation du Projet	25
Figure 54: Accessibilité du centre	25
Figure 55: Voisinages et gabarits du centre.....	26
Figure 56: Les accès du projet.....	26
Figure 57: L'Ensoleillement du projet.....	26
Figure 58 : la volumétrie du projet.....	27
Figure 59 : La façade principale du projet	27
Figure 60 : La façade postérieure du projet.....	27
Figure 61: les coupes du projet	28
Figure 62: les plans du projet	28
Figure 63 : Plan sous-sol du projet.....	28
Figure 64 : plan RDC du projet.....	29
Figure 65 : Plan R+1 du projet.....	29
Figure 66 : Plan R+2 du projet.....	30
Figure 67 : la structure du projet	30
Figure 68 : Carte de situation géographique de la commune de Laghouat	32
Figure 69 : Limites de la ville de Laghouat	32
Figure 70 : L'accessibilité de la ville de Laghouat.....	33
Figure 71 : les zones climatiques de l'Algérie.	33
Figure 72 : le rayonnement de la Laghouat	34
Figure 73 : température de Laghouat	34
Figure 74: L'humidité relative.....	34
Figure 75: Pluviométrie.....	35
Figure 76 : rose des vents.....	35
Figure 77 : vitesse des vents.....	35
Figure 78 : Diagramme psychométrique	36
Figure 79 : les activités d'enseignement supérieurs et de santé dans la ville.....	37
Figure 80 : les flux de site	37
Figure 81 : Le gabarit des composantes de site.....	38
Figure 82: Accessibilité et flux de Terrain	39
Figure 83: façade principale de la faculté de médecine	39
Figure 84 : façade principale du département de vétérinaire	40
Figure 85: façade principale de la faculté du science humaine.....	40
Figure 86: l'espace vert	40
Figure 87 : les vents de terrain	41
Figure 88 : L'ensoleillement de terrain	41
Figure 89 : les entités du projet.....	43
Figure 90 : Hall d'accueil du centre d'innovation biomédicale Arizona	44
Figure 91: Salle de conférence	45
Figure 92: espace d'Exposition.....	45



Figure 93: Salles de classe	46
Figure 94: Salles de repos	47
Figure 95: Caf��teria.....	48
Figure 96: bureaux	49
Figure 97: Salle de réunion	50
Figure 98: Laboratoire de mouvement	51
Figure 99: atelier de fabrication des prothèses au Québec	52
Figure 100 : laboratoire informatique.	53
Figure 101: laboratoire flexible.....	54
Figure 102: Salle des collaborations	55
Figure 103: bureaux de recherche individuel.....	55
Figure 104: Infirmerie	56
Figure 105: Bureau de médecin	57
Figure 106: Vestiair	57
Figure 107: Le Stockage de laboratoire	58
Figure 108: organigramme fonctionnel.....	59
Figure 109 : illustration d'évolution de marcher avec une prothèse bionique.....	63
Figure 110 : les types de voisinage et les flux de terrain.....	63
Figure 111 : Rappel au donnés climatique du terrain.....	64
Figure 112 : Choix des accès.....	64
Figure 113 : mode d'Occupation de terrain.....	65
Figure 114 : Zoning.....	65
Figure 115 : Sous Zoning intérieure et extérieure	66
Figure 116 : Sous Zoning intérieure et extérieure	67
Figure 117 : Les parcours extérieurs	67
Figure 118 : La trame	68
Figure 119 : Le module de base	68
Figure 120 : ��l��ment primaire de création (organisation par le vide : patio)	69
Figure 121 : Positionnement de L'entité commune.....	69
Figure 122 : ��quilibre de la forme	69
Figure 123 : mise en évidence de l'entité de recherche	70
Figure 124: articulation et séparation	70
Figure 125 : Création d'articulation entre les volumes	70
Figure 126 : Identification de l'entrée.....	70
Figure 127 : Soustraction sur le module de la tour	71
Figure 128 : La formalisation de la prothèse.....	71
Figure 129 : ��quilibre de la tour	71
Figure 130 : Plan de masse.....	73
Figure 131 : les types de végétation et les plans d'eaux	75
Figure 132 : L'espace de détente et traitement des parcours.....	76
Figure 133 : L'éclairage extérieur	77
Figure 134 : La circulation verticale et horizontale	78
Figure 135 : les entités	79
Figure 136 : Distribution et organisation intérieures.....	81
Figure 137 : plan RDC	82
Figure 138 : plan R+1	83
Figure 139 : plan R+2.....	84



Figure 140 : plan R+3	85
Figure 141 : plan R+5.....	86
Figure 142 : plan R+4.....	86
Figure 143 : proportions de la façade principale (sud).....	87
Figure 144 : la façade principale (sud).....	87
Figure 145 : proportions de la façade latérale (est)	88
Figure 146 : la façade latérale (est)	88
Figure 147 : Façade postérieure (nord)	89
Figure 148 : Façade latérale (ouest)	89
Figure 149 : Les vues 3d	90
Figure 150 : schéma d'une semelle filantes	92
Figure 151 : schéma d'une semelle isolée.....	92
Figure 152 : schéma d'un système portique (poteau-poutre).....	93
Figure 153 : poteau en béton armé	93
Figure 154 : poutre en béton armé	93
Figure 155 : les éléments principaux d'un plancher à corps creux	93
Figure 156 : les jointes du projet.....	94
Figure 157 : schéma joints de dilatation et de	94
Figure 158 : couvre joint	94
Figure 159 : la Structure tridimensionnelle du tour	94
Figure 160 : brique avec isolation intégrée	95
Figure 161 : le fonctionnement du vitrage à faible émissivité (Low-E)	95
Figure 162 : Façade double peau	96
Figure 163 : le fonctionnement de la façade double peau.....	96
Figure 164 : le Fonctionnement d'un atrium	97
Figure 165 : le Fonctionnement d'un atrium	97
Figure 166 : patio végétalisé multifonctionnel.....	97
Figure 167 : La végétation verticale.....	97
Figure 168 : Coupe de principe d'une toiture végétalisée	98
Figure 169 : Toiture végétalisée	98
Figure 170 : claustra.....	98
Figure 171 : Les panneaux photovoltaïques flexibles	98
Figure 172 : Revêtements piézoélectriques.....	99
Figure 173 : Les systèmes de gestion du bâtiment.....	99
Figure 174 : Systèmes de détection incendie intelligents (SDI)	100
Figure 175 : Systèmes d'extinction automatique intelligents	100
Figure 176 : Méthodologie de la simulation	103
Figure 177 : les paramètres du confort thermique.....	103
Figure 178 : Indices PMV et PPD avec la zone du confort	104
Figure 179 : les paramètres du confort visuel	105
Figure 180 : flux thermique.....	107
Figure 181 : le cas d'étude	108
Figure 182 : le flux de la simulation avec RHINO	109
Figure 183 : brique avec isolant intégré (laine de roche).....	110
Figure 184 : Vitrage Low E	111
Figure 185 : corps creux avec isolant intégré	111
Figure 186 : Intégration des matériaux cas optimisé du sur GrassHopper.....	111



Figure 187 : Les vue 3D de projet.....	122
Figure 188 : Les vue 3D de projet	122
Figure 189 : L'orientation des panneaux solaires.....	124

Liste des tableaux :

Tableau 1: un tableau comparatif de les caractéristiques des zones arides et semi-arides	6
Tableau 2: Les types des bâtiments à Performance énergétique.	8
Tableau 3 : Types de prothèses bionique	10
Tableau 4 : les recommandations d'après les exemples.....	31
Tableau 5 : les composantes de site.....	38
Tableau 6 : les recommandations contextuelles	42
Tableau 7 : tableau qualitatif	58
Tableau 8 : tableau quantitatif	61
Tableau 9 : tableau de végétation	74
Tableau 10 : Les valeurs de l'indice PMV	104
Tableau 11 : les caractéristiques de les murs extérieurs	110
Tableau 12 : les caractéristiques de les murs intérieurs.....	110
Tableau 13 : les caractéristiques de toiture et dalle	110



INTRODUCTION GENERALE

Introduction :

Dans un contexte évolutif où la recherche scientifique et technologique doit sans cesse innover, les infrastructures de recherche jouent un rôle crucial dans le développement global des nations. Elles sont des leviers essentiels pour orienter les pays vers un avenir durable et technologiquement avancé. En parallèle, dans le domaine architectural, l'optimisation des performances énergétiques et la prise en compte de l'environnement sont devenues des impératifs majeurs. Les constructions modernes intègrent des éléments tels que les façades double-peaux, les systèmes de production d'énergie et l'utilisation de matériaux durables pour atteindre une optimisation en matière d'efficacité énergétique. Ces avancées contribuent non seulement à réduire l'empreinte carbone des bâtiments, mais aussi à créer des espaces de travail durables et respectueux de l'environnement.

L'intelligence artificielle (IA) représente une révolution technologique majeure, transformant divers secteurs grâce à ses capacités d'analyse, de prédiction et d'automatisation. En Algérie, parmi les 1801 laboratoires existants, rares sont ceux qui explorent les synergies entre l'IA et les prothèses bioniques. Actuellement, seulement 14 laboratoires se consacrent à la recherche sur les prothèses, et parmi eux, l'application de l'IA reste encore très limitée.

Cette lacune dans l'intégration de l'IA pour la conception et le développement des prothèses bioniques représente une opportunité significative pour l'avancement de la recherche en Algérie. Avec l'importance croissante de l'IA dans divers domaines, son application dans les prothèses pourrait non seulement améliorer leurs fonctionnalités, mais aussi offrir de nouvelles perspectives pour la personnalisation et l'optimisation des solutions prothétiques.

La région de Laghouat qui dispose d'une variété d'infrastructure de santé et de recherche (faculté de médecine, CHU), la proposition de créer une infrastructure de recherche dédiée aux prothèses bioniques intégrant activement l'IA, pourrait non seulement combler le vide actuel dans la recherche sur les prothèses en Algérie, mais il pourrait aussi servir de catalyseur pour l'émergence de nouvelles compétences et connaissances dans le domaine de l'IA appliquée aux prothèses bioniques. Cette approche innovante pourrait positionner l'Algérie comme un acteur de premier plan dans la convergence prometteuse de l'IA, de la recherche sur les prothèses, et de l'architecture durable. En outre, chaque année à Laghouat, 60 à 70 cas nécessitent des ortho prothèses en raison de maladies (diabète, tumeurs, accident de circulation) ou de conditions congénitales, soulignant le besoin pressant de solutions avancées dans ce domaine.

La conception dans un climat chaud et aride tel que celui de Laghouat pose des défis uniques. Il est crucial de minimiser la consommation d'énergie tout en assurant des conditions de travail confortables. L'utilisation des stratégies de construction adaptées, comme l'optimisation de l'orientation des bâtiments et l'intégration de systèmes de protection solaire et de ventilation naturelle, peut constituer une solution environnementale efficace. De plus, l'incorporation de matériaux durables contribue à une construction plus écologique.

1. Problématique :

Dans un contexte où les avancées technologiques et la durabilité environnementale sont primordiales, il devient essentiel de concevoir des infrastructures de recherche qui non seulement répondent aux besoins scientifiques, mais qui sont également exemplaires en matière de performance énergétique et de respect de l'environnement. La ville de Laghouat, en Algérie, se prête particulièrement bien à une telle initiative, avec un projet ambitieux : la création d'un laboratoire de recherche en (IA) dédié aux prothèses bioniques. Cependant, plusieurs questions se posent quant à la conception architecturale optimale de ce laboratoire pour maximiser son efficacité et son impact.

La problématique de ce mémoire se concentre sur les défis architecturaux rencontrés dans la conception d'un laboratoire de recherche en IA pour les prothèses bioniques à Laghouat, en tenant compte du climat chaud et aride de la région. Les questions clés que ce mémoire cherche à répondre sont :

- **Quelle stratégie architecturale peut être mise en œuvre pour intégrer des éléments durables et respectueux de l'environnement dans la conception du laboratoire ?**
- **Comment concevoir un laboratoire adapté au climat chaud et aride de Laghouat, tout en optimisant la performance énergétique et assurant confort et durabilité ?**

2. Hypothèse :

Nous partons de l'hypothèse que la mise en place d'un laboratoire de recherche en IA pour les orthoprothèses bioniques peut être conçue de manière à minimiser son empreinte écologique tout en maximisant la performance énergétique. Nous formulons les hypothèses suivantes :

- L'adoption de la trame comme élément de composition géométrique devrait répondre aux préoccupations architecturales spécifiques du contexte et du thème.
- L'orientation, la compacité, le patio/atrium, l'inertie, l'ombrage, la végétation verticale, les plans d'eau extérieurs et les surplombs des façades sont autant d'éléments utilisés comme stratégies passives afin d'assurer une performance énergétique optimale.

3. Objectif :

L'objectif de ce mémoire est de proposer des solutions architecturales novatrices pour la création d'un laboratoire de recherche en IA pour les prothèses bioniques à Laghouat, en mettant l'accent sur les défis spécifiques posés par le climat de la région. Ce plan comprendra :

- Analyse des contraintes climatiques : Évaluer les particularités du climat chaud et aride de Laghouat et leur impact sur la conception architecturale du laboratoire.
- Développement de stratégies architecturales durables : Proposer des solutions architecturales innovantes pour maximiser la performance énergétique et la durabilité environnementale du laboratoire.
- Conception d'un espace de travail ergonomique : Concevoir un environnement de travail confortable et fonctionnel pour les chercheurs, tout en intégrant des éléments de conception durables et respectueux de l'environnement.



- Validation des solutions proposées : Tester et évaluer les solutions architecturales proposées en termes de performance énergétique, confort des utilisateurs et durabilité environnementale.

4. Méthodologie de travail :

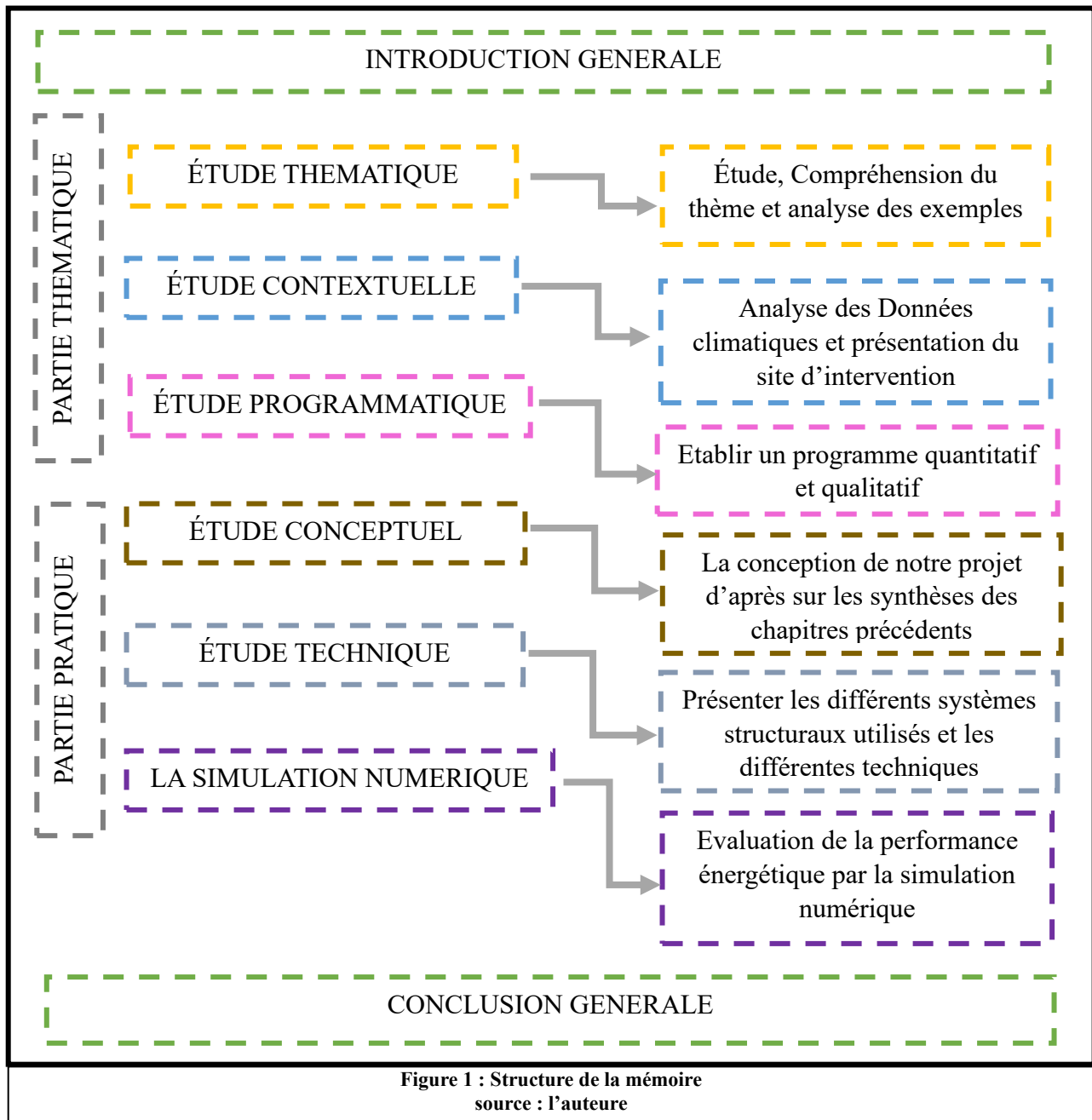
Pour répondre aux objectifs, ce mémoire est structuré en trois parties :

- La première étape consiste à aborder l'aspect théorique du sujet. Cela inclut une recherche bibliographique approfondie sur les concepts liés au projet, ainsi qu'une analyse des exemples similaires et du contexte environnemental pour comprendre les éléments influant sur le site d'intervention. Une fois cette phase achevée, elle permettra d'établir le programme d'un laboratoire et de formuler une série de principes et recommandations de conception architecturale appropriées.
- La deuxième étape se concentre sur le processus de conception architecturale, en se basant sur les principes et normes définis dans la première partie. Cette étape implique la traduction des idées théoriques en solutions architecturales concrètes et réalisables.
- Enfin, la troisième étape consiste en une évaluation numérique par simulation à l'aide du logiciel RHINO. L'objectif de cette évaluation est de vérifier les conditions de confort et de performance énergétique dans les laboratoires, en tenant compte des paramètres définis lors des étapes précédentes de recherche et de conception.

5. La structure du mémoire :

La structure générale du mémoire est :

- Introduction générale : c'est la première étape où on va fixer notre problématique, hypothèses et objectives.
- Étude thématique : dans laquelle on va clarifier et définir les concepts qui ont une relation soit avec notre thème ou le développement durable, et nous allons prendre des exemples des projets qui sont similaires aux fonctionnements et au climat cela afin d'élaborer un programme quantitatif et qualitatif.
- Étude contextuelle : on va analyser les conditions climatiques et une analyse de site.
- Étude programmatique : établir un programme quantitatif et qualitatif.
- Étude conceptuelle : c'est la phase de conception du projet et les approches et les idées utilisées pour arriver à la conceptualisation du projet.
- Étude technique : on va parler de les différentes techniques pour assurer le confort tel que les systèmes constructifs.
- La simulation numérique : dans laquelle on va renforcer le niveau de confort et améliorer la performance énergétique avec le logiciel de simulation « logiciel RHINO » avec la simulation de l'impact de quelques solutions architecturales et techniques sur les différents types de confort.
- Conclusion générale : conclure notre travail





PARTIE I :

CHAPITRE 01 :



ÉTUDE THÉMATIQUE

Introduction :

Ce premier chapitre constitue une étude thématique approfondie qui offre une source essentielle d'inspiration et de compréhension pour un laboratoire de recherche en intelligence artificiel (IA) pour les prothèses bioniques. Il se divise en deux volets : le premier explore les concepts de durabilité architecturale ainsi que les laboratoires et les prothèses bioniques, tandis que le second volet se consacre à l'analyse des trois exemples choisis en lien avec le projet. Cette analyse permet de découvrir les principes de conception de ce genre d'infrastructure.

I. Volet 01 : Définition des concepts

I.1 Définition des concepts liés à l'environnement et l'architecture:

1.1. L'environnement :

- Ensemble des éléments objectifs et subjectifs (Le cadre de vie) et Ensemble des données naturelles et artificielles (Le paysage).¹

-L'impact environnemental de l'architecture englobe l'ensemble des ressources humaines et matérielles mobilisées pour la conception, la construction, et le maintien d'une œuvre durant sa durée de vie.²



Figure 2 : Schéma d'Impacts environnementaux
Source : <https://batiadvisor.fr>

1.2. L'architecture durable :

Est une approche de la conception architecturale qui vise à Construire pour durer avec les ressources disponibles et renouvelables, en mettant l'accent sur l'efficacité énergétique, le confort des occupants, la considération du climat local et à minimiser l'impact environnemental, sans léser les générations futures.³



Figure 3 : Illustration de l'architecture durable
Source : <https://fr.vecteezy.com>

1.3. Les zones arides et les zones semi-aride :⁴

Les zones arides et semi-arides sont des régions caractérisées par des niveaux de précipitations relativement bas. Les conditions climatiques y sont souvent inhospitalières, avec des températures extrêmes et des ressources en eau limitées. Avant d'explorer les différences spécifiques entre ces deux types de zones,

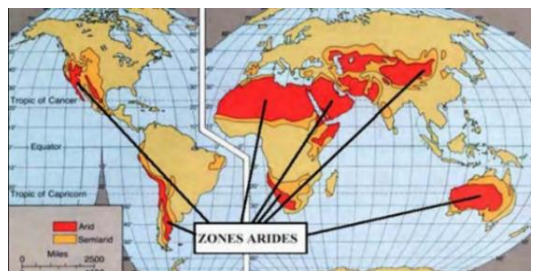


Figure 4: La localisation des zone aride et semi-aride
Source : <https://fr.vecteezy.com>

¹ Olivier Lehmann, L'architecture comme expérience écologique de l'être au monde : le lieu du lien, 2012

² <https://demarchesterritorialesdedveloppementdurable.org>

³ Alison Kwok et Walter Grondzik, 2007, The Green Studio Handbook : Environmental strategies for schematic design, Page 15

⁴ Khadraoui Mohamed Amine, Thèse de doctorat, 2019 « étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et efficacité énergétique cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride », université de Biskra

examinons de manière concise leurs caractéristiques distinctives dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	Les zones arides	Les zones semi-arides
Précipitations	Faibles, souvent inférieures à 150 mm par an	Modérées, généralement entre 150 et 250 mm par an
Végétation	Adaptée à la sécheresse, souvent désertique	Herbacée à arbustive, certaines zones peuvent avoir une végétation éparse
Températures	Extrêmes, chaudes pendant la journée, froides la nuit	Variées, chaudes en été, froides en hiver, fluctuations diurnes importantes
Humidité atmosphérique	Faible, tendance à la sécheresse	Variable, avec des périodes sèches et humides
Types de déserts	Déserts chauds (ex : Sahara) Déserts froids (ex : Gobi),	Déserts côtiers (ex : Atacama)
Adaptations des plantes	Adaptations xérophytiques, succulentes fréquentes Adaptations	Xérophytiques, certaines plantes résistantes à la sécheresse
Risques liés à la désertification	Élevés, risque de dégradation des sols accentué	Modérés à élevés, gestion durable nécessaire

Tableau 1: un tableau comparatif résumant les caractéristiques des zones arides et semi-arides

Source : Khadraoui Mohamed Amine, Thèse de doctorat, 2019 « étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et efficacité énergétique cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride », université de Biskra

1.3.1. climat désertique chaud (aride) : ⁵

Défini par les températures maximales élevées, une sécheresse permanente qui dure toute l'année, une faible humidité, des sols arides et une végétation rare, caractérisé par :

- Les précipitations sont rare et très irrégulières (inférieure à 150 mm/an);
- l'évaporation annuelle est supérieure aux les précipitations annuelle ;
- La faible humidité relative (4 % à 20 %), couplée à l'absence de nuages ;
- Le rayonnement solaire direct est très intense et peut atteindre 800 W/m² sur une surface horizontale ;

- l'été est très chaud (jusqu'à 50 °C le jour), et l'hiver doux; et les vents sont chauds et sont fréquemment accompagnés de tourbillons de sable et de poussière.



Figure 5: localisation du Climat désertique chaud (aride)
Source : <https://boowiki.info>

⁵ Khadraoui Mohamed Amine, Thèse de doctorat, 2019 « étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et efficacité énergétique cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride », université de Biskra

1.3.2. Principe de conception dans un climat aride chaud : ⁶

A) Implantation et orientation :

- L'exploitation des potentiels naturelle de site : Reliefs/végétation (protection des vents).
- Les espaces active vers le Sud et l'Est pour capter le soleil de jour.
- Les espaces non active vers le nord et l'Ouest.

B) Forme, plan et organisation intérieure :

- La surface totale exposée à l'extérieur est un facteur de déperdition d'énergie, il faudra donc privilégier une forme Plus compacte qui augmente le rapport entre le volume des espaces intérieurs et la surface exposée aux intempéries et limite donc les pertes calorifiques.

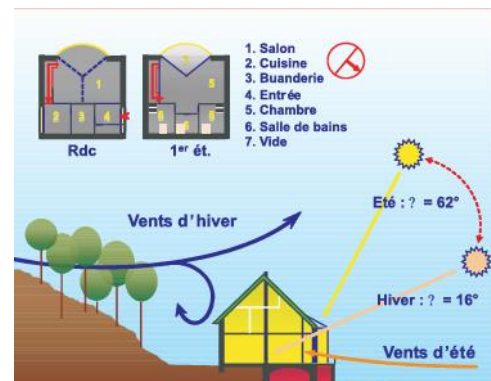


Figure 6: schéma représente l'implantation d'un bâtiment.
Source : Traité d'Architecture & d'Urbanisme bioclimatique Alain Liébard. A et harde 2015

- Utilisation de patio, atrium, cour, pergolas et auvents pour créer un microclimat.

C) Matériaux et enveloppe thermique :

- Matériaux de grande inertie thermique.
- Utiliser des isolations.
- Utiliser des dispositifs comme la façade ventilée.
- Prévoir des vitrages isolants (par exemple double vitrage), qu'il faut protéger par des volets, des stores et des casquettes, tout en privilégiant l'éclairage naturel des espaces.



Figure 7: Maison isolée
Source : Traité d'Architecture & d'Urbanisme bioclimatique Alain Liébard. A et harde 2015

1.4. La notion de confort : ⁷

- Le confort est une notion étroitement liée à la sensation de bien-être, La notion de confort est plus vaste et ne peut être restreinte uniquement aux conditions physiques, incluant le confort hygrothermique (température, humidité), sonore, visuel, ainsi que respiratoire et olfactif.
- En architecture, on peut agir sur le confort physiologique (sensoriel) et psychologique (esthétique et social).

Le confort physiologique est étroitement lié aux exigences thermiques, de lumière (éclairage), sonore et olfactive, tandis que Le confort psychologique peut être réparti en deux genres : visuel (perception de l'espace, contact avec l'extérieur, visibilité) et non-visuel (déroulement des activités, intimité, privacité) .

⁶ Semahi Samir, La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie : Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides , 2013, Journal of Renewable Energies

⁷ Mr MAZARI Mohammed, mémoire de magister, 2012 « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) », Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

1.5. Consommation énergétique des bâtiments :⁸

Total d'énergie utilisé par un bâtiment pour répondre à ses besoins (chauffage, climatisation, éclairage, appareils), s'exprime en (en kWh/h) .

1.5.1. Performance énergétique :

Efficacité avec laquelle un bâtiment utilise l'énergie pour assurer confort et services, elle se concentre sur la mesure des économies d'énergie ou des coûts réduits et est liée à l'efficacité énergétique globale d'un bâtiment (en %, kWh/m²) .

1.5.2. L'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique veut dire réduire à la source la consommation d'énergie nécessaire pour un même service sans diminuer le confort des occupants, autrement dit la meilleure utilisation de l'énergie pour une qualité de vie constante, s'exprime en (kWh/m²/an).

1.5.3. Les types des bâtiments à Performance énergétique :

Suivant leurs niveaux de performances énergétiques, les bâtiments sont classés en trois familles:⁹

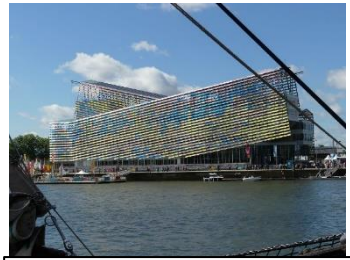
Type	Bâtiments performants	Bâtiments très performants	Bâtiments zéro énergie ou à énergie positive
Définition	bâtiments basse énergie, se caractérisent principalement par une conception architecturale bioclimatique Conçus en tenant compte du climat local pour optimiser la performance énergétique en utilisant des solutions architecturales adaptées à l'environnement. Consomment entre 50 et 100 kWh/m ² /an.	Conçus pour tirer parti des éléments naturels tels que l'orientation solaire, l'isolation thermique, et la ventilation naturelle pour réduire la consommation énergétique consomment entre 20 et 50 kWh/m ² /an.	un bâtiment qui produit autant ou plus d'énergie qu'il n'en consomme, généralement en s'appuyant sur des solutions d'efficacité énergétique avancées et l'intégration de sources d'énergie renouvelable. Consomment inférieure à 15 kWh/m ² /an voire parfois une production excédentaire.
Exemple	 Figure 8: La tour Elithis à Dijon source : http://www.flickr.com	 Figure 9: un immeuble de bureaux par Giovanni source : https://conseils.xpair.com/	 Figure 10: Le Hangar 108, l'hôtel de la métropole de Rouen / source : https://www.demainlaville.com/

Tableau 2: Les types des bâtiments à Performance énergétique
Source : Fadi Chlela .Thèse de doctorat , 2008: Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Université de La Rochelle.

⁸ soiSalomon,S et Bedel, S .La maison des méga watts, Le guide malin de l'énergie chez. Terre vivante.2004

⁹ Fadi Chlela .Thèse de doctorat , 2008: Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie.. Université de La Rochelle.



2. Définition liée au thème :

2.1. La génie biomédical : ¹⁰

Branche multidisciplinaire de l'ingénierie, le génie biomédical ou bio-ingénierie s'intéresse au fonctionnement du corps humain ainsi qu'à la conception, la fabrication et la maintenance d'appareils de diagnostic ou de traitement des maladies.

Le génie biomédical rassemble de nombreuses spécialités : Instrumentation biomédicale, Imagerie médicale, Biomatériaux et Dispositifs médicaux (prothèse).



Figure 11: La génie biomédical
Source : <https://www.hiclipart.com>

2.2. La bionique :

Adj : Se dit d'un membre ou d'un organe qui a été remplacé ou auquel on a ajouté une composante artificielle pour le restaurer ou en améliorer l'efficacité.¹¹

le mot bionique : est l'association du mot « biologique » et « électronique », c'est une science qui étudie les systèmes biologiques pour développer des systèmes électroniques pouvant répondre à des besoins physiques et moteurs.¹²

2.3. Prothèse Bionique : ¹³

Les prothèses bioniques sont mises en place après l'étude des systèmes biologiques, le but étant de développer des systèmes électroniques qui peuvent répondre à des besoins physiques et moteurs après l'amputation d'un membre.

D'après Renaud Ronsse, coordinateur de Louvain Bionics, un laboratoire spécialisé dans le développement de prothèses bioniques, «Les prothèses bioniques se composent d'équipements électroniques capables de traiter de l'information et de moteurs à même d'échanger de l'énergie mécanique avec l'utilisateur et son environnement».

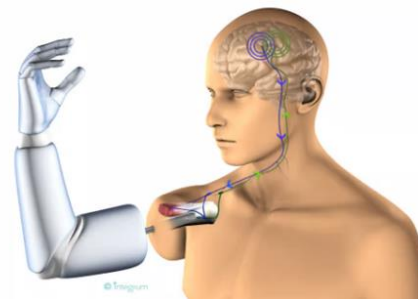


Figure 12 : illustration d'une Prothèse Bionique
Source : <https://telquel.ma>

Ces prothèses deviennent de plus en plus perfectionnées et représentent un véritable enjeu pour le futur ainsi qu'une avancée considérable.

¹⁰ <https://www.polymtl.ca>

¹¹ <https://usito.usherbrooke.ca>

¹² <https://www.afipph.fr>

¹³ <https://www.ossur.com>

2.3.1. Les types de prothèses bioniques : ¹⁴

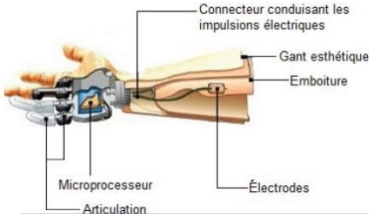
Type	Myoélectriques	Neuronales	Hydrauliques
Définition	Contrôlées par les signaux musculaires émis par les muscles résiduels du patient. Ces prothèses détectent les signaux électriques générés par la contraction musculaire et traduisent ces signaux en mouvements de la prothèse - Aucune intervention chirurgicale n'est nécessaire. - un nombre limité de mouvements comme : l'ouverture, la fermeture et la rotation de la main.	sont des dispositifs contrôlés par des signaux provenant du système nerveux du corps. Elles utilisent des capteurs implantés ou externes pour capter les signaux électriques émis par les nerfs ou le cerveau. - nécessite une intervention chirurgicale - 20 mouvements différents.	- plus esthétique et moins robotique permet le contrôle individuel des doigts. Utilisent des liquides sous pression pour créer des mouvements contrôlés dans la prothèse - ne nécessite pas d'interventions chirurgicales.
Exemple	 Figure 13 : Prothèse de main myoélectrique Source : https://www.upsti.f	 Figure 14 : prothèses Neuronales source : https://www.sciencesetavenir.fr/	 Figure 15 : prothèses Hydrauliques source : https://www.neut.fr/

Tableau 3 : Types de prothèses bionique
source : <https://www.afipph.fr>

2.4. Définition de l'Intelligence Artificielle (IA):

désigne la capacité des ordinateurs à effectuer des tâches qui normalement nécessitent la pensée humaine, elle utilise des algorithmes sophistiqués pour apprendre, résoudre des problèmes et imiter des comportements humains, comme la reconnaissance vocale ou faciale, l'apprentissage à partir de données et la prise de décision autonome.

En trouve L'intelligence artificielle (IA) dans des divers domaines, avec le domaine biomédical émergeant comme un secteur clé. ¹⁵



Figure 16 : illustration de l'IA
Source : <https://www.ashitivaadvocates.com>

¹⁴ <https://www.afipph.fr>

¹⁵ <https://www.coe.int/fr>



En médecine, l'IA est utilisée pour le diagnostic médical, la recherche sur les médicaments, et la fabrication des dispositifs médicaux, démontrant son impact significatif dans l'avancement des soins de santé.

2.5. Les infrastructure de recherche en génie biomédical :

Sont des installations qui regroupe les équipements nécessaires aux études expérimentales et au développement de nouvelles technologies médicales, telles que les laboratoires équipés d'outils d'imagerie médicale avancée et de dispositifs de mesure physiologique. Elles jouent un rôle crucial dans l'avancement des connaissances et la création de solutions innovantes pour améliorer la santé et les soins médicaux.¹⁶

- Les infrastructures de recherche en génie biomédical se déclinent en plusieurs types, comprenant des centres, des unités et des laboratoires de recherche, dans ce mémoire, nous concentrons sur les laboratoires de recherche.
- Pour une université, le choix d'un laboratoire est justifié par sa taille plus restreinte, permettant une gestion agile des ressources et une expertise spécialisée grâce à sa concentration sur un seul axe de recherche. De plus, cette configuration favorise souvent une collaboration étroite entre chercheurs et étudiants, encourageant ainsi l'innovation et la découverte dans un environnement éducatif stimulant.

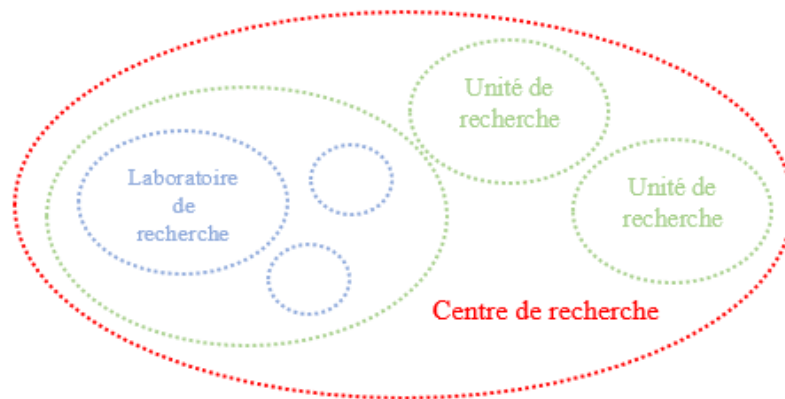


Figure 17 : les infrastructure de recherche
source : l'auteure

2.5.1. laboratoire de recherche :

Structure de base pour conduire et réaliser des activités de recherche scientifique et de développement technologique, Lorsqu'il a un seul axe de recherche, cela signifie qu'il se concentre sur une thématique spécifique, cela permet une expertise approfondie dans ce domaine, favorisant des avancées significatives dans la recherche.¹⁷

Les principaux espaces que l'on trouve dans un laboratoire de recherche :

Espace de Recherche : C'est l'espace principal dédié à la recherche, comprenant des bureaux et des postes de travail pour les chercheurs, ainsi que des équipements spécialisés.

¹⁶ <https://www.polymtl.ca>

¹⁷ <https://www.usj.edu.lb>



Salle de Fabrication : Cette salle est utilisée pour la fabrication de prototypes ou d'équipements nécessaires à la recherche.

Salle de Tests : Cet espace est réservé aux tests expérimentaux et à la validation des résultats de recherche.

Salle de Réunion et Collaboration : C'est un endroit où les chercheurs peuvent se réunir pour discuter de leurs travaux et collaborer sur des projets.

Bureau des Chercheurs : C'est un espace administratif où les chercheurs peuvent effectuer des tâches administratives et planifier leurs activités de recherche.

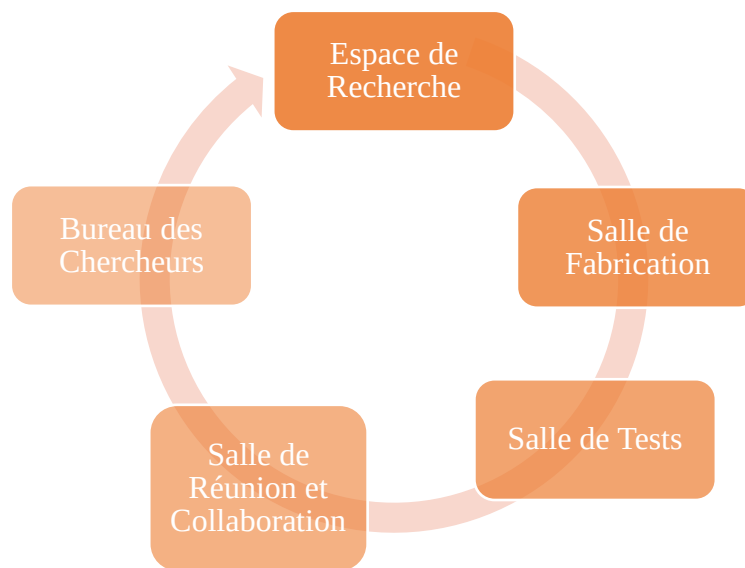


Figure 18 : schéma des principaux espaces que l'on trouve dans un laboratoire de recherche
Source : l'auteur

2.5.2. Un laboratoire de recherche en intelligence artificielle (IA) pour les ortho prothèses bioniques :

2.5.2.1. La définition :

Est une entité spécialisée dans l'exploration et le développement de technologies avancées, ce laboratoire se concentre sur l'intégration d'algorithmes d'IA pour améliorer la fonctionnalité, la réactivité et l'adaptabilité des prothèses bioniques, ouvrant ainsi la voie à des avancées significatives dans le domaine de la médecine et de l'assistance aux personnes ayant des membres amputés.

2.5.2.2. L'aspect de durabilité :

En s'appuyant sur les définitions conceptuelles liées à l'architecture et à l'environnement, la construction d'un laboratoire de recherche en IA pour les prothèses bioniques en tant que bâtiment performant implique l'adoption de nouvelles idées et technologies durables.

L'objectif essentiel est d'assurer le confort tout en réduisant la consommation énergétique, les principes clés incluent l'efficacité énergétique, l'intégration des énergies renouvelables et la considération du contexte local, englobant les aspects climatiques, techniques et pour créer un laboratoire intelligemment conçu et durable.

II. Volet 02 : Analyse des exemples

II.1. EXEMPLE 01 : Centre de bio-ingénierie de Santiago de Querétaro, Mexique.

Critère de Choix :

- Le centre contient des fonctions liées au thème de recherche (les laboratoires de développement des prothèses bioniques).
- Le centre fait partie intégrante de l'Université.
- Utilisation d'intelligence artificielle dans leur recherche.

1.1. Présentation de projet :

1.1.1. Fiche de présentation :¹⁸

- Architecte : Armando Birlain Lopez.
- Année : 2018.
- Localisation : Santiago de Querétaro, Mexique.
- Surface : 6200 m².
- Climat : tempéré méditerranéen avec été sec.

Le Centre de bio-ingénierie , est un bâtiment dédié à la recherche et à l'enseignement des spécialités en Bio-ingénierie.

Quelque axes de recherche du centre :

- le développement et l'application de technologies de haute performance les dispositifs médicaux .
- la bioéconomie circulaire .
- les algorithmes bio-inspirés et l'analyse des données.

1.2. Analyse de projet :

1.2.1. Situation du Projet :

- le centre est situé au niveau de l'université de Technologie de Monterrey au quartier Epigmenio González 500, San Pablo de la ville Santiago de Querétaro, Mexique.



Figure 19: Centre de bio-ingénierie
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 20: Situation du Projet
Source : Google Earth, traité par l'auteure

¹⁸ <https://www.archdaily.com>



1.2.2. Accessibilité :

- Le centre est accessible à travers l'accès de l'université par une voie mécanique secondaire et par une voie mécanique principale qui mène au parking.

-  Le centre de bio-ingénierie
-  Voie mécanique principale
-  Voie mécanique secondaire
-  un parcours piéton
-  accès principale de l'université



Figure 21: Accessibilité du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

1.2.3. Plan de masse :

1.2.3.1. Voisinages et gabarits :

- Le centre est entouré par des départements universitaires, favorisant ainsi la collaboration interdisciplinaire.
- Le centre dépasse son voisinage par 1 niveau (R+3), ce qui le rend remarquable.

-  Zone de stationnement
-  Département de l'ingénierie
-  Département de finance de comptabilité
-  Département de génie électrique
-  axe mécanique principale



Figure 22: Voisinages et gabarits du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

1.2.3.2. Les accès :

- Le centre a plusieurs accès pour assurer une circulation fluide et séparer les flux public et privée (les chercheurs) :

Frontale et postérieure et 2 accès latérale personnel et accès vers le sous-sol, éloigné des autres points d'entrée.

Cette disposition des accès garantit une meilleure organisation et une répartition optimale du flux de personnes.

-  Un accès mécanique
-  Un accès frontale.
-  Un accès postérieure.
-  Un accès par une rampe (accès au niveau sous-sol)
-  Un accès personnel



Figure 23: Les accès du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

1.2.3.3. Implantation de projet :

- Le centre de surface de 6200m² intègre un patio végétalisé et entouré par un parcours piéton et un parking au niveau de la façade principale.

-  Le cadre bâti du centre
-  Le cadre non bâti du centre

1.2.4. Volumétrie :

La volumétrie du projet est composée de 3 forme régulière :

- 2 forme de “ L ” perpendiculaires articulés de gabarit de R+2 et un parallélépipède de gabarit de R+3, connectés autour d'un patio végétalisé.
 - Les deux étages supérieurs reposent sur des pilotés au niveau du RDC, permettant une sensation de flottement et de légèreté du bâtiment.
 - Les lucarnes de toit (les fenêtres zénithales d'orientation Nord-Ouest) ont les avantages :
 - une source de lumière naturelle supplémentaire dans les laboratoires, ce qui peut être bénéfique pour les travaux de précision ou pour la visualisation de détails et favoriser le confort visuel.
 - une meilleure ventilation naturelle dans les laboratoires, en permettant à l'air chaud de s'échapper par le haut et en créant un courant d'air frais et pour l'installation des panneaux solaires.
 - Les laboratoires sont flexibles, ce qui leur permet d'évoluer dans leur utilisation au fil du temps , Les lucarnes offrent une flexibilité supplémentaire en permettant d'ajuster l'éclairage en fonction des besoins changeants de l'espace.
 - Le centre est orienté vers le Nord-Est, 45° par rapport au nord.
 - cette orientation optimise la ventilation naturelle par les vents de printemps et d'été du sud (profité des vents dominants pour le rafraîchissement) .
- tout en minimisant l'exposition aux vents d'hiver de l'ouest pour le centre.

-  les vents de printemps et d'été
-  les vents d'hiver

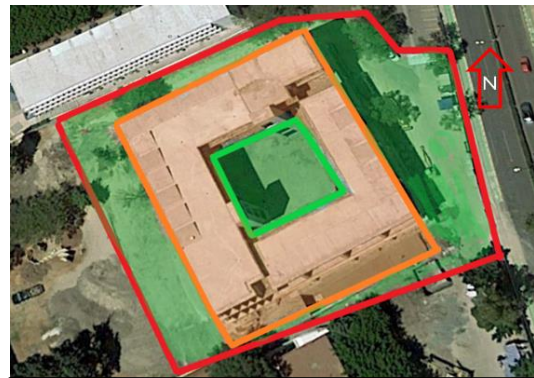


Figure 24: Mode d'occupation de La parcelle du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

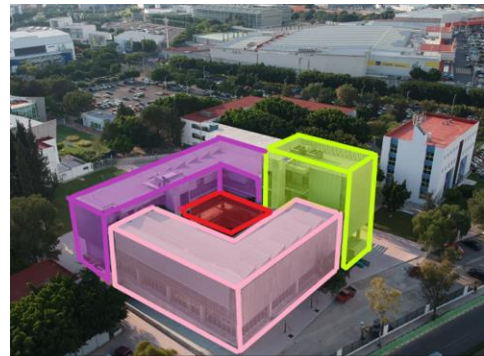


Figure 25: Volumétrie du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur



Figure 26 : Volumétrie du projet (lucarne)
Source : <https://www.archdaily.com>



Figure 27: Les données climatique du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur

1.2.5. Les façades :

Les façades sont complétées par des "ailerons" en aluminium extrudé qui agissent comme des filtres et des diffuseurs de lumière sans permettre le gain de chaleur, favorisant le confort intérieur.

L'enveloppe garantit la lumière naturelle indirecte pour une utilisation confortable dans les laboratoires.

la façade principale Nord-Est :

- l'entrée apparente par les pilotés au niveau du RDC.
- L'étage supérieure donne au centre une identité visuelle forte et à démarquer le bâtiment des autres structures avoisinantes qui ont des gabarits de R+2.
- un module répétitive A qui assure le rythme de la façade .

- la façade Sud-Ouest :

- Le programme est surélevé pour ne laisser que les espaces d'usage commun, permettant la possibilité de voir à travers le bâtiment une séquence de jardins aux nuances d'ombres intenses grâce au programme couvert.
- un module répétitive A qui assure le rythme de la façade.
- Dans la façade sud-est un double vitrage isolant à faible émissivité a été installé qui réduit de 33 % le gain de chaleur tout en permettant le passage de la lumière naturelle.

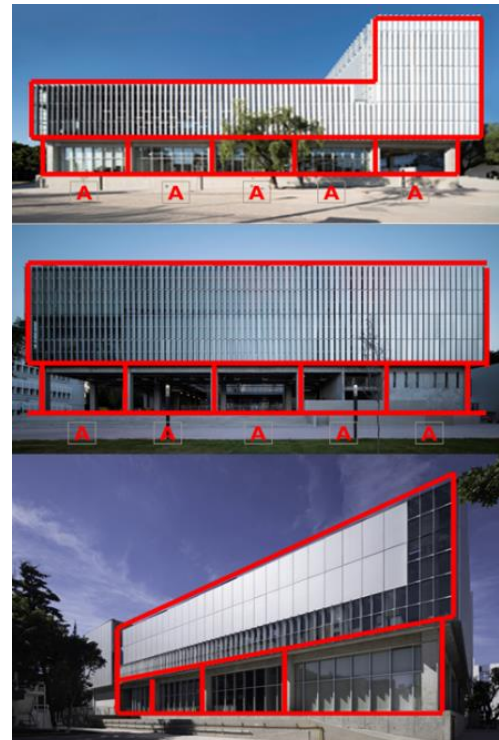


Figure 26: Les façades du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par

1.2.6. Analyse des plans :

- le centre est de R+3 et un sous-sol dont :
 - RDC abrite des espaces commun et public et administration, le sous-sol abrite 2 laboratoires et les locaux , le R+1 et R+2 abritent les laboratoires, et le R+3 une salle de conférence.
- Les espaces sont organisés autour d'un patio végétalisé situé au niveau -02,00.
- Distribution linéaire, par une coursive principale qui mène aux laboratoires.
- La circulation verticale est assurée par les escaliers et les ascenseurs.



Figure 27: Les plans du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur



A) Plan sous-sol :

- abrite :

- Annexe technique
- vestiaires
- Sanitaire
- Local des déchets
- Local technique
- Stockage

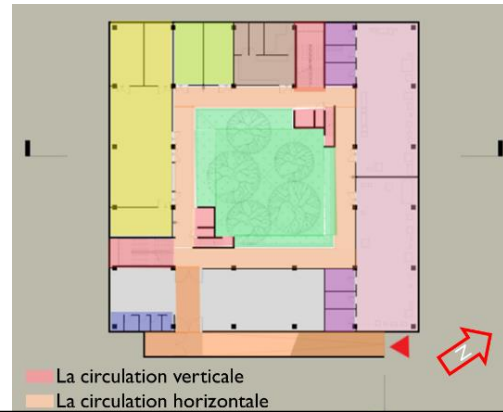


Figure 28 : plan sous-sol du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur

- L'espace de transition qui se trouve dans l'entrée de sous-sol est pour le contrôle d'accès, Cela contribue à garantir la sécurité des laboratoires et à éviter tout accès non autorisé.

B) Plan R.D.C :

Abrite les espaces communes :

- Cafétéria
- salle polyvalente
- Sanitaire
- Local des déchets
- Administration

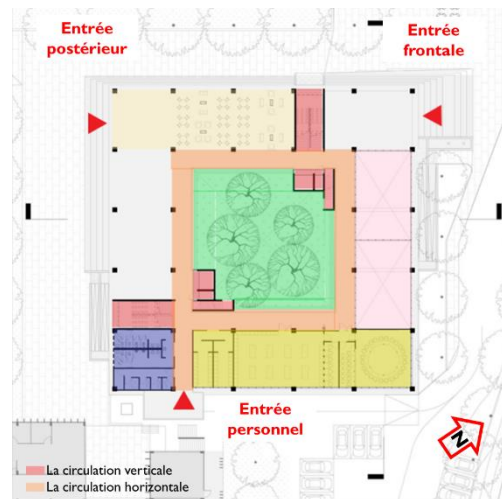


Figure 29: plans RDC du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur

- Le site était le dernier grand jardin de l'université.

Pour cette raison, le centre cherche à assurer une transparence totale au niveau de R.D.C car il est accessible pour tous les étudiants.

C) Plan R+1 :

Ce niveau regroupe principalement :

- les Laboratoires dédiés à l'enseignement et de recherche.
- ils sont juxtaposés et orientés vers tous les directions (selon les exigences de chaque laboratoire).
- ils sont des Laboratoires avec une portée flexible (Une portée flexible est une portée dont l'expression permet au laboratoire une certaine flexibilité et une adaptabilité maximales quant à l'utilisation de son accréditation).

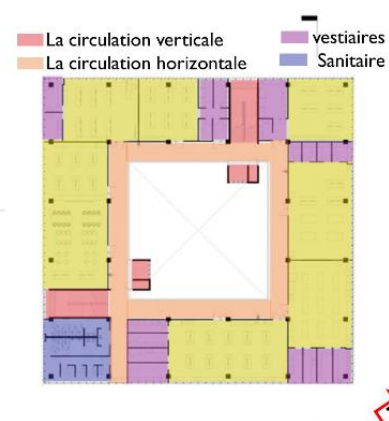


Figure 30: plan R+1 du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur



D) Plan R+2 :

Dans ce niveau on trouve les Laboratoires dédiés à le développement et l'application de technologies de haute performance.

■ Les laboratoires de l'étage R+1 répondent aux exigences du programme avec des doubles hauteurs.

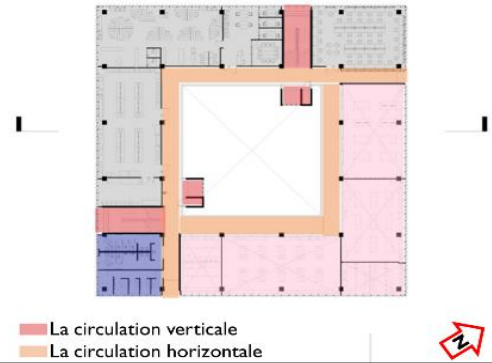


Figure 31: plan R+2 du projet

Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur

E) Plan R+3 :

Abrite seulement une Salle de conférence qui a une relation directe avec l'accès principale de projet par l'assesseur et les escaliers.

- donne une Vue Panoramique sur l'université, isolé des autres parties du centre pour garantir un environnement calme et propice à la concentration.

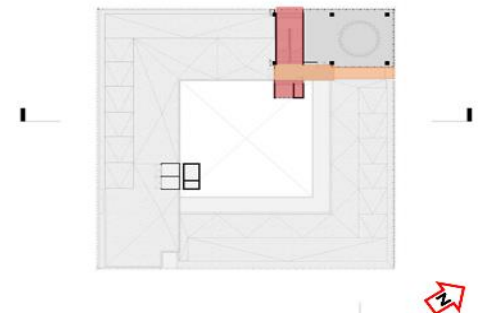


Figure 32: plan R+3 du projet

Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteur

E) Les coupe :

- En coupe, le bâtiment répond aux exigences du programme avec parfois des hauteurs et des moyennes, des doubles hauteurs (selon les exigences de chaque laboratoire) .



Figure 33: les coupes du projet

Source : <https://www.archdaily.com>

1.2.7. L'aspect structurel :

La structure utilisée dans ce projet est une structure poteau-poutre en béton armé pour profiter au maximum de la lumière naturelle pour éclairer les laboratoires avec une dalle pleine et des murs en béton armé à haute résistance au niveau de la circulation verticale.

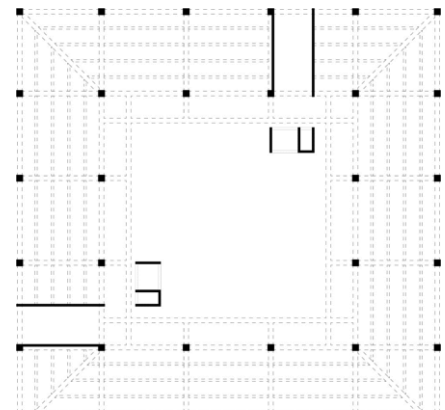


Figure 34: la structure du projet

Source : <https://www.archdaily.com>



1.2.8. Aspect environnemental :

- le patio est une source d'éclairage et de ventilation naturelle.
- le système de panneaux photovoltaïques installé au niveau de toit du centre, peut couvrir 100% de sa demande énergétique.
- Les eaux pluviales sont collectées depuis le toit pour être dirigées vers un système de drainage qui comprend des tuyaux de stockage d'eau sous le patio.

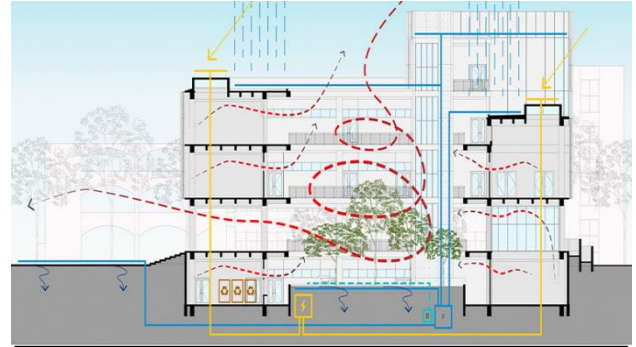


Figure 35: Aspects environnementaux du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

2. EXEMPLE 02 : Centre l'avenir de la santé de l'université d'Arizona

Critère de Choix :

- Le centre est une annexe de l'Université.
- Utilisation d'intelligence artificielle dans leur recherche.
- Les aspects environnementaux du projet (climat aride chaud).

2.1. Présentation de projet :

2.1.1. Fiche de présentation :

- Architecte : CO Architects
- Année : 2020
- Localisation : Phénix, Arizona, États-Unis
- Surface : 13500 m²
- Climat : Aride chaud



Figure 36: centre l'avenir de la santé de l'université d'Arizona
Source : <https://www.archdaily.com>

Un centre pour l'innovation, la recherche, l'éducation et la technologie médicale sur un site nouvellement développé pour la présence biotechnologique naissante de l'université. Il s'agit du premier bâtiment à être construit dans le cadre de la collaboration entre la Mayo Clinique et Université d'Arizona.¹⁹

2.2. Analyse de projet :

2.2.1. Situation du Projet :

- Le centre est implanté à proximité de la Mayo Clinique, dans le périphérique de la ville Phénix, Arizona, États-Unis.



Figure 37: Situation du centre
Source : Google Earth, traité par l'auteure

¹⁹ <https://www.archdaily.com>

2.2.2. Accessibilité :

- Le centre est facilement accessible grâce à une voie principale de MAYO qui le relie directement au reste de la ville.

- Le centre
- Voie mécanique principale de MAYO
- Voie mécanique secondaire

2.2.3. Plan de masse :

2.2.3.1. Les accès :

-Le centre a plusieurs accès afin d'assurer une bonne fluidité et mieux gérer les flux des visiteurs :

- 2 Accès mécanique au niveau de la voie mécanique principale de MAYO
- 3 Entrées piétonnes :

- Entrée principale
- Entrée des visiteurs
- Entrée des personnels



Figure 38: Accessibilité du centre
Source : Google Earth, traité par l'auteur



Figure 39: les Accès du centre
Source : Google Earth, traité par l'auteur

2.2.3.2. Mode d'occupation de La parcelle :

- Le centre de 13500m², implanté au partie postérieur de la parcelle,
- la partie frontale est une zone de stationnement pour faciliter l'accès et le stationnement des véhicules, cela contribue à minimiser la congestion autour du centre et à assurer un flux efficace de véhicules.
- les parcours de franchissement est clairement indiqués et faciles à suivre pour les visiteurs.
- les Parcours mécanique suivent une trajectoire bien définie jusqu'à l'accès principal et l'accès personnel pour assurer une gestion efficace des flux, tout en permettant un accès facile pour la maintenance et l'entretien.

- Le cadre bâti du centre
- zone de stationnement
- Parcours mécanique
- Parcours piétonnes



Figure 40: Mode d'occupation de La parcelle du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

2.2.4. Volumétrie :

- Le centre est orienté vers l'Est :
- cette orientation assure la ventilation naturelle par les vents d'été du sud-est pour réduisant la chaleur à l'intérieur,
- Pendant l'hiver, cette orientation peut limiter les courants d'air froids du nord-ouest, Cela peut contribuer à un meilleur contrôle thermique et à un confort amélioré dans les bâtiments.
- le Center est composé de 4 parallélépipèdes avec des différentes hauteurs, articulé et séparés par une cour d'entrée.

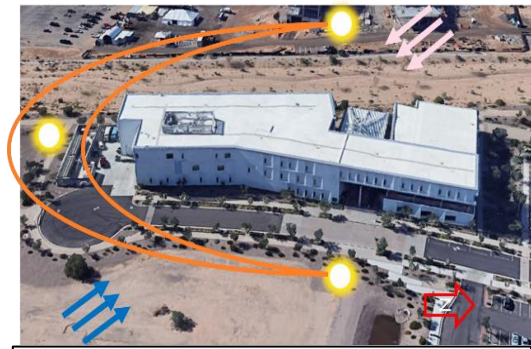


Figure 41 : L'Ensoleillement du centre
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

- Les pilotés au niveau du 2eme étage, permettant une sensation de flottement et de légèreté du bâtiment.

Les vents d'hiver
 les vents d'été



Figure 42: volumétrie du centre
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

2.2.5. Les façades :

- cette conception avant-gardiste intègre des détails épurés et minimaux qui mettent en valeur la réponse climatique du bâtiment à son environnement environnant,
- Le long des façades est et ouest, les fenêtres sont orientées vers le nord, minimisant ainsi l'exposition directe et le gain de chaleur solaire en permettant de capturer la lumière du nord et maximiser le confort. (Stratégie de conception passive).

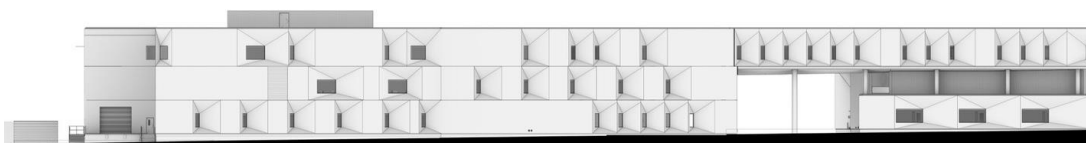


Figure 43: La façade est du projet
Source : <https://www.archdaily.com>



- les géométries angulaires extérieures mettant en valeur l'emplacement des fenêtres créent un rythme visuel trapézoïdal de formes à facettes et d'ombres le long des façades est et ouest.
- une réduction de 35% du gain de chaleur solaire grâce à la conception de la façade à facettes auto-ombrage.
- le revêtement extérieur en stuc écru clair a été conçu pour répondre à la chaleur intense du désert.

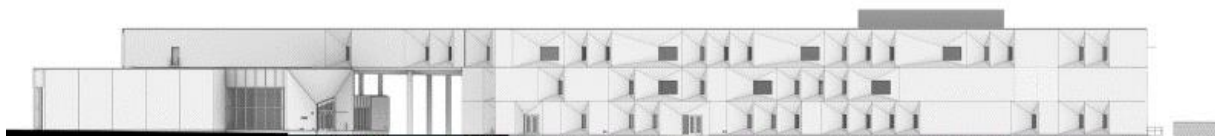


Figure 44: La façade ouest du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

2.2.6. Analyse des plans :

- Le centre est de 3 étages dont :
- Le RDC diviser en 2 partie nord pour orienter vers le public et partie sud pour d'ingénierie biomédicale et les dispositifs médicaux.
- R+1 est pour d'innovation avec le local technique.
- R+2 pour l'unité d'infirmerie.

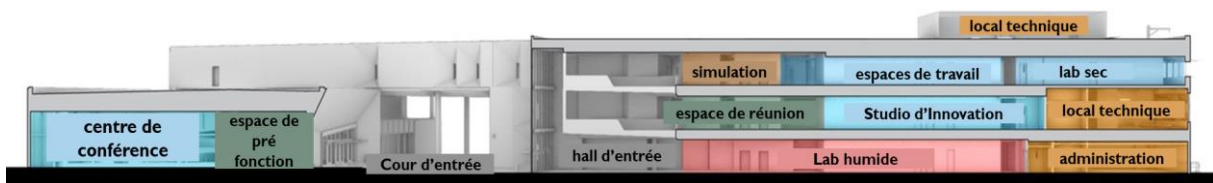
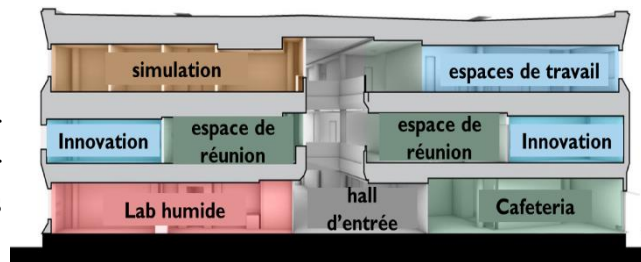


Figure 45 : les coupes du projet
Source : <https://www.archdaily.com> traité par l'auteure

- Le rôle principal de la cour d'entrée est d'organiser les flux et la circulation des visiteurs et les chercheurs vers les deux parties du bâtiment (centre de conférence et la partie de recherche).

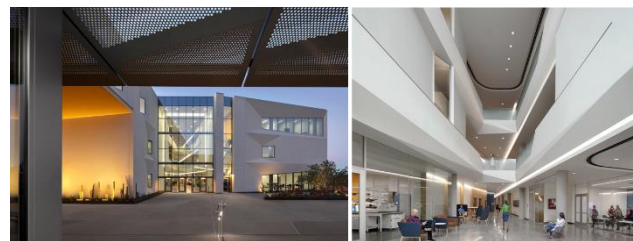


Figure 46 : le hall d'entrée du projet
Source : <https://www.archdaily.com>

- positionnement de les entrées de manière stratégique, contribuer à la sécurité en empêchant les visiteurs non autorisés d'entrer dans le bâtiment.
- Circulation horizontale remarquable avec des couloirs à distance important avec distribution linéaire bilatérale des espaces.
- Circulation vertical distribuer logiquement à plusieurs points dans le projet.



Figure 47: les plans du projet traité par l'auteur
Source : <https://www.archdaily.com>

- Le hall d'entrée, avec sa triple hauteur et sa vue sur la cour d'entrée à l'est, est conçu pour offrir une source d'éclairage naturelle pour la circulation verticale et la circulation horizontale.

A) Plan R.D.C :

- La partie nord du RDC est orientée vers le public, et La partie sud les espaces de recherche.
- La hiérarchisation les espaces de publique (Cafétéria, Laboratoire ouvert) près de l'entrée vers le privé (Laboratoire flexible).
- les espaces de publique d'organise autour l'Hall d'entrée.
- les couloirs menant aux laboratoires flexibles sont plus étroits pour limiter le passage des visiteurs et préserver la confidentialité des recherche.

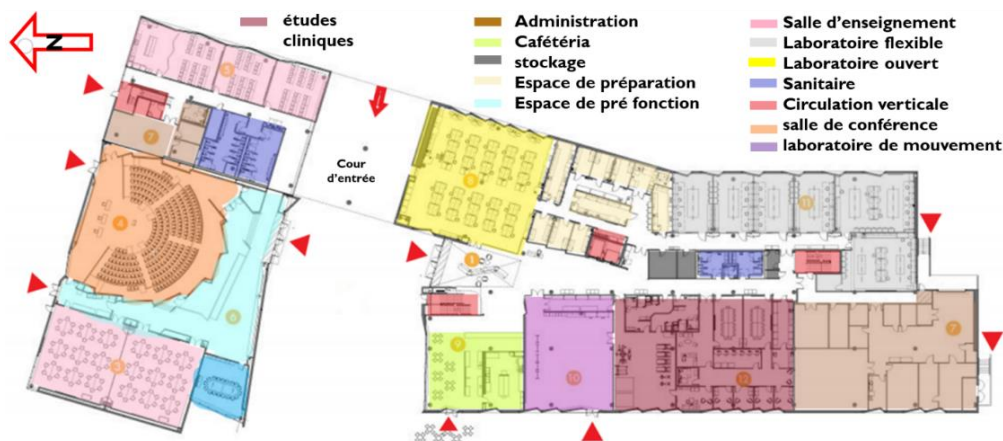


Figure 48 : plan RDC du projet traité par l'auteur
Source : <https://www.archdaily.com>

B) Plan R+1 :

- les espaces commun d'organise autour le vide sur le Hall d'entrée.
- l'emplacement des Locaux technique dans le R+1 contribuer à la sécurité en limitant l'accès non autorisé à ces espaces.

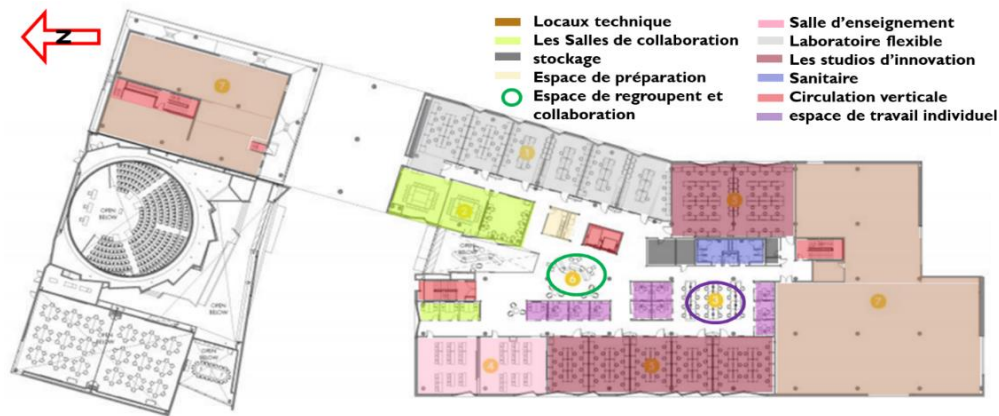


Figure 49: plan R+1 du projet traité par l'auteur
Source : <https://www.archdaily.com>

C) Plan R+2 :

Le troisième étage, qui donne sur la cour, comprend des espaces de simulation d'école d'infirmières ainsi que des espaces de travail flexibles.

- Les espaces de individuel reposent sur un plan libre pour tout gagner l'éclairage naturel.



Figure 50: plan R+2 du projet traité par l'auteur
Source : <https://www.archdaily.com>

2.2.7. Matériaux et structure :

- La structure utilisée dans ce projet est une structure poteau-poutre en béton armé.
- le décalage des éléments structuraux, tels que les poteaux, pour créer une façade plus lisse et plus uniforme.
- la technique de décalage des poteaux peut également présenter des inconvénients pour les espaces intérieurs.

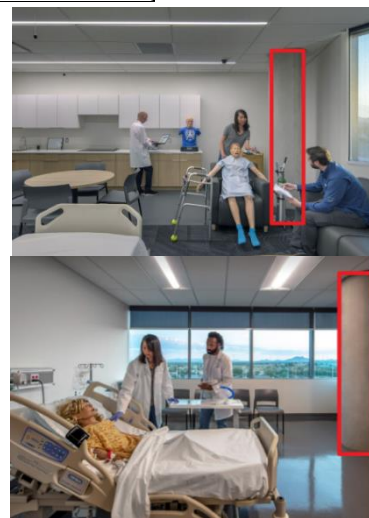


Figure 51 : la structure du projet traité par l'auteur
Source : <https://www.archdaily.com>

3. EXEMPLE 03 : Centre Mascaro pour l'innovation durable

Critère de Choix :

- Le centre est une annexe de l'Université et extension de la faculté de l'ingénierie.
- Les aspects environnementaux.

3.1. Présentation de projet :

3.1.1. Fiche de présentation du projet :

- Architecte : EDGE Studio, Nbbj
- Année : 2010
- Localisation : Pittsburgh, Pennsylvanie, États-Unis
- Surface : 3900 m²
- Climat : continental humide sans saison sèche et été chaud



Figure 52: Centre Mascaro
Source : <https://www.mascaroconstruction.com>

Centre Mascaro pour l'innovation durable de l'Université de Pittsburgh est une extension de la faculté de l'ingénierie, concentrant sur les disciplines : la nanotechnologie, la bio-ingénierie et la recherche sur les matériaux.²⁰

3.2. Analyse de projet :

3.2.1. Situation du Projet :

- Le centre est situé sur la côte est de l'Université de Pittsburgh, dans le quartier de 3700 O'hara, dans la ville de Pittsburgh, en Pennsylvanie, aux États-Unis



Figure 53 : Situation du Projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

3.2.2. Accessibilité :

- Le centre est situé au niveau de de l'Université de Pittsburgh.
- Accessibilité directe, une entrée ouverte sur la voie mécanique principale.

- Le centre
- Voie mécanique principale
- Voie mécanique secondaire
- Voie mécanique tertiaire



Figure 54: Accessibilité du centre
Source : Google Earth, traité par l'auteur

²⁰ <https://www.mascaroconstruction.com>

3.2.3. Plan de masse :

3.2.3.1. Voisinages et gabarits :

Le centre est une extension de la faculté d'ingénierie, entouré par des départements universitaires, favorisant ainsi la collaboration interdisciplinaire.

- Centre de conférence
- La faculté d'ingénierie
- Espace vert



Figure 55: Voisinages et gabarits du centre
Source : Google Earth, traité par l'auteur

3.2.3.2. Les accès :

Projet possède 3 accès, afin d'assurer les flux des étudiants et chercheurs.

- L'Accès principal est placé sur la façade nord-ouest, vers la voie mécanique principale.

- Accès principal
- Un accès piéton postérieure
- Un accès piéton latérale



Figure 56: Les accès du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

- Le cadre bâti du centre représente la totalité de la parcelle

3.2.4. Volumétrie :

- Le centre est orienté vert nord-ouest

- L'ombrage de la faculté d'ingénierie réduire l'exposition solaire le matin et l'après-midi.

- Les vents dominants hiver provenir du nord
- Les vents dominants D'été provenir du sud-ouest à l'été

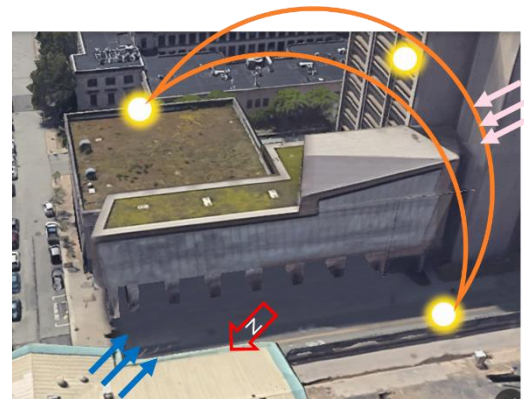


Figure 57: L'Ensoleillement du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

- Center linéaire est composé de deux parallélépipèdes et un cube avec des différentes hauteurs articulés autour d'un jardin.

- Les pilotés au niveau du RDC, permettant une sensation de flottement et de légèreté du bâtiment.

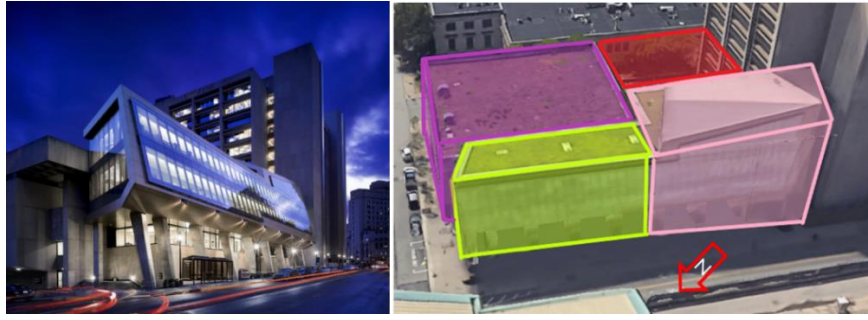


Figure 58 : la volumétrie du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

3.2.5. Les façades :

La façade principale :

- Le programme est surélevé sur les pilotés, permettant la possibilité de voir à travers le bâtiment et pour marquer l'entrée.
- façade vitrée orienté par 20° pour capter la lumière de nord.
- Le rapport du vide représente une majorité, donnent l'aspect de la légèreté.
- un module répétitif A qui assure le rythme de la façade.

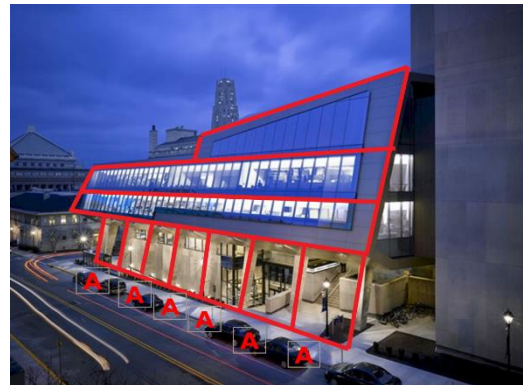


Figure 59 : La façade principale du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

La façade postérieure :

- Façade transparente expose l'organisation intérieure et offre une vision claire des escaliers, créant une connexion visuelle entre les espaces intérieurs et extérieurs.
- Le rapport du vide représente la totalité,



Figure 60 : La façade postérieure du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

3.2.6. Analyse des plans :

- Le centre est de 5 étages dont :
- Le RDC pour Amphi et Administration
- Le R+1 et R+2 pour l'enseignement et la recherche
- le sous-sol pour les espaces commun et l'enseignement
- R+3 pour le local technique

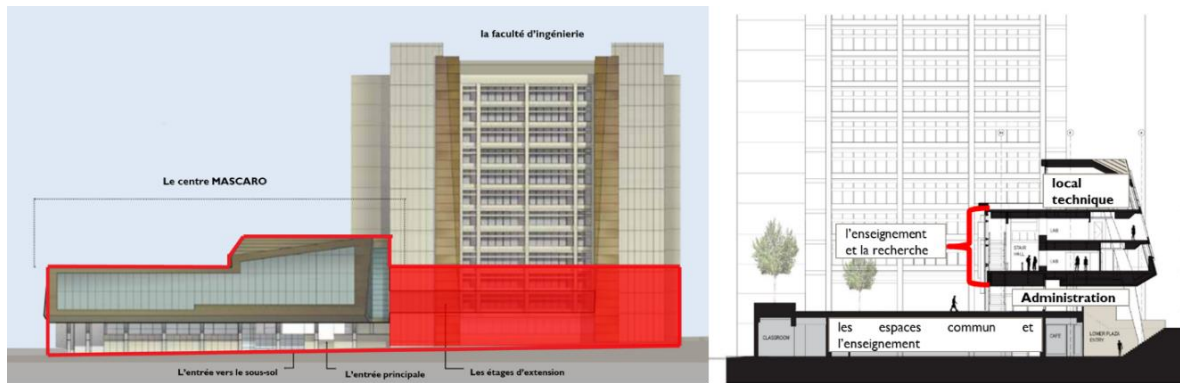


Figure 61: les coupes du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

- Situé au nord-est de la faculté d'ingénierie, le centre MASCARO est connecté à cette dernière par un couloir et forme avec elle un jardin qui joue un rôle clé dans l'organisation des flux et l'éclairage naturelle.
- Administration, les laboratoires et les salles de classe de la faculté d'ingénierie sont également adjacents au centre MASCARO, renforçant la cohérence globale de l'espace et facilitant l'accès aux ressources pour les étudiants et les chercheurs.
- La circulation horizontale est assurée par un couloir avec distribution linéaire des espaces.
- La circulation verticale est assurée par des escaliers.
- La hiérarchisation des espaces de publique (amphi) vers le privé (les laboratoires)

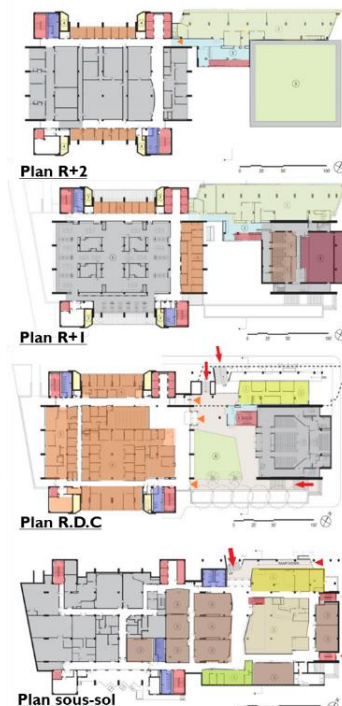


Figure 62: les plans du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

A) Plan sous-sol :

Abrite : La bibliothèque est entourée de salles de classe et d'une cafétéria, créant ainsi une transition visuelle et fonctionnelle entre les espaces d'apprentissage et de détente.



Figure 63 : Plan sous-sol du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

B) Plan R.D.C :

- Le jardin est conçu pour offrir une transition visuelle et fonctionnelle entre l'environnement extérieur et les espaces intérieurs,
- L'amphithéâtre situé à l'arrière du bâtiment est conçu pour offrir une grande capacité d'accueil pour les événements et les conférences, tout en offrant une vue panoramique sur le jardin.

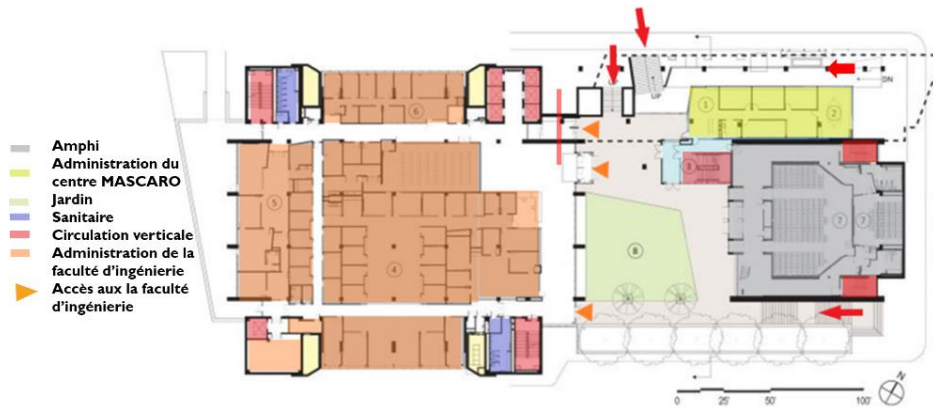


Figure 64 : plan RDC du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

C) Plan R+1 :

Abrite : Les bureaux ouverts situés dans le périmètre nord-ouest et de nord qui donne au jardin profitent de la lumière du jour et des vues, et sont visuellement connectés aux laboratoires humides.



Figure 65 : Plan R+1 du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

D) Plan R+2 :

Abrite : Les laboratoires secs sont conçus pour profiter de la lumière naturelle et de la vue sur la terrasse-jardin, offrant ainsi un environnement de travail agréable et confortable pour les chercheurs et les étudiants.

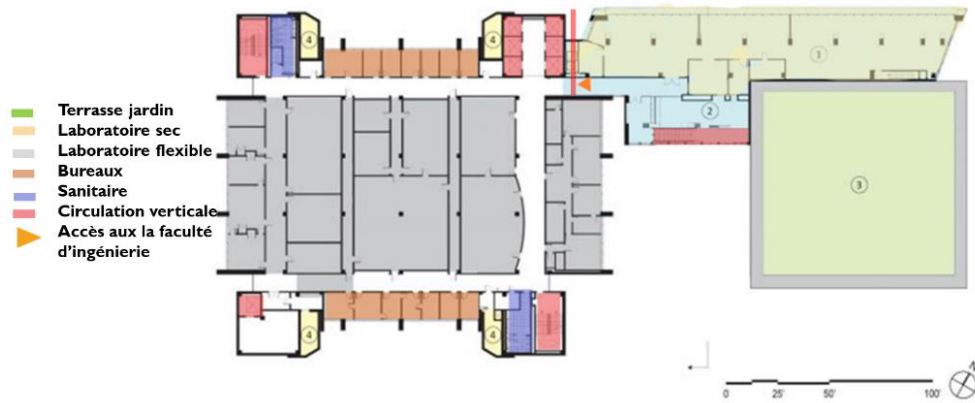


Figure 66 : Plan R+2 du projet
Source : Google Earth / traiter par l'auteur

3.2.7. Matériaux et structure :

Le système structurel se composait de dalles plates bidirectionnelles en béton coulé sur site soutenues par des colonnes en béton,

Les poteaux massifs en béton armé de forme en V incarnent une robustesse structurale élégante.

Leur configuration en V offre non seulement une résistance structurelle exceptionnelle mais également une esthétique unique, soulignant ainsi la puissance et la beauté inhérentes au matériau brut du béton armé.



Figure 67 : la structure du projet / Source : archidaily.com

**Synthèse et recommandation :**

Situation et accessibilité	- Ce genre des équipements de recherche sont implanté au niveau des infrastructures universitaires et de recherche à proximité de l'un des facultés : faculté de médecine, faculté de l'ingénierie ou faculté de mécanique. - Accessibilité directe, positionné le centre stratégiquement pour optimiser l'accessibilité du centre depuis l'extérieur.
Plan de masse	- Le bâtiment occupe soit la partie postérieure du terrain pour aménager un espace d'accueil extérieur et s'éloigner des flux, soit le milieu où l'espace aménagé situé autour de bâti. - Variété des accès et des parcours pour faciliter la circulation et séparer les accès (public, étudiant et chercheurs). - Extension des fonctions communes de l'espace intérieur vers l'espace l'extérieur. - Ajouter des airs de stationnement pour les PMR (Personnes à Mobilité Réduite) malgré l'existence des zones de stationnement.
Volumétrie	- Composition volumique compact (un indice de compacité élevé pour minimiser la déperdition d'énergie) avec des formes primaires. - On a constaté la dominance de l'orientation Nord/Sud pour les équipements de recherche.
Les façades	- Maitre en évidence l'entrées de projet avec une traitement de volumes (toure et cour d'entrée) et transparence. - La légèreté et la transparence des façades pour créer une connexion visuelle entre les espaces intérieurs et extérieurs (la continuité visuelle). - Réorientation des fenêtres des façades est et ouest vers le nord, afin de minimiser l'exposition directe et le gain de chaleur solaire (exemple 02). - Utilisation de verre low-E (faible émissivité) adapté au climat aride chaud.
Distribution des espaces	- La séparation entre l'entité de recherche et l'entité commune avec l'espace d'accueil (hall ou cour d'accueil). - Circulation limité au niveau d'entité de recherche (chercheurs, visiteurs, étudiants). - Distribution linéaire pour une communication plus facile entre les espaces. - Circulation verticale avec des ascenseurs et des escaliers de service : • Public situé au niveau d'accueil. • Privé situé au niveau de l'entité de recherche. - Toujours les annexes des laboratoires situent dans la même unité des escaliers de service. - Les laboratoires sont distribués sur plusieurs étages selon leur fonction.
Aspect environnementale	- Profiter des conditions climatiques de la zone du projet pour la gestion des besoins énergétique du projet (la lumière uniforme de côté nord). - Privilégier l'utilisation des systèmes passifs (patio et atrium) pour atteindre le confort à l'intérieur du bâtiment et pour diminuer les consommations d'énergie. - L'intégration des systèmes des énergies renouvelables (tel que les panneaux photovoltaïque). - La dominance de la végétation dans l'espaces extérieur.

Tableau 4 : les recommandations d'après les exemples
Source : l'auteur



CHAPITRE 02 :



ÉTUDE CONTEXTUELLE

Introduction :

Le contexte du projet joue un rôle très important dans le processus de la conception. Cette influence est transmise à travers une multitude de vecteurs, qui font que la forme soit définie à travers la morphologie du site, la composition avec les éléments naturels du climat, et le voisinage. Ce chapitre consiste à collecter les différentes données climatiques de la ville de Laghouat ou laquelle nous projetons notre projet, la collection des celle-ci nous permet de choisir les stratégies énergétiques adaptées suivant les caractéristiques et les particularités du climat.

1. Présentation de la ville de Laghouat :

1.1. Situation géographique :

Laghouat est situé au cœur de l'Algérie, à 410Km de la capitale Alger, est au-dessus des deux sommets du mont Tezigerarine (est dernière extension des monts de l'Atlas saharien).²¹

1.1.1. Limites de la ville de Laghouat : ²²

Elle est limitée par des reliefs et éléments naturels :

- Oued M'Zi : la limite de l'est et du nord est.
- Ouest et nord-ouest : les montagnes Djebel Ahmar.
- Djebel Dakhla parmi les monts des Djebel Amour un des massifs de l'Atlas Saharien occidental (nord).
- Oued Msaad : la borde de ses rives sud.

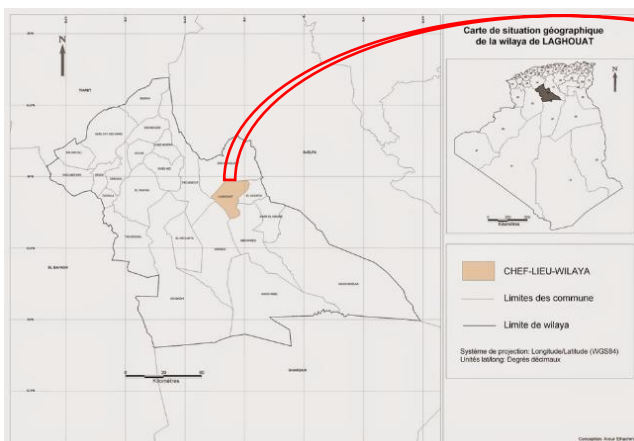


Figure 68 : Carte de situation géographique de la commune de Laghouat
Source : www.decoupageadministratifalgerie.blogspot.com

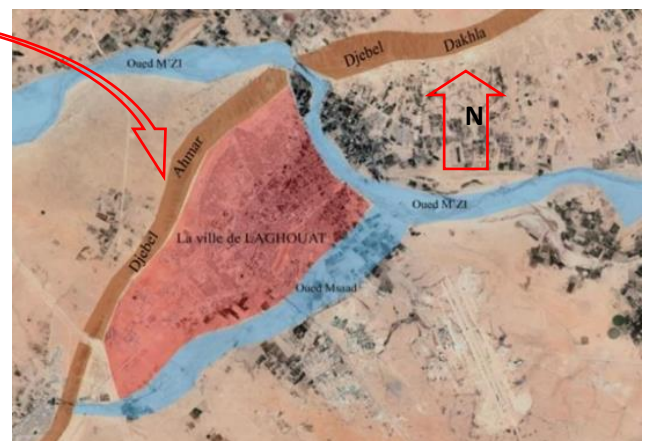


Figure 69 : Limites de la ville de Laghouat
Source : Mémoire doctorat : Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, BENARFA

²¹ www.lawilaya.de.laghouat.dz

²² Mémoire doctorat : Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, BENARFA
Kamal (2018)

1.2. Situation astronomique :

- Coordonnées:²³
- Latitude : 33° 48'. Nord
- La Longitude : 2° 52'. Est
- Altitude : 764 m

1.3. L'accessibilité :

- la ville de Laghouat est accessible par la route nationale N° 01 qui relie la capitale Alger avec le sud et La route nationale N° 23 qui relie la ville avec le nord-ouest de pays.

- De plus, Laghouat possède un aéroport local situé à 14 km au sud-est et d'une gare ferroviaire située à 1.2 km au sud-ouest de la ville.²⁴

- et à l'intérieur de la ville de Laghouat on trouve trois gares routières reliant Laghouat à d'autres villes et régions à travers le pays.

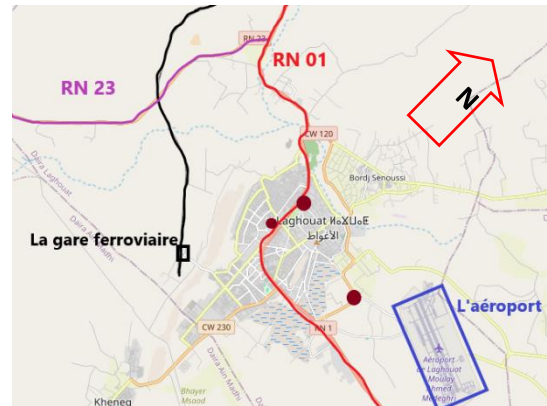


Figure 70 : L'accessibilité de la ville de Laghouat
Source : openstreetmap traité par l'auteur

2. Les données climatiques de Laghouat :

2.1. Climat de la ville de Laghouat :

La ville de Laghouat fait partie de la zone climatique E3 (zone d'été).

Cette zone climatique se caractérise par un climat aride (des étés chauds et secs, des hivers froids et une faible pluviométrie), plus extrêmement pénibles que les zones E4 et E5.²⁵



Figure 71 : les zones climatiques de l'Algérie.
Source : <https://www.researchgate.net>

2.1.1. Le climat lumineux de Laghouat :

- la ville de Laghouat est caractérisé par un type de ciel clair et un rayonnement solaire atteint son maximum au mois de juillet, avec une moyenne de 230 kWh/m².

- La durée d'ensoleillement dépasse les 14h par jour au mois de juin, alors qu'elle diminue de manière significative pendant la période froide pour atteindre environ 10h par jour au mois de décembre.

²³ <https://dateandtime.info>

²⁴ <https://www.aniref.dz>

²⁵ Omar Ketfi, Feasibility study and performance evaluation of low capacity water–LiBr absorption cooling systems functioning in different Algerian climate zones, International Journal of Refrigeration, 10.1016/j.ijrefrig.2017.07.002

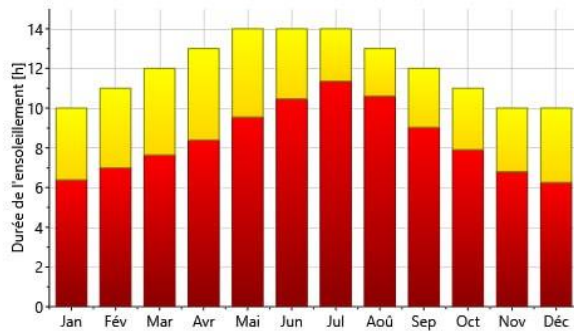


Figure 72 : le rayonnement de la Laghouat
Source : meteonorm V.7

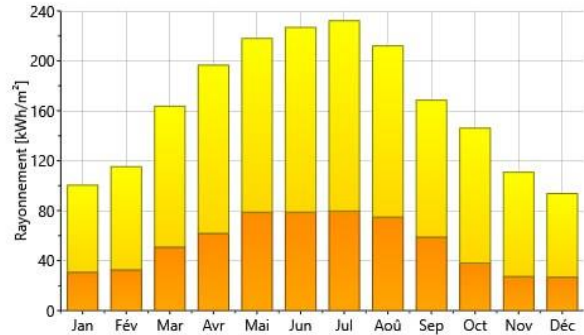


Figure 74 : durée de l'ensoleillement de la Laghouat /Source : meteonorm V.7

2.1.2. La température :

- La ville de Laghouat est connue par un été très chaud avec des températures moyennes max pouvant atteindre 37°C en période estivale et un hiver très rigoureux, la température moyenne min descend jusqu'à -2°C.

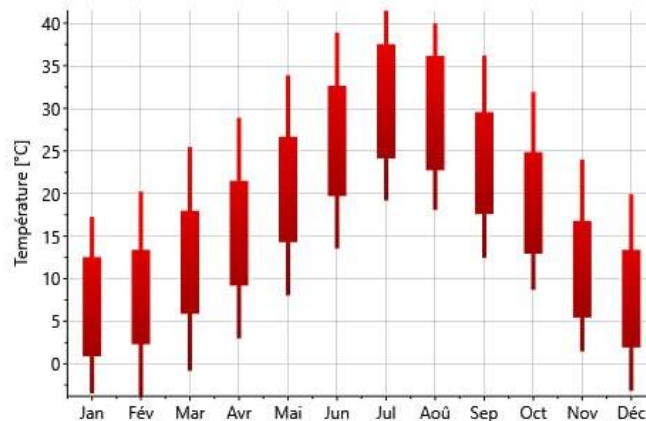


Figure 73 : température de Laghouat
source : meteonorm V.7

2.1.3. L'humidité relative :

- L'humidité est élevée dans la période hivernale entre octobre jusqu'à février pendant minuit jusqu'à 12 :00

- L'humidité est faible dans la période estivale entre les mois de mars jusqu'à septembre

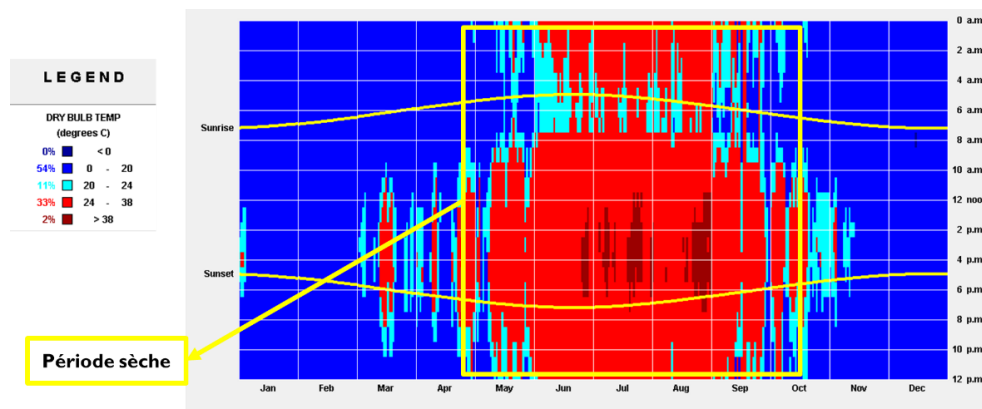


Figure 74: L'humidité relative
Source : Climate consultant 6.0, traité par l'auteure

2.1.4. La précipitation :

- précipitation varie entre le mois le plus arrosé est octobre avec 35mm et le mois le plus sec est juillet avec 3mm.

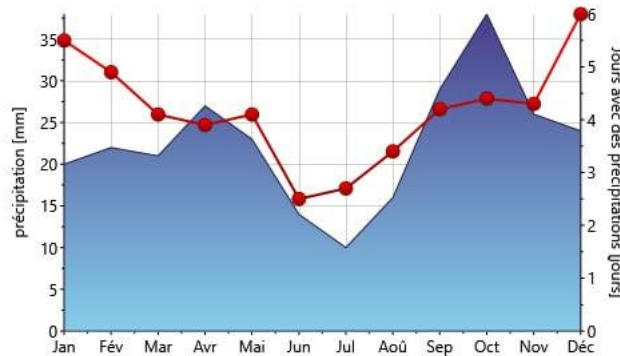


Figure 75: Pluviométrie
Source : meteonorm V.7

2.1.5. Les vents :

la direction des vents elle est démontrée dans la rose des vents:

- les vents dominants soufflent à partir du N-O par une fréquence de 1305 h/an.
- le sirocco souffle par le S-E avec une fréquence de 485 h/an il est fréquent dans la période d'été .
- le S S-O on les vents chaud qui souffle avec une fréquence de 611 h/an et 544 h/an.

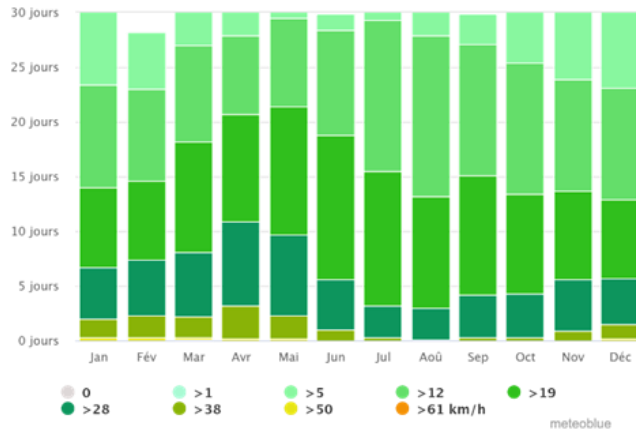


Figure 77 : vitesse des vents
Source : <https://www.meteoblue.com>

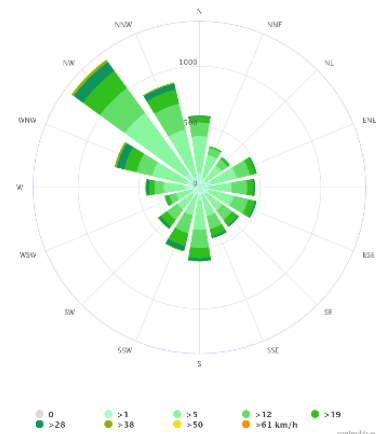


Figure 76 : rose des vents
Source : <https://www.meteoblue.com>

2.2. Diagramme psychométrique :

L'utilisation du diagramme psychrométrique de GIVONI vise à évaluer les exigences physiologiques du confort pour guider la conception des bâtiments assurant le confort, avec des recommandations spécifiques pour la ville de Laghouat :

- Période de chauffage : Novembre → Avril ; un système actif de chauffage est nécessaire
- Période d'équilibre : Avril, Mai, Mi-Septembre → Novembre ou le confort assuré par l'enveloppe.

- La période de surchauffe : Juin, Juillet, Août au Mi-Septembre, un système actif et passif (une ventilation nocturne) de refroidissement est nécessaire.

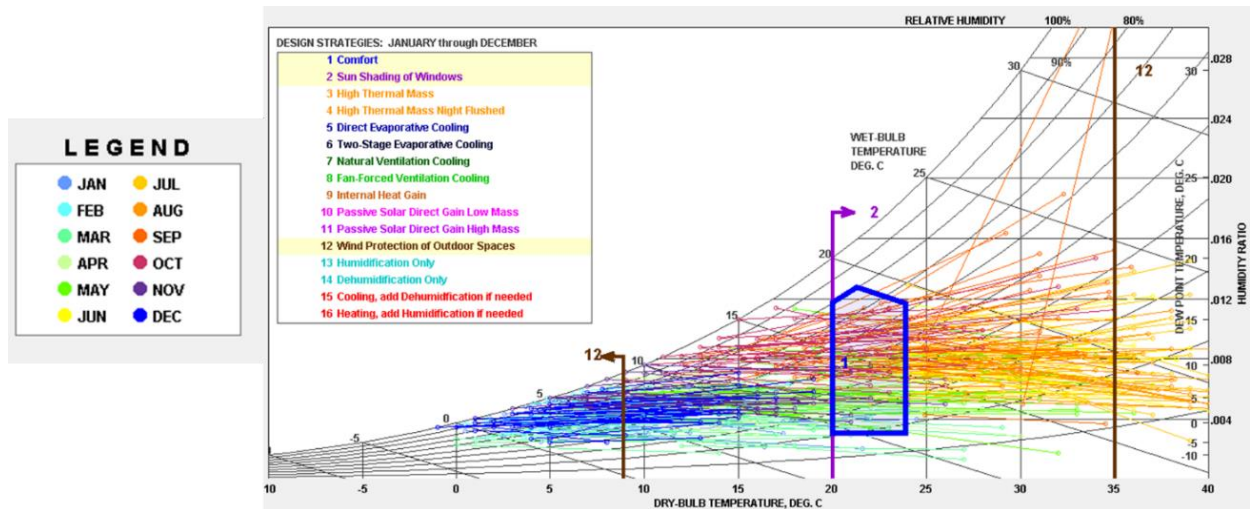


Figure 78 : Diagramme psychométrique
Source : Climate consultant 6.0

3. Dimension urbaine :

3.1. Système routier :

La ville est structurée avec plusieurs axes principaux et secondaires qui assurent la jonction du centre-ville avec les différentes extensions, garantissant ainsi une fluidité et une bonne accessibilité.

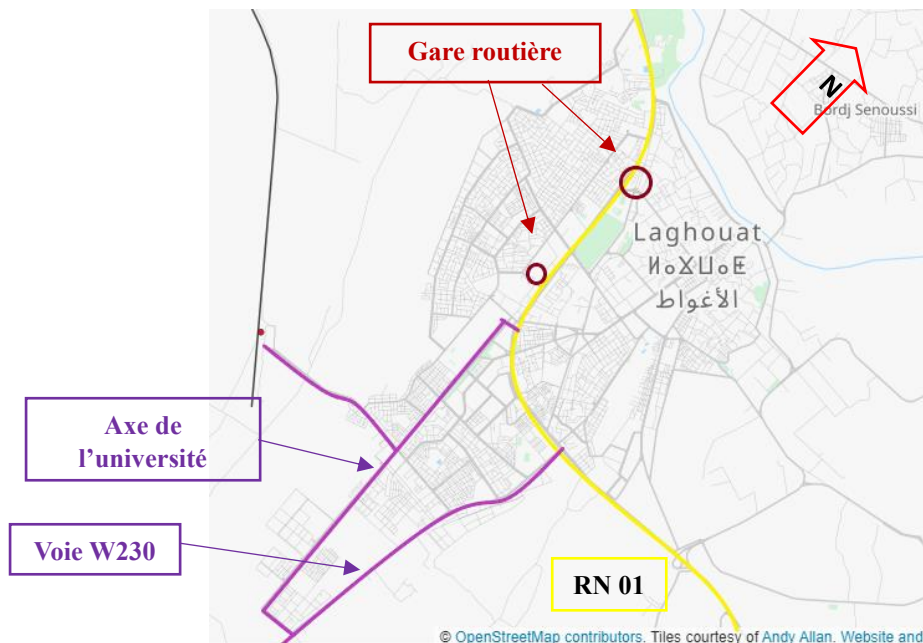


Figure 80 : Système routier
source : openstreetmap traité par l'auteur

3.2. Les activités d'enseignement supérieurs et de santé dans la ville :

À travers la carte des activités universitaires, on constate que ce genre d'activité se trouve au niveau de la nouvelle extension POS18 près de la route nationale RN°1 et de la voie de Kheng.

- Pôle universitaire 01
- Les infrastructures universitaires
- Les activités de santé

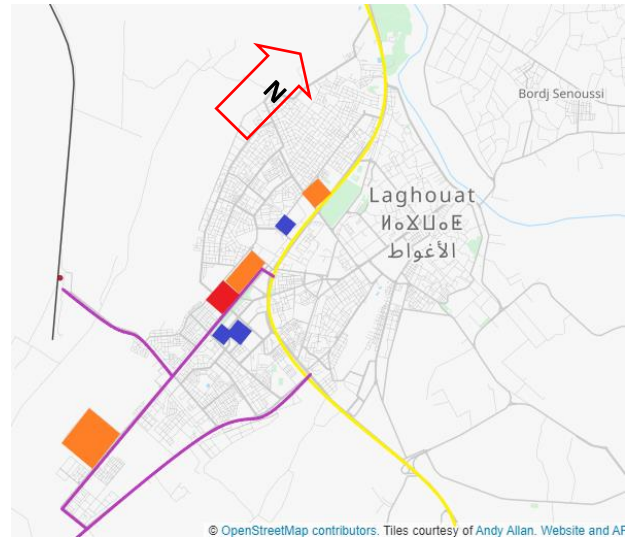


Figure 79 : les activités d'enseignement supérieurs et de santé dans la ville
Source : openstreetmap traité par l'auteur

3.3. Critère de choix de site :

Le choix a été porté sur le pôle universitaire 01 en raison de la présence de la faculté de médecine et de sa proximité avec l'hôpital mixte 240 lits.

4. Dimension locale :

4.1. Analyse du site :

4.1.1. Accessibilité et flux de site :

Le site est accessible par l'Axe principale de l'université (flux important), une voie secondaire Sud-ouest du site (flux moyen) et voie mécanique tertiaire à l'ouest (flux moyen).

- Axe principale (flux important)
- Voie mécanique secondaire (flux moyen)
- Voie mécanique tertiaire (flux moyen)
- ▶ Accès de l'université

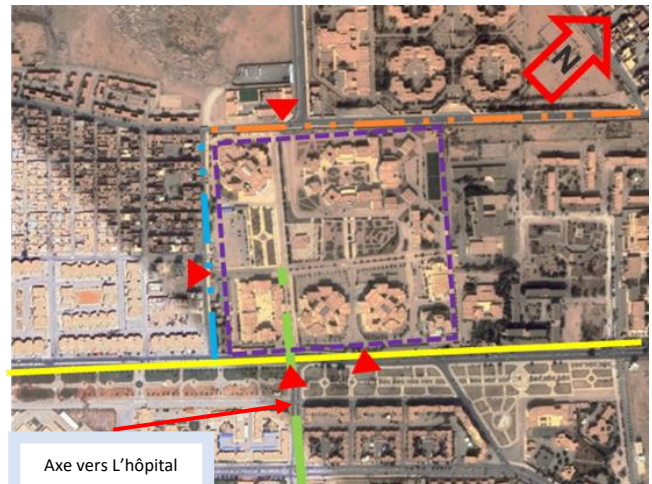
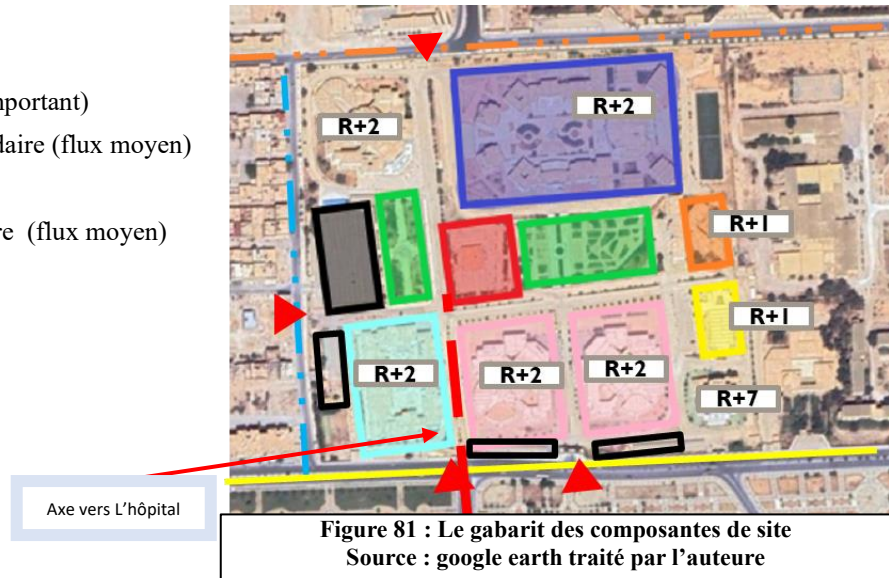


Figure 80 : les flux de site
Source : google earth traité par l'auteur

4.1.2. Les composantes de site :

Le site est composé de différents départements qu'ils sont :

- Le terrain
- Axe principale (flux important)
- Voie mécanique secondaire (flux moyen)
- ▶ Accès de l'université
- Voie mécanique tertiaire (flux moyen)



Les composantes	Photo	Les composantes	Photo
Faculté de médecine		Faculté des science humaine	
Faculté de vétérinaire		Rectorat	
Bloc de recherche		Amphi	
Faculté des science islamique		Espace vert	

Tableau 5 : les composantes de site
source : l'auteure

4.1.3. Motivation de choix de terrain :

- Le terrain se situe au milieu de pôle universitaire 01 à proximité de la faculté de médecine, (il s'agit d'un point d'articulation entre la faculté de médecine et département de vétérinaire).
- En a choisi le terrain de foyer, délimité par 3 voix mécanique et avec les ranger des arbres de l'espaces vert.

4.2. Analyse du terrain d'intervention :

4.2.1. Les flux de terrain :

- Accessibilité directe, Le terrain est accessible par les accès de l'université.

- Le terrain
- Flux important
- Flux moyen
- Flux faible
- ▶ Accès de l'université
- Pôle universitaire 01
- Parking
- Axe principale
- Département de vétérinaire
- La faculté de médecine
- ↗ Parcours articulant la faculté de médecine au département de vétérinaire



Figure 82: Accessibilité et flux de Terrain
Source : google earth traité par l'auteur

4.2.2. Voisinage de terrain :

Le Voisinage de terrain est caractérisé par trois sous-groupes :

- Relation directe avec le projet (la faculté de médecine, département de vétérinaire).
- Les espaces aménagés et les parkings.
- Autres infrastructures (faculté de science humaine).



Figure 83: façade principale de la faculté de médecine
source : l'auteur

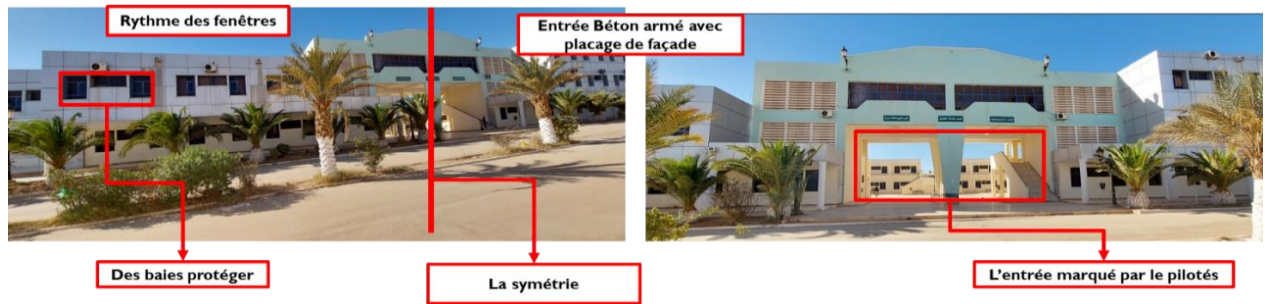


Figure 84 : façade principale du département de vétérinaire
source : l'auteur

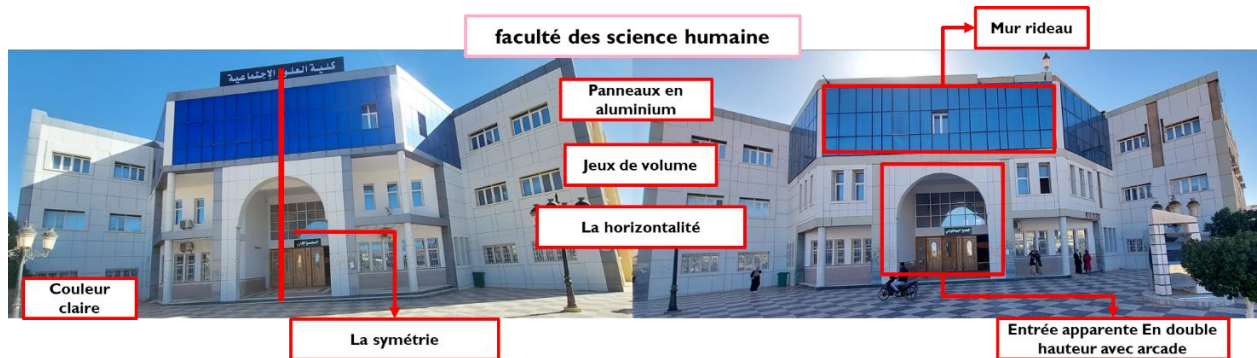


Figure 85: façade principale de la faculté du science humaine
source : l'auteur



Figure 86: l'espace vert
source : l'auteur

4.3. La forme et dimensions :

- Le terrain est plat en forme rectangulaire avec une prolongation vers Nord-Est/Sud-Ouest.
- Délimité par 3 voix mécanique et 4eme coté au niveau de l'alignement de végétation.
- Existence d'une cafétéria qu'en va récupérer sa fonction dans le programme.
- Nécessité de préserver la végétation existante.



Figure 89: La forme et dimensions de terrain
Source : google earth traité par l'auteur

4.4. Données climatiques (projection des vents et l'ensoleillement du terrain) :

- A travers la projection de la rose des vents et du diagramme solaire sur le site, nous avons constaté que le terrain est exposé aux conditions d'ensoleillement et des vents.

➤ Les vents :

- Les vents dominants frais se souffle du côté Nord-Ouest du terrain.
- Les vents chauds se souffle du côté Sud-est du terrain.
- Les Vents dominants siroco se souffle du côté Sud-ouest du terrain.



Figure 87 : les vents de terrain
Source : google earth traité par l'auteur

➤ L'ensoleillement : Le taux des heures de rayonnement Solaire :

- En été : 14 h
- En hiver : 11 h

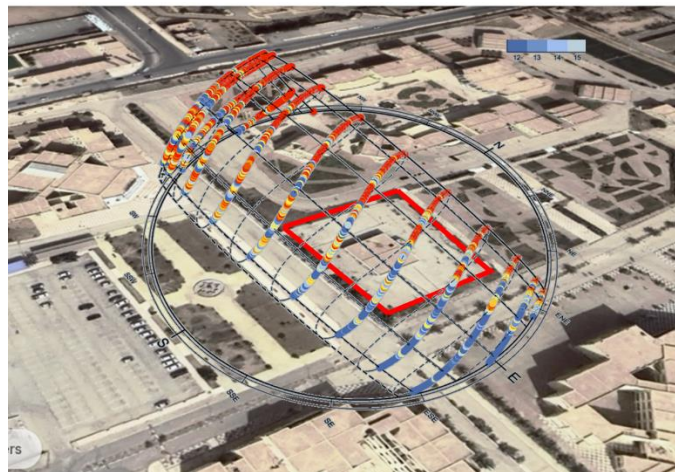


Figure 88 : L'ensoleillement de terrain
Source : google earth traité par l'auteur

**Synthèse :**

Voisinage	- La situation du terrain a permis une continuité fonctionnelle et spatiale avec la Faculté de Médecine, le département de vétérinaire, ainsi que les différentes zones de stationnement et de parcours (constitué un élément structurant). - La présence d'un parking près de terrain. - Le voisinage caractérisé par un gabarit de R+3.
Plan de masse	- L'absence des aires de stationnement pour les PMR (Personnes à Mobilité Réduite) dans le parking existant. - <u>Les accès :</u> - Créer plusieurs zones d'accès selon les flux (étudiants et chercheurs) à travers les parcours périphériques et les espaces aménagés, en tenant compte les besoins des personnes à mobilité réduite. - le choix des zones d'accès doit s'intégrer avec les flux existant et l'emplacement du parking principal du pôle universitaire 01. - <u>Mode d'occupation :</u> - Forme compacte pour minimiser la surface exposée à l'ensoleillement et aux vents (minimiser le gain et la déperdition thermique). - Placer le bâti à proximité de la Faculté de Médecine (relation forte). - <u>Les espaces non bâtis :</u> - Préserver la végétation existante. - Utilisation de la végétation et de l'eau pour l'aménagement extérieur, la création l'ombre et le rafraîchissement de l'air. - Réaménagement de l'espace vert existant pour maximiser l'utilisation efficace de l'espace disponible.
Volumétrie	- Composition volumétrique homogène et apparente afin d'être un élément d'identification pour l'université et un point de repère pour la faculté de médecine. - Intégration des systèmes passive (patio/atrium) pour l'éclairage et la ventilation naturel (Création d'un micro climat).
Espaces et Distribution	- Séparer et limiter les flux (usagers de la cafétéria et des chercheurs) au niveau de la distribution (horizontale et verticale). - Les espaces communs et destinés aux visiteurs ou participants sont placés au RDC (accueil-entité commun-laboratoire de mouvement). - Pour s'éloigner des flux extérieurs, les laboratoires d'informatique, les ateliers de fabrication et les salles de collaboration seront placées dans les niveaux supérieures (espace privé). - l'activité de l'administration se limite à des espaces de gestion dans la partie des laboratoires.
Aspect environnementale	- Utilisation des matériaux durables (innovants) caractérisés par une forte inertie thermique. - Utilisation des panneaux solaires photovoltaïques orientés Sud pour explorer l'énergie solaire renouvelable. - Utilisation des technique et stratégie passives (patio/atrium/plan d'eau/végétation).

Tableau 6 : les recommandations contextuelles
Source : l'auteur

CHAPITRE 03 :

ÉTUDE PROGRAMMATIQUE

Introduction :

L'étude programmatique consiste à définir le rôle, l'objectif, et l'envergure d'un projet, en plus d'identifier les principales fonctions à intégrer et d'établir le programme qualitatif et quantitatif associé. Dans ce chapitre on a élaboré un programme basé sur les normes et les exigences de conception d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bionique.

1. Les objectifs :

- Répondre aux exigences fonctionnelles spécifiques à chaque type d'utilisation de notre projet.
- Assurer une harmonisation des fonctions ainsi que des proportions surfaciques et spatiales parmi les diverses activités du projet.
- Développer un programme qui se distingue par la flexibilité des relations entre les espaces qu'il définit.

2. Les entités du projet :

L'élaboration du programme qualitatif et quantitatif de notre projet est basé principalement sur les programmes des exemples étudiés et la collecte de données pertinentes, notamment aux étapes conceptuelles et techniques du projet pour déterminer à la fois les entités principales et complémentaires.

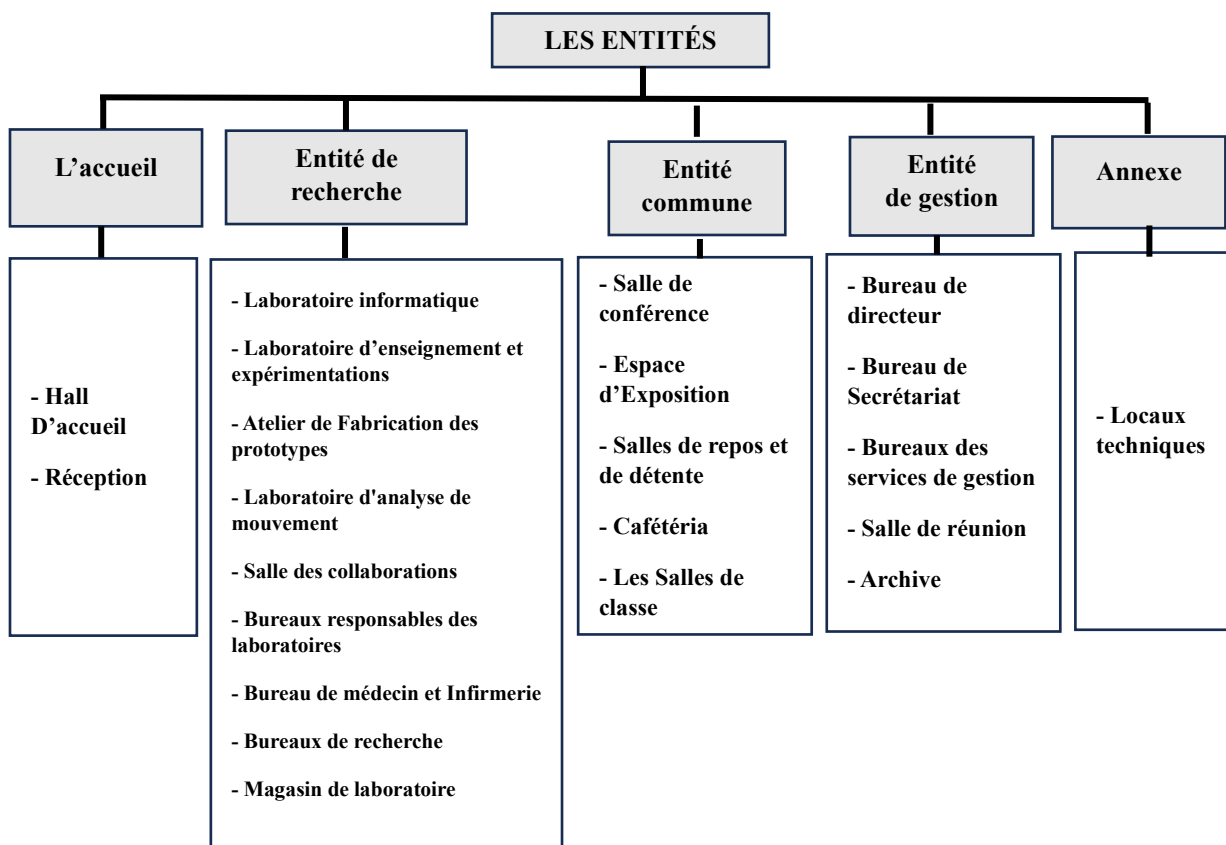
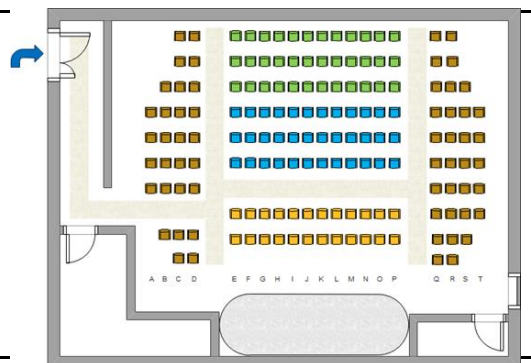


Figure 89 : les entités du projet
source : l'auteur

3. Programme qualitatif :

L'accueil					
Hall d'accueil					
Fonction	- Point d'entrée et de transition entre l'extérieur et l'intérieur - Accueillir les visiteurs, l'orientation, et la distribution initiale des flux dans le bâtiment.			 Figure 90 : Hall d'accueil du centre d'innovation biomédicale Arizona Source : https://www.archdaily.com	
Exigence	<u>Architecture</u>	- Créer un environnement esthétiquement agréable qui reflète l'image et le caractère de bâtiment - À proximité de l'accès principal			
	<u>Equipement</u>	- une disposition efficace pour gérer les flux de personnes, des zones d'attente confortables, des espaces d'information clairement identifiés, et des installations pour les personnes à mobilité réduite.²⁶			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 350 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 50 à 55 dB ²⁷	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité commune	
Salle de conférence	
Fonction	- conçue pour accueillir des présentations, des réunions et des conférences. - Elle offre un espace interactif pour sensibiliser, éduquer et partager des avancées technologiques dans le domaine des prothèses.



²⁶ <https://www.darchitectures.com>

²⁷ Niveau acoustique : guide de cnb (contrôle nationale de bruit) réglementations acoustique des bâtiments

	- Elle offre un espace dédié favorisant la communication, l'interaction et le partage d'informations.		 Figure 91: Salle de conférence Source : https://www.1001salles.com			
Exigence	<u>Architecture</u>	- Espace fermé et deux entrées afin d'assurer un accès facile et sans distinction pour tous les participants surtout les PMR - La qualité acoustique est pensée pour une écoute confortable et une réduction des distractions. ²⁸				
	<u>Équipement</u>	- Des équipements audiovisuels avancés facilitent les présentations, la diffusion de contenu et la vidéoconférence.				
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 35 à 45 dB pour favoriser la concentration. ²⁹	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 50%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne	

Entité commune		
Espace d'Exposition		
Fonction	- Peut servir à des démonstrations pour les partenaires et les visiteurs. - dédiée à la présentation et à la mise en valeur les résultats de recherche des prothèses bioniques innovantes.	
Exigence	<u>Architecture</u>	- Espace sécurisé, visible par le public dès son entrée dans le hall.



Figure 92: espace d'Exposition
Source : <https://educabot.fr>

²⁸ <https://www.miqcp.gouv.fr>

²⁹ éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 36

		- L'éclairage doit être conçu pour mettre en valeur les prothèses exposées ³⁰			
	<u>Equipement</u>	- des vitrines et support pour exposer les prothèses de manière claire et protégée - des écrans interactifs, des vidéos ou des présentations multimédias			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux en général Dispositifs d'éclairage individuels pour chaque prothèse, réglables entre 700 et 1000lux.	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 40 à 45 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité commune		
Salle de classe		
Fonction	- destinées à la transmission du savoir et à la participation active des étudiants. Elles doivent favoriser un environnement propice à l'apprentissage.	
Exigence	<u>Architecture</u>	- un espace adéquat pour le nombre d'étudiants prévu



Figure 93: Salles de classe
Source : <https://www.shure.com>

³⁰ <https://cressound.grenoble.archi.fr>

		- exigence de la lumière naturelle pour assurer une visibilité optimale				
	<u>Équipement</u>	- Disposition du mobilier : Tables et chaises ergonomiques, adaptées à l'enseignement. - Tableau interactif : Pour des présentations dynamiques.				
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 35 à 40 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne	

Entité commune		
Salles de repos et de détente		
Fonction	- conçues pour offrir un espace ouverte relaxant et confortable aux chercheurs, favorisant la détente et la recharge d'énergie.	
Exigence	<u>Architecture</u>	- doit offrir des zones de repos individuels, intime et relaxant, en limitant les perturbations visuelles et sonores - espace flexible avec un agencement spacieux pour une circulation fluide qui donne à l'espace vert - Couleurs apaisantes.
	<u>Equipement</u>	- Éventuellement, des équipements de divertissement (livres, écrans, etc.).



Figure 94: Salles de repos
Source : <https://www.isospace.fr>

Figure 94: Salles de repos
Source : <https://www.isospace.fr>

		- Mobilier confortable : Fauteuils et tables adaptés à la détente.			
Niveau de confort	Niveau d'éclairage : 300 lux ³¹	Niveau sonore (les condition acoustique) : 30-40 dB pour un environnement calme	Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	Humidité relative : 40% à 60%	Débit d'air : 18m3 /h/personne
Entité commune					
Cafétéria					
Fonction	- joue un rôle central en offrant un espace de restauration et de détente pour les chercheurs et les étudiants.				
Exigence	Architecture	- Configuration simpliste qui offre flexibilité à l'espace - 2 points d'accès pour assurer un flux de circulation fluide - L'éclairage naturel et artificiel doit être soigneusement planifié pour créer une ambiance chaleureuse et accueillante ³²			
	Equipement	- Une cuisine équipée pour préparer des repas variés. - Des zones de repas avec des tables, des chaises et des espaces de détente. - Des équipements de qualité pour assurer un service alimentaire efficace.			

Figure 95: Cafétéria
Source : <https://www.fredphoto.fr>

Figure 95: Cafétéria
Source : <https://www.fredphoto.fr>

³¹ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 37

³² <https://www.sparxsystems.fr>

		- Des installations pour le recyclage et la gestion des déchets.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 300 à 500 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 50 dB ³³	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité de gestion					
Les bureaux					
Fonction	- sont des espaces dédiés à la gestion, la coordination et la planification des activités administratives du projet				 Figure 96: bureaux Source : https://www.vs.de/fr
Exigence	<u>Architecture</u>	- un espace adéquat - exigence de la lumière naturel ³⁴			
	<u>Equipement</u>	- Des bureaux ergonomiques et des chaises confortables sont essentiels pour assurer un environnement de travail optimal. - Chaque bureau doit être équipé d'un ordinateur, d'un téléphone et d'une imprimante pour faciliter les tâches administratives.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux ³⁵	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 40 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C- 22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 50%	

³³ - Niveau acoustique : guide de cnb (contrôle nationale de bruit) réglementations acoustiques des bâtiments

³⁴ - <https://www.isospace.fr>

³⁵ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 36

Entité gestion					
Salle de réunion					
Fonction	- sont des espaces dédiés aux échanges et à la prise de décision. Elles doivent faciliter la communication et favoriser la productivité lors des réunions.				
Exigence	<u>Architecture</u>	- L'éclairage naturel et artificiel doit être soigneusement planifié pour créer une ambiance chaleureuse et accueillante - L'acoustique de la salle de réunion doit être contrôlée pour offrir un environnement calme et propice³⁶			
	<u>Equipement</u>	- La salle doit être équipée d'un système de présentation audiovisuel pour soutenir des présentations efficaces. - Des tables et des chaises disposées de manière flexible pour permettre différentes configurations selon les besoins de la réunion			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 50 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 50%	<u>Débit d'air :</u> 18m ³ /h/personne



Figure 97: Salle de réunion
Source : <https://coverstyl.com/fr>

³⁶ - <https://architecturesansobstacles.ch>

Entité de recherche					
Laboratoire d'analyse de mouvement					
Fonction	- des simulations pour tester les prothèses dans des conditions variées, des expérimentations précises et des analyses approfondit des mouvements du patient et enregistrer la synchronisation des déplacements en 3D				
Exigence	- <u>zone d'attente</u> : avant et après les sessions, offrant un espace confortable pour les participants - <u>zone de préparation</u> : permet aux participants de se préparer avant les sessions d'analyse, en enfilant des combinaisons de capture de mouvement et en se familiarisant avec l'équipement. - <u>zone de capture de mouvements</u> : dédiées à des équipements spécialisés tels que des caméras de suivi, des capteurs de mouvement, les ordinateurs... - <u>zone de stockage</u> : est nécessaire pour ranger l'équipement de capture de mouvement - La possibilité de réorganiser l'espace pour différents types d'expérimentations. - Des dispositifs de sécurité pour protéger les patients pendant les expérimentations - éclairage naturelle et artificiel avec le contrôle de l'éblouissement³⁷				
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 750 lux à 1000 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> Inférieur à 35 dB pour des expériences sensibles au bruit	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

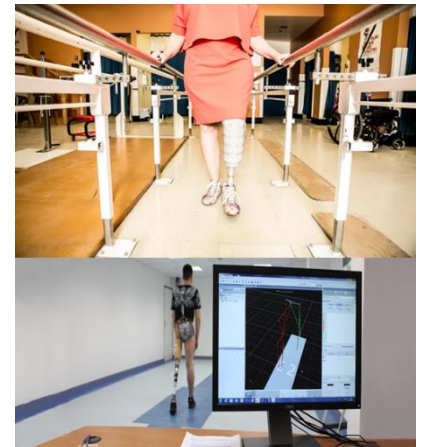
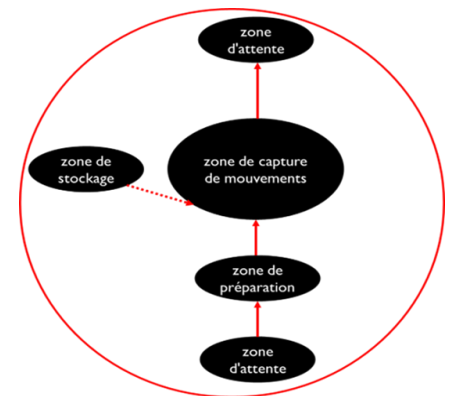


Figure 98: Laboratoire de mouvement
Source : <http://www.irma-valenton.fr>



³⁷ <http://www.irma-valenton.fr>

Entité de recherche					
Atelier de Fabrication des prototypes					
Fonction	- Les ateliers doivent être conçus pour la fabrication de prothèses bioniques, avec des zones spécifiques pour chaque étape du processus, y compris l'assemblage, la modélisation, l'impression 3D, etc.³⁸				
Exigence	<u>Zone d'Assemblage</u> : Des surfaces de travail suffisantes, des supports ergonomiques pour les outils, et un espace bien éclairé. <u>Zone de Modélisation et d'Impression 3D</u> : Des équipements spécifiques avec une ventilation adéquate pour les imprimantes 3D, une station de travail pour la modélisation, et des zones de contrôle de qualité. <u>Zone de Stockage</u> : Des étagères pour le stockage ordonné des matériaux et des prothèses, avec des protocoles de gestion des stocks. - Les espaces de travail doivent être ergonomiques pour faciliter la fabrication précise des prothèses. - L'uniformité de l'éclairage est également importante pour assurer une visibilité constante dans tout l'atelier.³⁹				
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage</u> : 500 lux générale 1000 lux pour la zone Assemblage⁴⁰	<u>Niveau sonore (les condition acoustique)</u> : 50 à 55dB⁴¹	<u>Température de service</u> : Inférieures à 30°C (Selon les recommandations, l'environnement de l'imprimante 3D)	<u>Humidité relative</u> : 30% à 60%	<u>Débit d'air</u> : 18m3 /h/personne

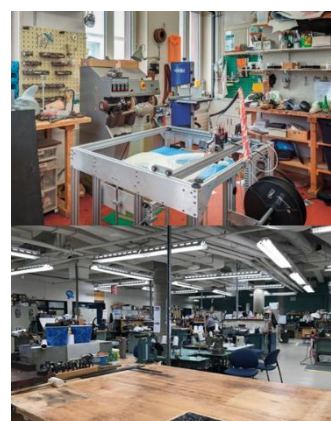
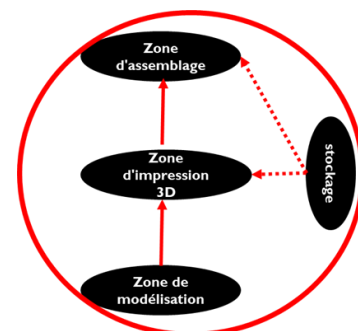


Figure 99: atelier de fabrication des prothèses au Québec
Source : <https://www.huffpost.com>

³⁸ - <https://atelierpras.com>

³⁹ - <https://bentek.fr>

⁴⁰ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 31

⁴¹ - Niveau acoustique : guide de cnb (contrôle nationale de bruit) réglementations acoustiques des bâtiments

Entité de recherche					
Laboratoire informatique (simulation)			 Figure 100 : laboratoire informatique. Source : https://www.cmaisonneuve.qc		
Fonction	- Développement Logiciel : Concevoir et tester des algorithmes pour les prothèses.				
	- Modéliser le comportement des prothèses par des simulations informatiques.				
Exigence	- Traitement et analyse des données issues des prothèses connectées. ⁴²				
	Architecture	- L'éclairage doit être suffisant pour permettre une visibilité adéquate des écrans d'ordinateur et des claviers, tout en évitant les reflets et les ombres gênantes			
Equipement		- La circulation de l'air doit être soigneusement planifiée pour éviter les zones de surchauffe et assurer une ventilation adéquate pour les équipements informatiques.			
	Niveau de confort	Niveau sonore (les condition acoustique) : Maintenir le bruit ambiant en dessous de 45 dB	Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	Humidité relative : 40% à 60%	Débit d'air : 18m3 /h/personne
- Postes de Travail Informatiques : Équipés de matériel performant pour le développement logiciel.					
Entité de recherche					



Figure 100 : laboratoire informatique.
Source : <https://www.cmaisonneuve.qc>

⁴² - <https://www.polyvia.fr/fr>

⁴³ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 37

Laboratoire d'enseignement et expérimentations (flexible)					
Fonction	- Espace Polyvalent : Configurable pour diverses activités de recherche et de développement. - Prototype et Test : Pour la fabrication et le test de prototypes de prothèses.				
Exigence	<u>Architecture</u>	- prévoir des zones de stockage pour les équipements et les fournitures, ainsi que des zones de travail pour les expériences pratiques.⁴⁴			
	<u>Équipement</u>	- Espaces Modulables : Cloisons mobiles, mobiliers flexibles pour réorganiser l'espace. - Équipements Polyvalents : Tables réglables en hauteur, étagères modulables. - Systèmes de Stockage Mobiles : Pour optimiser l'espace en fonction des besoins			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux ⁴⁵	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 40 à 45 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/persone



Figure 101: laboratoire flexible / Source : <https://www.archdaily.com/>

Entité de recherche	
Salle des collaborations	
Fonction	- Favoriser la collaboration et l'échange d'idées entre les membres de l'équipe. - Encourager la créativité et l'innovation dans le processus de conception et de développement des prothèses bioniques.

⁴⁴ <https://www.arecidf.fr>

⁴⁵ : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 37

Exigence	<u>Architecture</u>	- un espace adéquat pour permettre aux chercheurs de travailler ensemble de manière efficace - L'éclairage naturel et artificiel doit être suffisant pour permettre une visibilité adéquate sans créer de reflets gênants sur les écrans ou les tableaux.			
	<u>Équipement</u>	- Utilisation de matériaux et de couleurs favorisant une atmosphère collaborative. - Mobiliers modulaires pour permettre différentes configurations de travail. - Équipement audiovisuel pour faciliter les présentations			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u>	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u>	<u>Température :</u>	<u>Humidité relative :</u>	<u>Débit d'air :</u>
	500 à 750 lux	40 à 45 dB	22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	40% à 60%	18m3 /h/personne

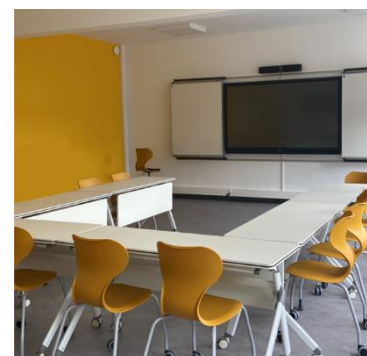


Figure 102: Salle des collaborations
Source : <https://www.aratice.fr>

Entité de recherche					
Bureau de chercheur					
Fonction	- sont des espaces dédiés à la réalisation de travaux intellectuels, d'analyses, et à la rédaction de rapports dans le domaine des prothèses bioniques. Ils doivent favoriser la concentration et la productivité ⁴⁶				
Exigence	<u>Architecture</u>	- un espace adéquat pour permettre au chercheur de travailler de manière efficace - L'éclairage du bureau de chercheur doit être soigneusement planifié pour créer une ambiance propice à la concentration et au travail intellectuel. - Des matériaux d'insonorisation et un agencement approprié peuvent aider à réduire les bruits indésirables et à favoriser la concentration.			

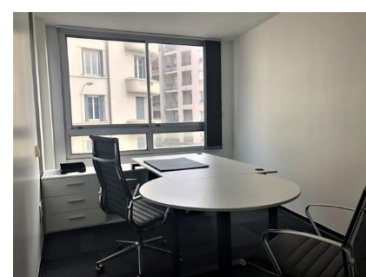


Figure 103: bureaux de recherche individuel
Source : <https://mhmimmobilier.com>

⁴⁶ - <https://www.academia.edu/>

	<u>Equipement</u>	- Mobiliers ergonomiques favorisant une posture saine. - Espace de travail personnalisable et ajustable.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 à 750 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 40 dB ⁴⁷	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité de recherche					
Infirmierie					
Fonction	- un espace dédié à la fourniture de soins de santé aux patients et du personnel				
Exigence	<u>Architecture</u>	- Accessibilité facile - devisé en deux : zone de consultation et zone de stockage - L'acoustique de l'infirmierie est un élément important pour assurer un environnement calme et propice au repos des patients. - exigence de la lumière naturel ⁴⁸	 Figure 104: Infirmierie Source : https://www.seuil-architecture.com		
	<u>Equipement</u>	- <u>Mobilier médical</u> : divan d'examen, chaises, tables, armoires, etc. - <u>Matériel d'urgence</u> : défibrillateur, masque à oxygène, colliers cervicaux, etc.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux Examen 1000 lux ⁴⁹	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 50 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

⁴⁷ - Niveau acoustique : <https://www.siniat.fr>

⁴⁸ - <https://ipag.univ-rennes.fr>

⁴⁹ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 38

Entité de recherche					
Bureau de médecin				 Figure 105: Bureau de médecin Source : https://lbavere@gmail.com.	
Fonction	- Un espace où le médecin peut rencontrer et examiner les patients qui souhaitent participer à la fabrication de prothèses.				
Exigence	<u>Architecture</u>	Intégré aux entités de recherche, permettant le médecin de collaborer avec les équipes et de participer à mettre les prothèses ⁵⁰			
	<u>Equipement</u>	- bureau, chaises, divan d'examen, armoires de rangement, etc.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 500 lux Examen 1000 lux ⁵¹	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> 50 dB ⁵²	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité de recherche		
Vestiaire		
Fonction	- un espace adéquat pour permettre aux utilisateurs de se changer et de ranger leurs effets personnels.	
Exigence	<u>Architecture</u>	- peut inclure des douches, des lavabos, des toilettes et des systèmes de ventilation adéquats.

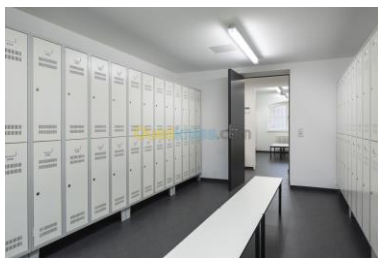


Figure 106: Vestiaire
Source : <https://www.ouedkniss.com/>

⁵⁰ - <https://sante.gouv.fr>

⁵¹ - éclairage : zumtobel Manuel pratique de l'éclairage page 38

⁵² - Niveau acoustique : <https://www.siniat.fr>

	<u>Équipement</u>	- des casiers individuels et des banc ⁵³			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u> 200 lux	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u> Maintenir le bruit ambiant en dessous de 45 dB	<u>Température :</u> 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	<u>Humidité relative :</u> 40% à 60%	<u>Débit d'air :</u> 18m3 /h/personne

Entité de recherche					
Magasin de laboratoire				 Figure 107: Le Stockage de laboratoire Source : https://www.mister-rayonnage.com	
Fonction	- destiné à stocker et à gérer les fournitures et les équipements nécessaires aux activités de recherche.				
Exigence	<u>Architecture</u>	- Il doit faciliter l'organisation et l'accessibilité des articles. - des zones de stockage spécifiques pour les produits sensibles à l'humidité ou à la température			
	<u>Equipement</u>	- Des étagères et des armoires pour le stockage ordonné des produits chimiques, des fournitures de laboratoire et des équipements. - Un système de gestion des stocks informatisé pour un suivi précis des inventaires.			
Niveau de confort	<u>Niveau d'éclairage :</u>	<u>Niveau sonore (les condition acoustique) :</u>	<u>Température :</u>	<u>Humidité relative :</u>	<u>Débit d'air :</u>
	500 à 750 lux	35 dB	22°C-24°C été 21°C-22°C hiver	40% à 60%	18m3 /h/personne



Figure 107: Le Stockage de laboratoire
Source : <https://www.mister-rayonnage.com>

Tableau 7 : tableau qualitatif
source : l'auteure

⁵³ - <https://www.lab-ecole.com>

4. L'organigramme fonctionnel :

- Relation forte
- Relation moyenne
- Relation faible

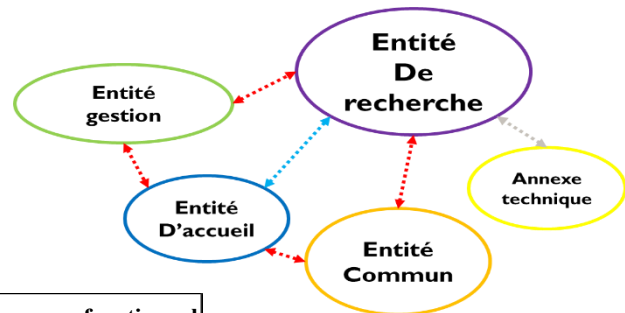


Figure 108: organigramme fonctionnel
Source: auteure

5. Programme quantitatif proposé :

Entité	Espace	Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface (m²)
L'accueil	Hall d'accueil	1	100	100
	Réception	1	15	15
	Circulation	25% (≈28m²)		
Surface totale	143m²			

Entité		Espace	Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface (m²)
Entité commune		Salle de conférence	1	100	100
		Espace d'Exposition	1	50	50
		Salles de classe	3	40	120
		Salles de repos et de détente	1	65	65
		Cafétéria	1	100	100
		Sanitaire H-F	2	20	40
		Circulation	25% (100m²)		
Surface totale		575m²			
Entité	Espace		Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface (m²)

Entité de gestion	Bureau de directeur	1	30	30
	Secrétariat	1	15	15
	Bureau des services de gestion	1	15	15
	Bureau responsables des laboratoires	1	30	30
	Bureau comptabilité	1	15	15
	Salle de réunion	1	45	45
	Sanitaire H-F	2	20	40
	Circulation	15% (≈27m²)		
Surface totale	207m²			

Entité	Espace	Nombre	Surface unitaire (m ²)	Surface (m ²)
Entité de recherche	Laboratoire informatique (simulation)	3	80	240
	Laboratoire d'analyse de mouvement	2	90	180
	Atelier de Fabrication des prototypes	2	70	140
	Laboratoire d'enseignement et expérimentations (flexible)	2	80	160
	Bureau médecin	1	25	25
	Infirmierie	1	20	20
	Salle des collaborations	3	40	120
	Bureaux de recherche	5	15	75
	Magasin de laboratoire	2	35	70

	Sanitaire H-F	4	20	80
	Circulation	15% (≈160m²)		
Surface totale	1270m²			

Entité	Espace	Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface (m²)
Annexe technique	Locaux techniques (électricité)	2	50	100
	Espaces de stockage	1	20	20
	Circulation	15% (≈18m²)		
Surface totale	138 m²			

Entité	Surface (m ²)
L'accueil	143
Entité commun	575
Entité de gestion	207
Entité de recherche	1270
Annexe technique	138
Surface totale	2333

Tableau 8 : tableau quantitatif
source : l'auteure

Synthèse :

Le programme présente le point d'articulation entre l'étude thématique, analytique et conceptuel, ainsi que cette étude c'est la base de chaque projet architectural car on a défini dans cette partie les besoins et les objectifs spécifiques de chaque espace, facilitant ainsi la création d'un programme spatial optimal. Ce dernier, élaboré en prenant en compte les contraintes et les normes, vise à assurer le bon fonctionnement d'un laboratoire de recherche en (IA) pour les prothèses bioniques. L'intégration de nouveaux espaces, tels que les laboratoires d'analyse de mouvement et les laboratoires flexibles, ainsi que l'adoption de stratégies environnementales pour répondre aux exigences de confort, sont également des aspects clés du projet.

CHAPITRE 04 : ÉTUDE CONCEPTUEL

Introduction :

Ce chapitre se consacrera à détailler les principes et les démarches de conceptualisation et de formalisation de notre projet, en intégrant les synthèses et recommandations des chapitres précédents. L'objectif est de concevoir un projet qui s'intègre harmonieusement à son environnement, en assurant une symbiose entre la forme, la fonction, la structure et la qualité architecturale.

1. La genèse du projet :

1.1. L'idée d'inspiration :

Un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat cherche à représenter la transformation d'une personne à mobilité réduite retrouvant l'indépendance grâce à une prothèse.

L'accent est mis sur le rôle crucial de la prothèse dans la récupération de la stabilité et la reprise de la mobilité pour les personnes à mobilité réduite.

Cette métaphore, bien que non tangible, symbolise visuellement cette transition, offrant ainsi un message d'espoir et de possibilité de retrouver une vie normale.



Figure 109 : illustration d'évolution de marcher avec une prothèse bionique
source : tpsportprothese.wordpress.com

1.2. Etat de lieu :

L'existence d'un voisinage a généré des flux que l'on peut classer en trois catégories : un flux fort, un flux moyen et un flux faible.

Le site est caractérisé par trois sous-groupes :

- Relation directe avec le projet (la faculté de médecine, département de vétérinaire).
- Les espaces aménagés et les parkings.
- Autres infrastructures (faculté de science humaine).

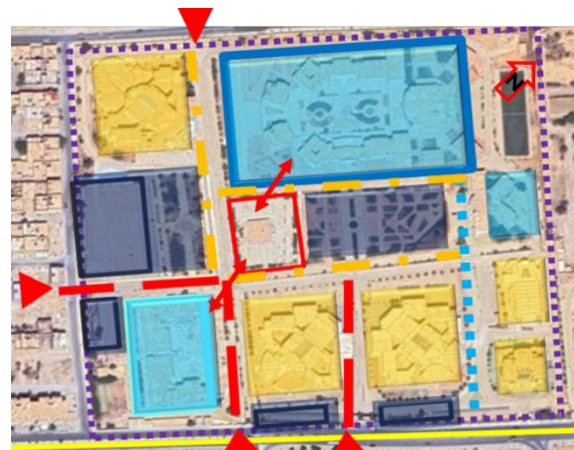


Figure 110 : les types de voisinage et les flux de terrain
source : google earth traité par l'auteur

■	Le terrain	■	Relation direct
—	Flux important	■	les espaces aménagés et les parkings
—	Flux moyen	■	autre infrastructure
...	Flux faible		

- Le terrain est exposé aux conditions climatiques (ensoleillement et les vents)
- Existence d'une cafétéria qu'en va récupérer sa fonction dans le programme
- Nécessité de préserver la végétation existante.

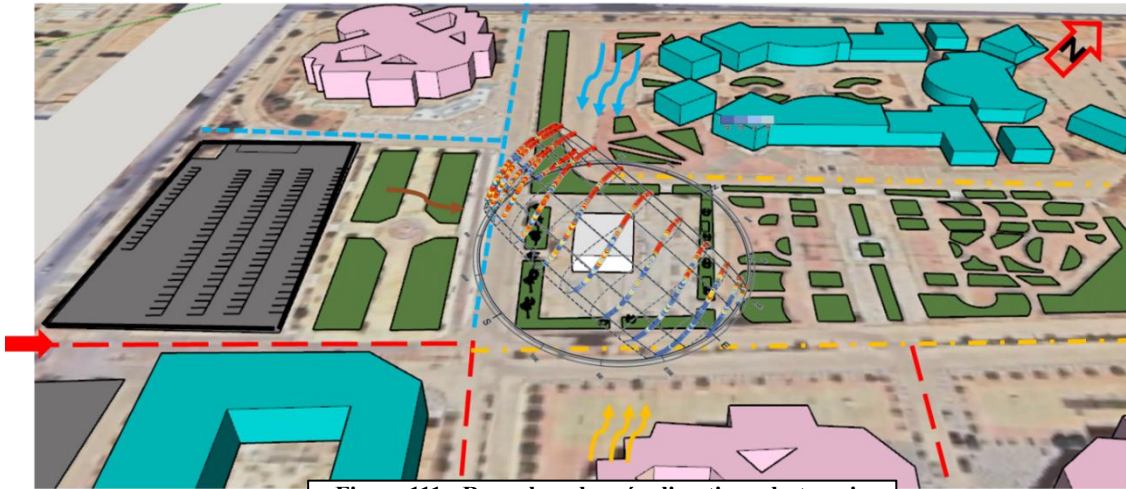


Figure 111 : Rappel au données climatique du terrain
source : google earth traité par l'auteur

- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|
| | Les vents dominants frais Nord-Ouest | | Flux faible |
| | Les vents chauds Sud-est | | Faculté de médecine et département de vétérinaire |
| | Siroco Sud-ouest | | Faculté des sciences humaine |
| | Flux important | | Parking |
| | Flux moyen | | |

1.3. Choix des accès :

- On a choisi 03 zone accès :
- Accès principal représente le point de convergence des flux : l'entrée de l'université, du parking et du département de vétérinaire.
- Deux un accès secondaire pour les chercheurs regroupe les flux venant de la faculté de médecine et de parking et un accès secondaire pour les étudiantes.
- Mise en évidence du parcours articulant la faculté au département de vétérinaire afin d'assurer une continuité fonctionnelle et spatiale.

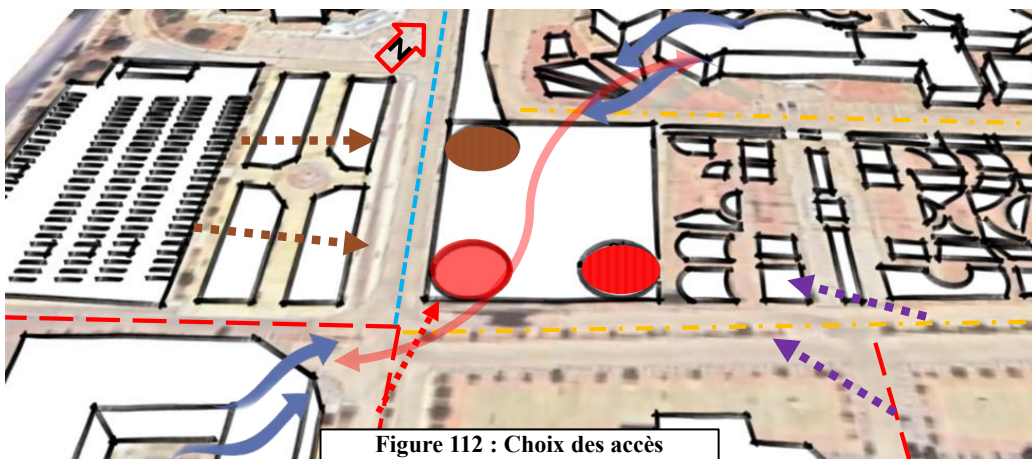


Figure 112 : Choix des accès
source : l'auteur



1.4. Mode d'Occupation de terrain :

Le projet occupe la partie postérieure par rapport à la zone d'accès principale du terrain et se situe à proximité de la faculté de médecine afin de :

- Assurer une relation directe avec la faculté de médecine.
- Espace non bâti aménagé regroupe les trois zones d'accès et accueillant les différents flux.

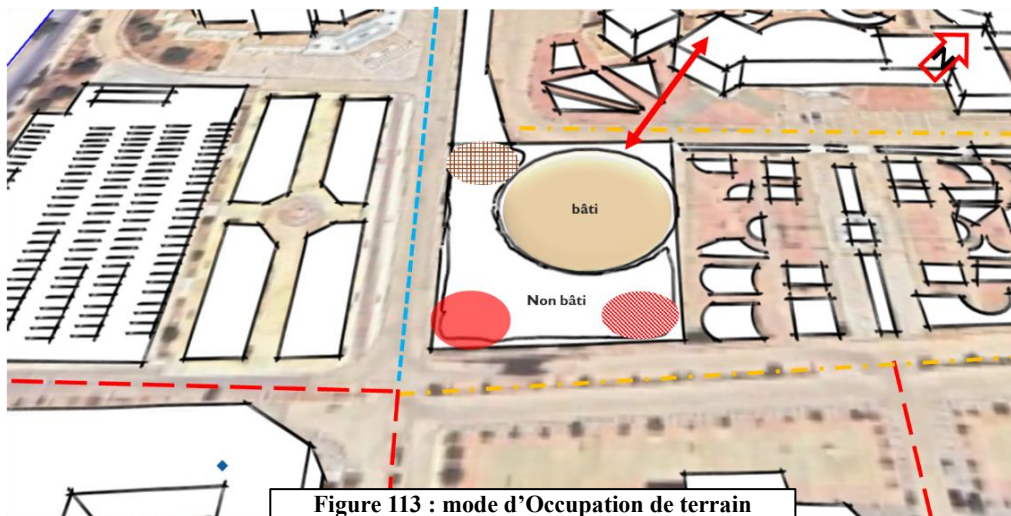


Figure 113 : mode d'Occupation de terrain
source : l'auteure

1.5. Zoning :

- Création d'un espace central (un patio jardin) comme élément structurant et espace de distribution, visant à optimiser le confort visuel et thermique (éclairage indirect, aération et ombrage).
- L'entité de recherche occupe une grande partie de la masse, en relation directe avec la faculté de médecine. Cette orientation nord garanti une lumière du jour uniforme.
- l'entité commune implantée à proximité de la zone d'accès principal et des étudiants (cafétéria et salle de conférence).
- L'accueil située en face de la zone d'accès principal et articule l'entité commune et l'entité de recherche.

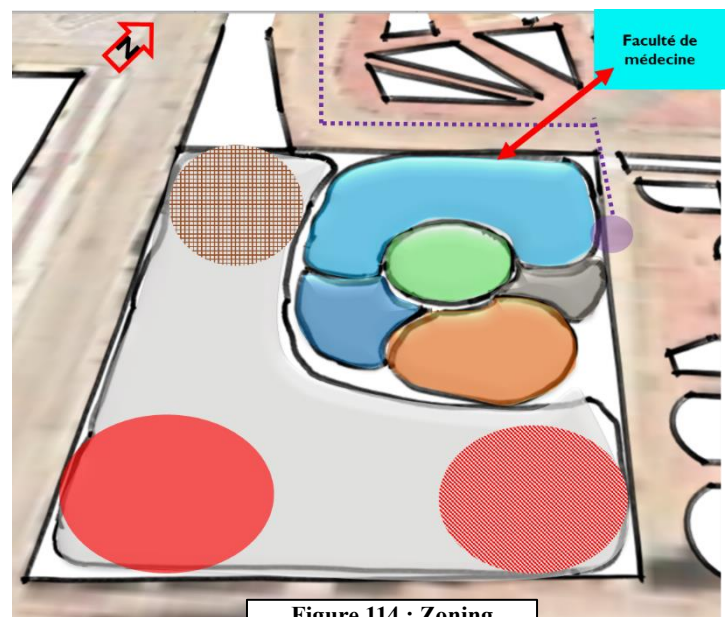


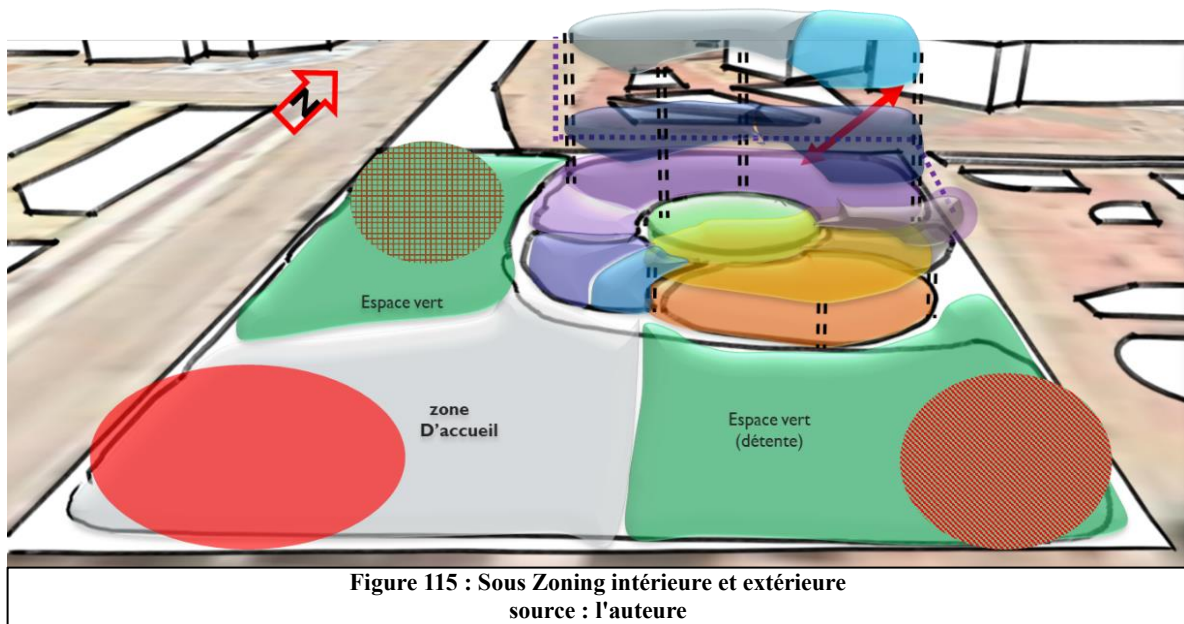
Figure 114 : Zoning
source : l'auteure

- Les annexes sont placées entre l'entité commune et l'entité de recherche (nécessité de créer un accès de service à la partie postérieure).

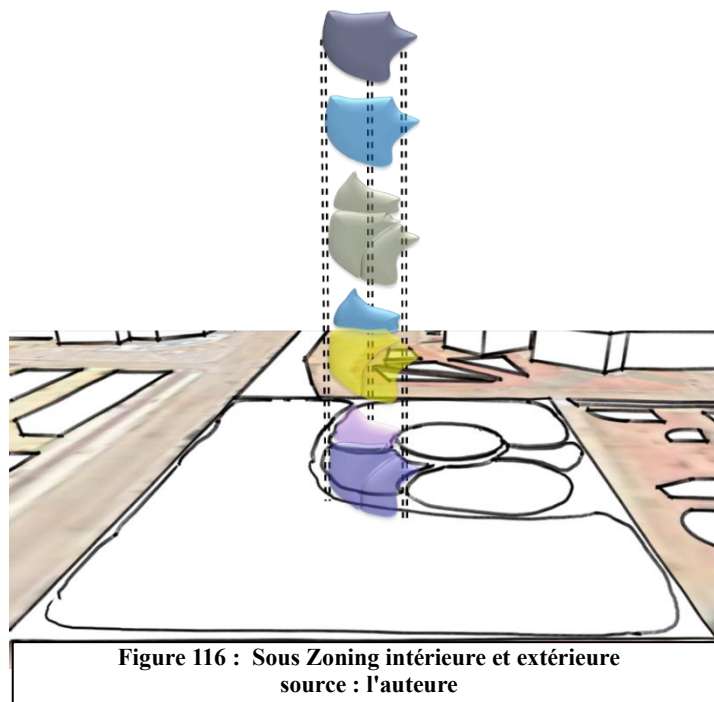
	Relation forte		Zone accès principale
	L'accueil		Zone accès des chercheurs
	entité de recherche		Zone accès des étudiants
	Entité commune		Accès de service
	Annexe		

1.6. Sous Zoning intérieure et extérieure :

- L'accueil est un espace de réception et d'orientation avec une zone d'exposition.
- L'entité commune composée d'une cafétéria dans la partie en relation directe avec l'espace aménagé et salle de conférence dans la partie supérieure avec un accès indépendant dans la partie aménagée et 3 salles de classe sur l'espace d'accueil.
- Entité de recherche distribuée sur 5 niveaux selon le type d'activité, les espaces semi publics (le contrôle médical) au niveau inférieur.
- Au niveau supérieure des annexes espace de détente.
- L'entité de gestion à la partie postérieure en relation direct avec la Faculté de médecine.



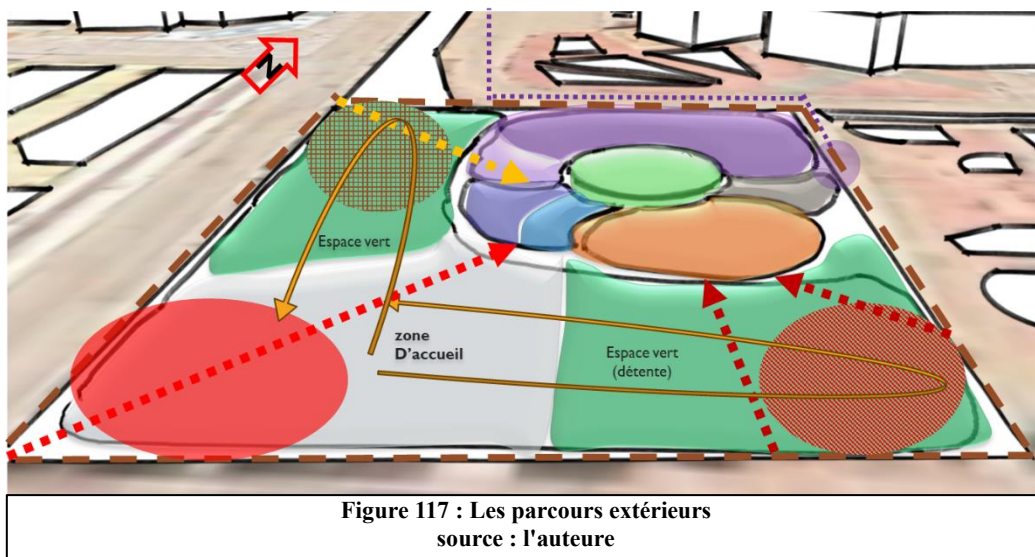
	laboratoire d'informatique		Zone accès principale
	L'entité de gestion		Zone accès des chercheurs
	Atelier de fabrication		Zone accès des étudiants
	Espaces de contrôle médical		Accès de service
	Laboratoire de mouvement		Espace d'exposition
	Hall d'entrée		La salle de conférence
	Cafétéria		Annexe



- | | | | |
|---|---------------------------|--|---------------------------|
|  | laboratoire de simulation |  | Zone accès principale |
|  | Laboratoire flexible |  | Zone accès des chercheurs |
|  | Salle de classe |  | Zone accès des étudiants |
|  | Bureau de recherche |  | Accès de service |
|  | Laboratoire de simulation | | |

1.7. Parcours extérieurs :

- Un Parcours de franchissement qui mène directement vers l'entité d'accueil.
- La mise en valeur des parcours extérieurs existant autour du terrain avec un aménagement de la cafétéria qui facilite l'accès aux étudiants.
- Création d'une entrée pour les chercheurs afin de séparer l'entité de recherche et l'espace d'exposition.

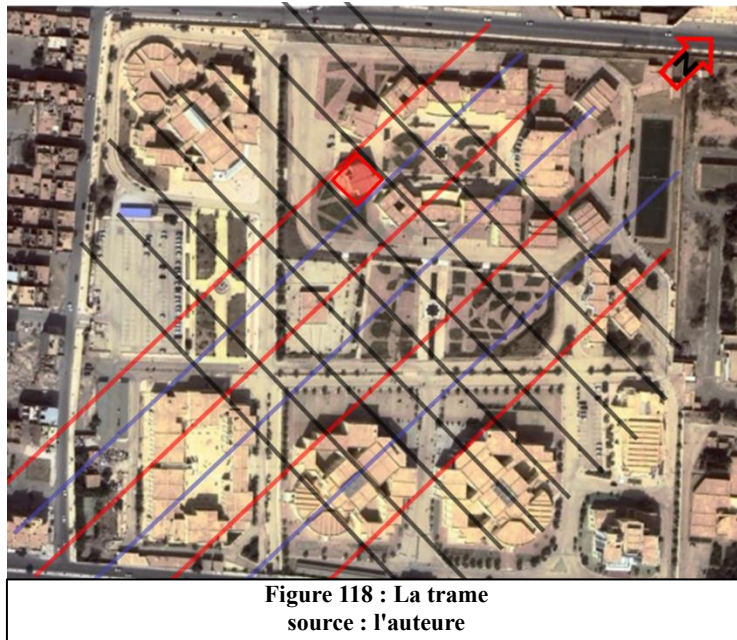


	Parcours de découverte		Zone accès principale
	Parcours de franchissement		Zone accès des chercheurs
	Parcours piétons		Zone accès des étudiants
	Espaces de contrôle médical		Accès de service
	Laboratoire de mouvement		Espace d'exposition
	Hall d'entrée		La salle de conférence
	Cafétéria		Annexe

1.8. La trame :

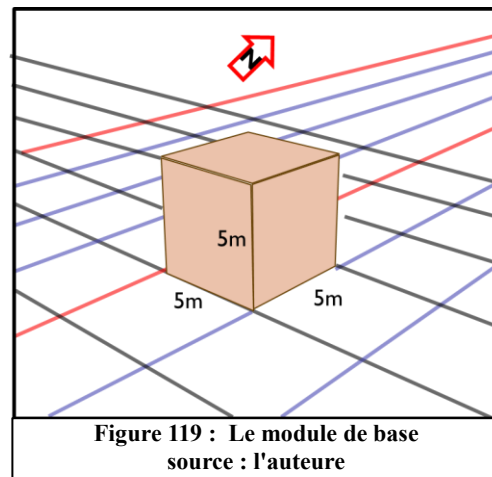
La trame comme concept géométrique a été utilisée dans ce processus conceptuel, elle est définie par :

- Origine (direction et dimension) : faculté de médecine (continuité formel et fonctionnelle).
- Direction : nord-sud.
- Module et dimension : 5x5m.
- Aspect environnemental : orientation privilégiée Nord/Sud.



1.9. Forme et volume :

- On a choisi le cube comme élément de composition, représentant une métaphore visuelle non tangible de la stabilité physique et fonctionnelle des prothèses. Cette forme offre la stabilité et l'équilibre, reflétant ainsi le rôle d'une prothèse.
- Ce module de 5m par 5m de la trame nous permettra de moduler notre projet de façon fonctionnelle, structurelle et harmonieuse (formel) tangible.



Etape 01 : Élément primaire de création (organisation par le vide : patio)

- En commence la création de volume par le patio/atrium, entant que l'élément structurant, par la multiplication du module de base en 6 éléments. Cette composition prend l'orientation est/ouest pour réorienter les espaces orientés vers l'ouest vers le patio.

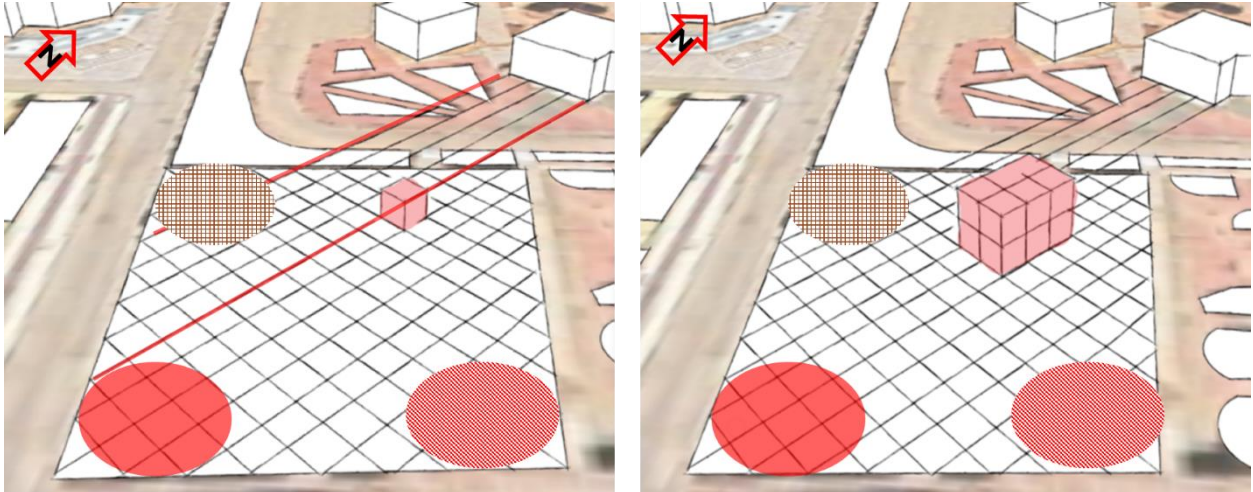


Figure 120 : Élément primaire de création (organisation par le vide : patio)
source : l'auteur

Etape 02 : Positionnement de L'entité commune

- Orienter le volume de la cafétéria en alignement avec les flux d'étudiants par multiplication du module de base.

- Adapter la configuration par l'ajout de modules supplémentaires par translation verticale pour répondre aux besoins de la salle de conférence.

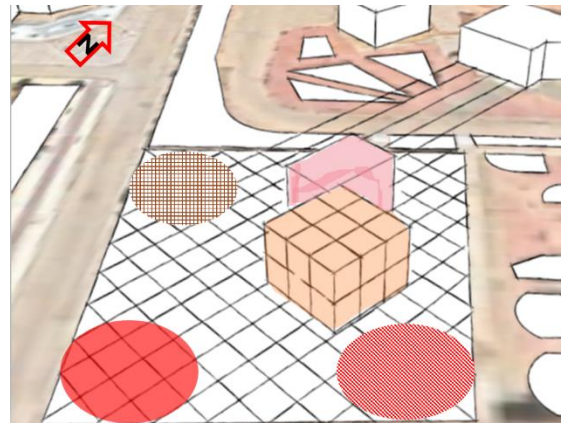


Figure 121 : Positionnement de L'entité commune
source : l'auteur

Etape 03 : Équilibre de la forme

- Le volume de l'entité de recherche prend une forme symétrique de L'entité commune par rapport au patio pour maintenir l'équilibre tout en respectant la trame architecturale de base.

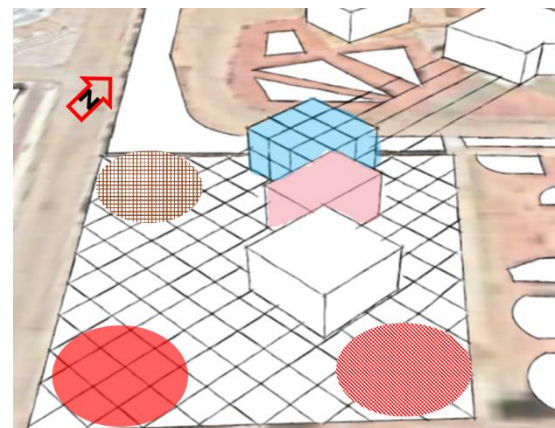


Figure 122 : Équilibre de la forme
source : l'auteur

Etape 04 : Mise en évidence de l'entité de recherche

- Addition du module de base dans l'entité de recherche pour répondre aux besoins de notre programme où les laboratoires seront distribués sur 3 niveaux selon leurs types.
- Ce volume prend une orientation nord/sud (pour des raisons environnementales).

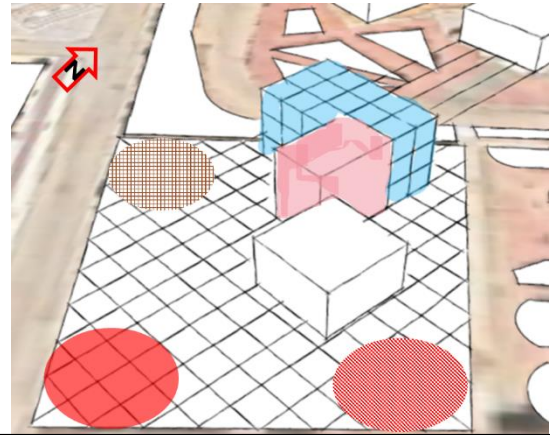


Figure 123 : mise en évidence de l'entité de recherche
source : l'auteur

Etape 05 : Articulation et séparation

- Pour équilibrer la nouvelle forme de l'entité de recherche.
- On a donné à l'entité d'accueil une forme d'un parallélépipède de 24 modules dans la même orientation Sud/nord.
- La partie d'annexe prend une forme de cube 2u x 2u x 2u.

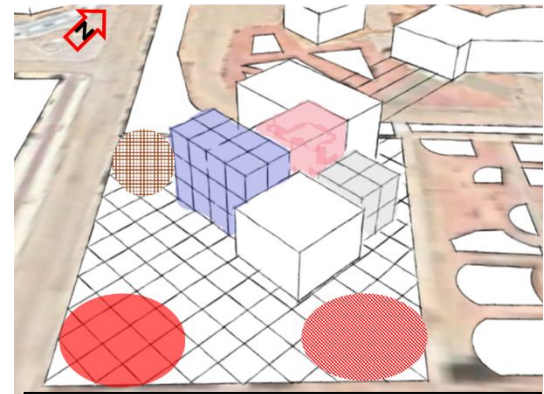


Figure 124: articulation et séparation
source : l'auteur

Etape 06 : Création d'articulation entre les volumes

L'insertion des volumes d'articulation entre :

- L'entité d'accueil et l'Entité de recherche.
- Les annexes, le patio et l'entité commune.

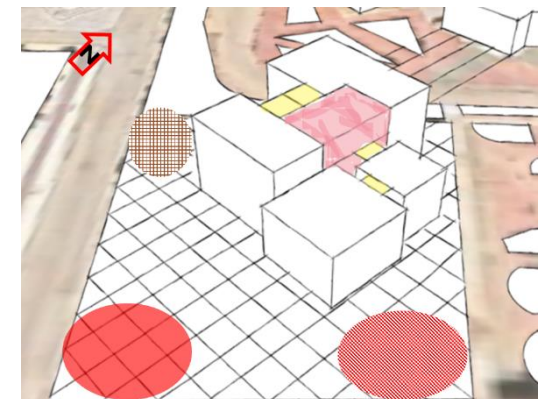


Figure 125 : Création d'articulation entre les volumes
source : l'auteur

Etape 07 : Identification de l'entrée

- L'entrée principale est formalisée par une tour qui constitue un élément d'identification.

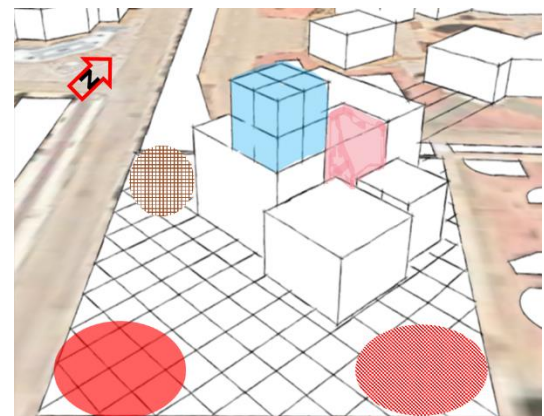


Figure 126 : Identification de l'entrée
source : l'auteur

Etape 08 : Soustraction sur le module de la tour

- Une opération de soustraction sur le module de la tour pour marquer l'entrée.

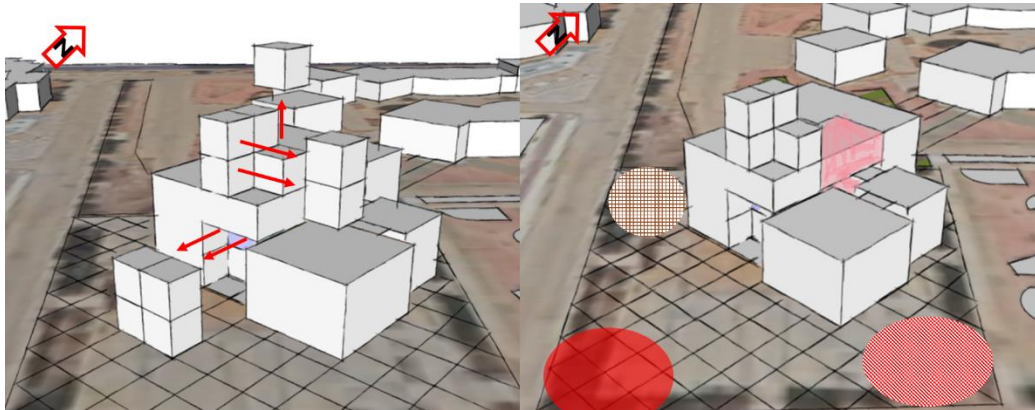


Figure 127 : Soustraction sur le module de la tour
source : l'auteur

Etape 09 : La formalisation de la prothèse

- Imbrication d'un parallélépipède dans la tour pour représenter la prothèse, renforçant ainsi la structure de manière similaire au rôle des prothèses dans le domaine médical.

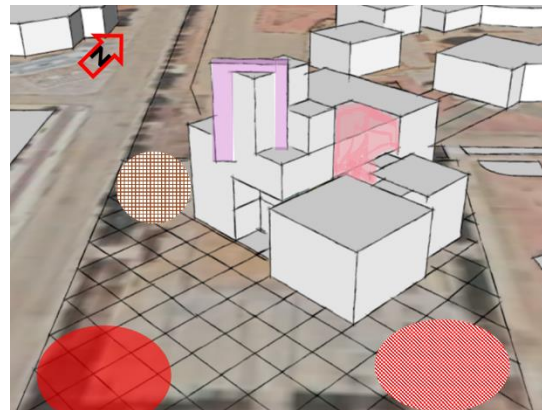


Figure 128 : La formalisation de la prothèse
source : l'auteur

Etape 10 : Équilibre de la tour

- Création d'un élément d'accompagnement à la tour pour équilibrer la volumétrie.

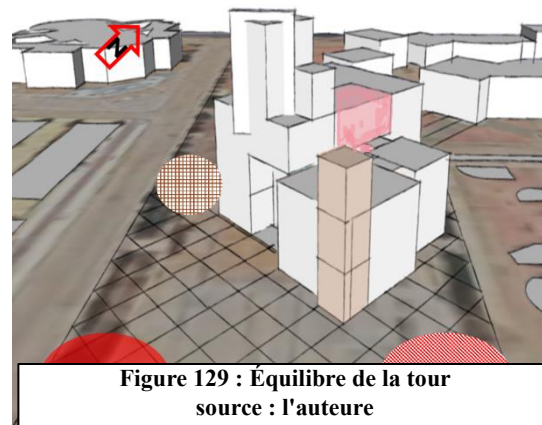


Figure 129 : Équilibre de la tour
source : l'auteur

1.10. Parcours et aménagements extérieurs :

➤ Parcours et Trame :

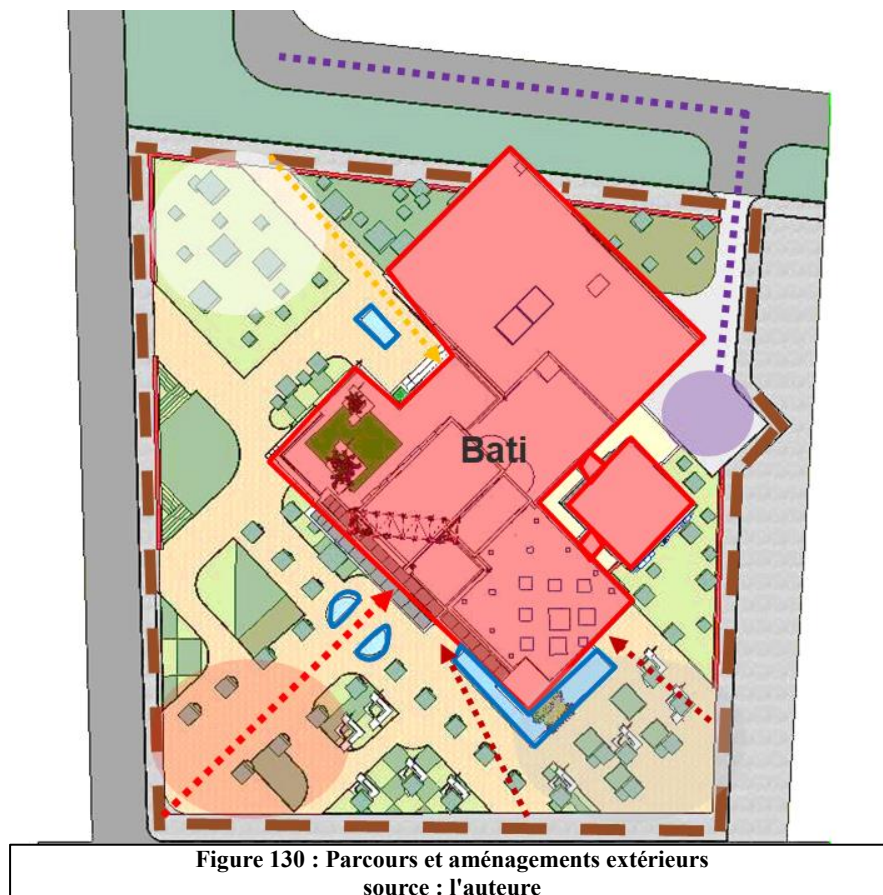
- Les parcours sont organisés suivant la trame géométrique, assurant une circulation facile et intuitive. Les chemins sont rectilignes et bien connectés
- La disposition de bâti et des espaces extérieurs respecte une certaine symétrie, contribuant à une apparence harmonieuse et équilibrée.

➤ Végétation :

- Ombre et Rafraîchissement : Les arbres et arbustes sont placés stratégiquement pour fournir de l'ombre aux zones de circulation piétonne et aux espaces de détente. Cela aide à réduire la température ambiante et offre des zones de repos confortables, essentielles dans un climat chaud et aride.

➤ Fontaines et Points d'Eau :

- Rafraîchissement et humidification de l'Air : Les fontaines aident à rafraîchir l'air par évaporation. L'eau qui s'évapore des fontaines peut réduire la température de l'air environnant, créant ainsi des microclimats plus agréables.



	Parcours de découverte		Zone accès principale
	Parcours de franchissement		Zone accès des chercheurs
	Parcours piétons		Zone accès des étudiants
	Bati		Accès de service

2. Plan de masse :

- Le laboratoire est implanté dans la partie postérieure de terrain ce qui permet d'avoir un espace détente aménageable pour la cafeteria et accueillir les différents flux.

- Les espaces extérieurs : sont conçus en corrélation avec la forme du bâtiment, tout en respectant la trame architecturale de base (intégrant des formes géométriques qui s'harmonisent avec l'ensemble architectural et le site environnant).



- Zone accès principale
- Zone accès des chercheurs
- Zone accès des étudiants

2.1. Conception des espaces extérieur :

L'aménagement extérieur est conçu d'une façon de faciliter le déplacement entre le projet et les espaces extérieurs qui l'entourent (espace vert, espace de détente) par des parcours.

✓ Et les espaces extérieurs sont composés par :

- Espace de circulation (les parcours),
- Espace d'attente (extension extérieure de cafétéria),
- Végétation et plans d'eaux.

✓ Le Pourcentage d'occupation de sol du projet d'un laboratoire de recherche en IA pour les prothèses bionique :

- Espace bâti : 1115 m² (33%)
- Espace non bâti : 2205 m² (67%).

A) L'espace de végétation et plan d'eaux :

✓ Pour la végétation on a un pourcentage de 54,4% et les plans d'eaux 2,67% (de l'espace non bâti).

✓ Et pour les types de végétation utilisé :

- On a utilisé un arbre taillé en cube pour suivre la trame, offrant ainsi une organisation structurée et esthétique

- On a conservé 80% de la végétation existante sur le terrain.

Type de végétation	Dimension (m)	Adaptation au Climat	Typologie	L'effet
Arbre taillé : Laurier-cerise (Laurocerasus)	2 à 5	Résistant à la chaleur	Caducue	Décoratif, Ornementale
Palmier : Washingtonia	3 à 12 et feuille 1,5	Résistant à la chaleur	Persistante	Ornementale, Ombre
Le fusain du japon	0,5 à 2	Résistant à la chaleur	Persistante	Décoratif, Haie
Olivier (Olea europaea)	2 à 4	Résistant à la chaleur et à la sécheresse	Persistante	Ornementale, Terrasse
Le souci	0,5	Préfère les climats tempérés	Persistante	Décoratif

Tableau 9 : tableau de végétation
source : l'auteur



Figure 132 : les types de végétation et les plans d'eaux
source : l'auteure

B) L'espace de détente :

✓l'Espace aménagé assure la continuité de la fonction de la cafétéria vers l'extérieur, occupé par des mobiliers, des bancs et une pergola tridimensionnelle, rappelant la structure de la tour.

C) Traitement des parcours :

✓ Les parcours sont traités de manière différent (les parcours autour de terrain et les parcours à l'intérieurs (Ils ont présenté un pourcentage de 42,93%).

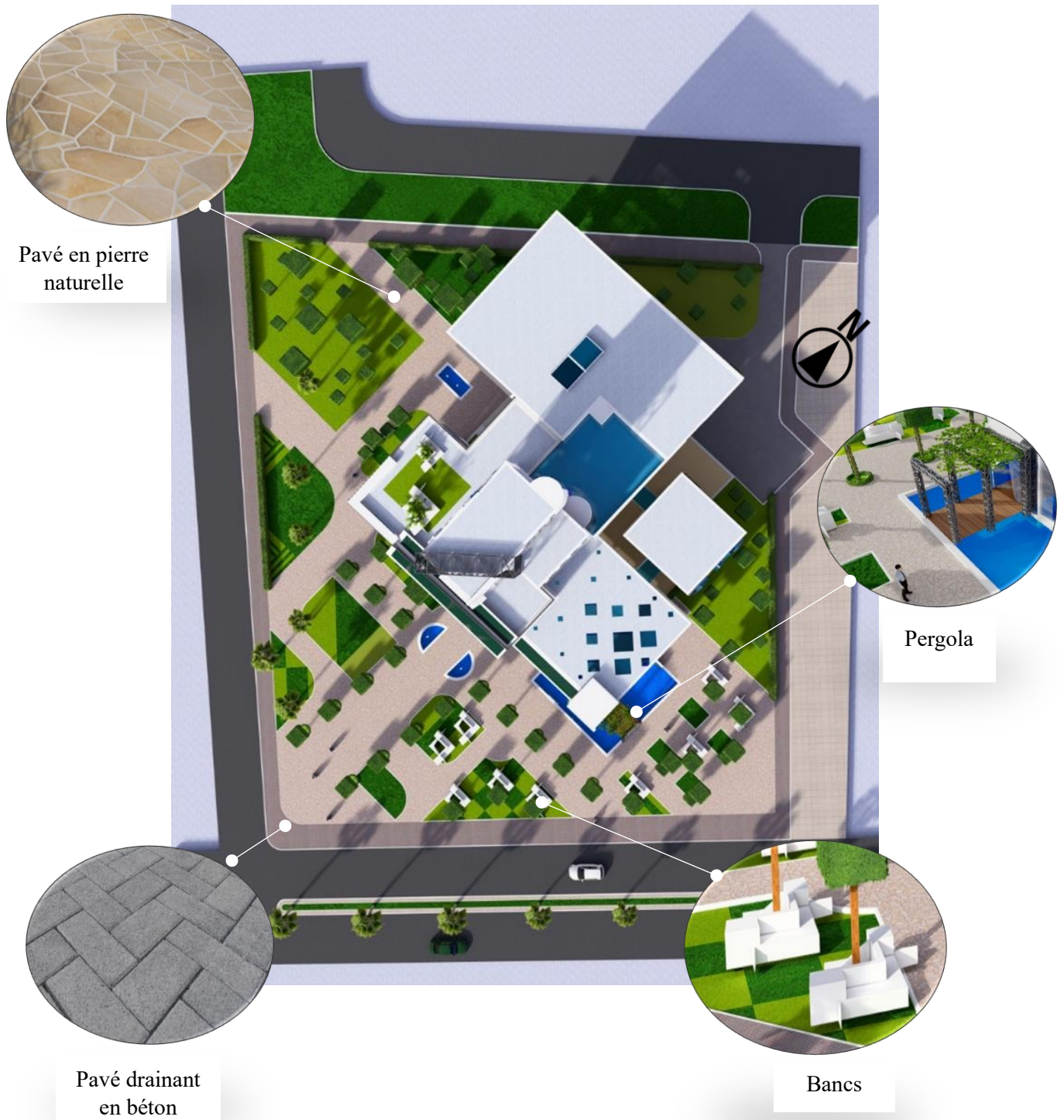
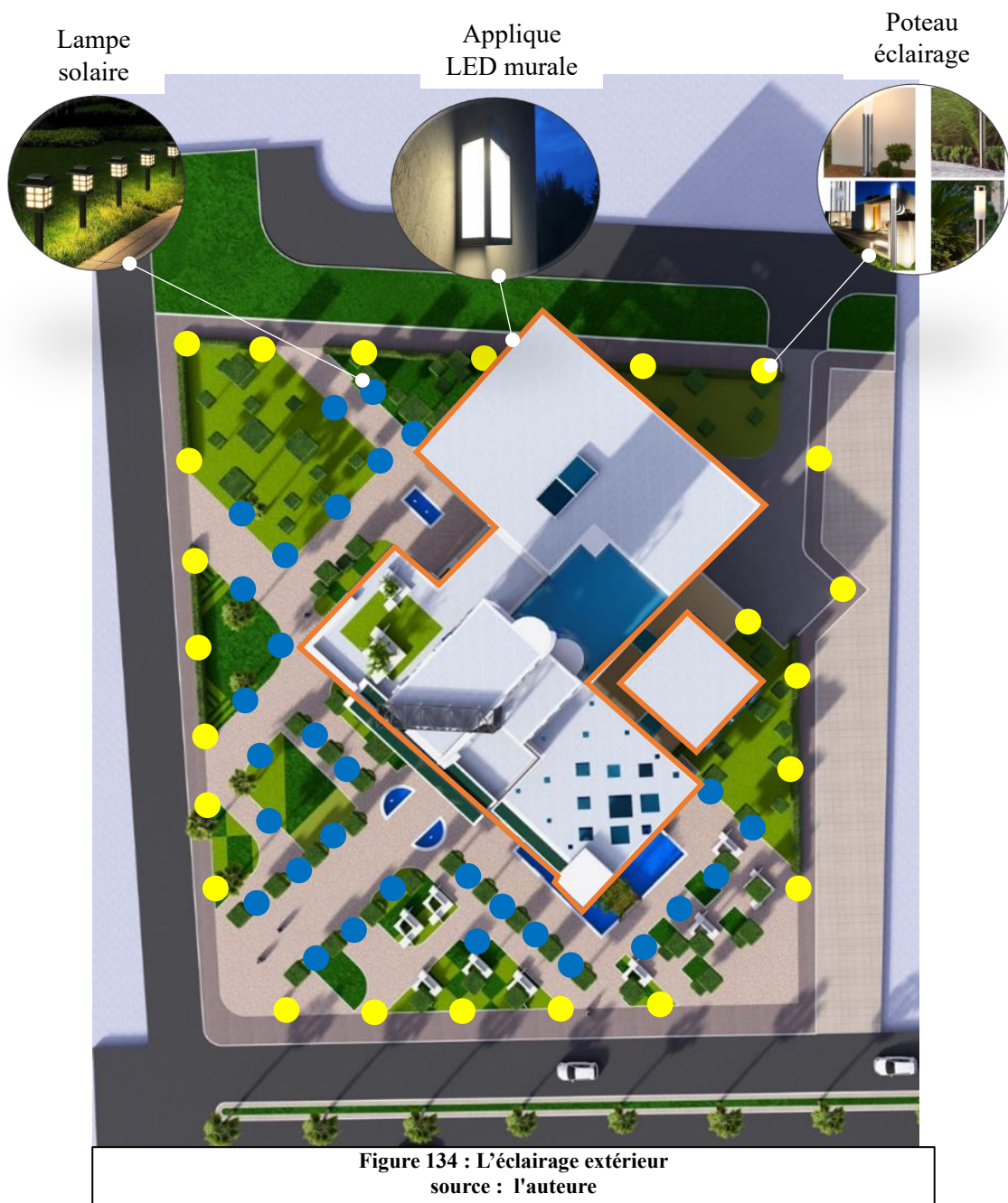


Figure 133 : L'espace de détente et traitement des parcours
source : l'auteur

D) L'éclairage extérieur :**3. Description et présentation des plans :**

On a distribué les espaces en 6 niveaux dont :

- Le RDC abrite des espaces commune, semi-public et de recherche.
- Le R+1 abrite les espaces communes et les laboratoires informatique.
- Le R+2 abrite administration, les ateliers de fabrication et les bureaux de recherche.
- Le R+3 jusqu'au R+5 le laboratoire de simulation et laboratoire flexible.

- Les espaces sont organisés autour du patio/atrium (l'élément structurant) pour offrir une transition visuelle et fonctionnelle entre l'environnement extérieur et les espaces intérieurs (lumière naturelle et la ventilation naturelle).
- Distribution linéaire, par une coursive principale qui mène aux laboratoires.
- La circulation verticale situés près du patio est assurée par les escaliers et les ascenseurs (afin d'assurer une bonne fluidité il y a 2 escaliers et 2 ascenseurs et un escalier pour la salle de conférence).
- Les laboratoires sont organisés selon le type de recherche (chaque niveau par un type de laboratoire).

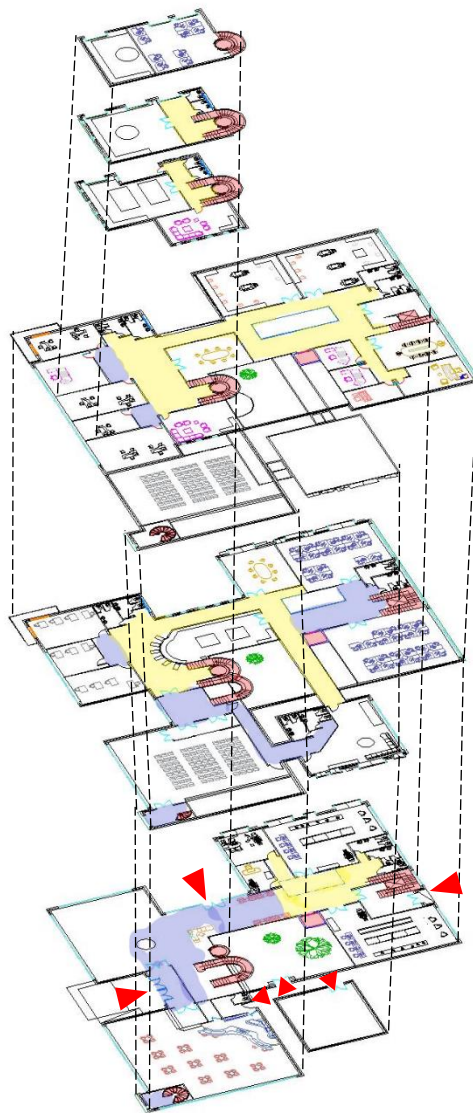


Figure 135 : La circulation verticale et horizontale
source : l'auteur

■ La circulation verticale
 ■ La circulation horizontale
 ■ Espace de distribution

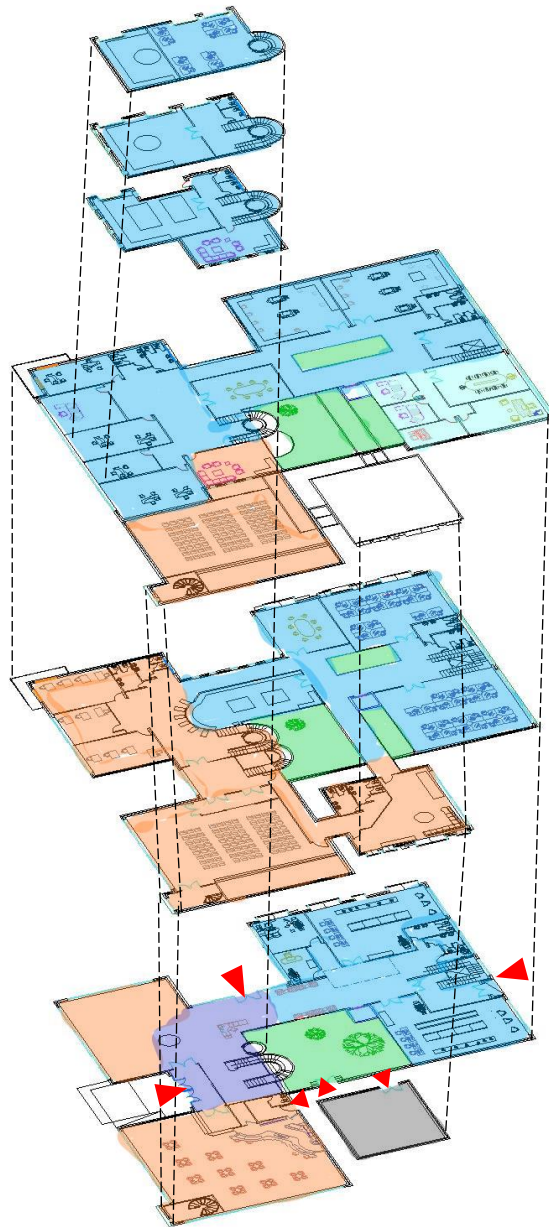


Figure 136 : les entités
source : l'auteur

	L'accueil		Entité commune		Entité de gestion
	entité de recherche		Annexe		

➤ Le niveau RDC :

- Au niveau de RDC, les espaces sont articulés avec une circulation linéaire droite. Les autres niveaux caractérisés par une hiérarchie de distribution.
- Le rôle principal de l'accueil est d'organiser les flux et les orienter vers les autres entités.

➤ **Le niveau R+1 :**

- Le laboratoire flexible est un espace central important, destiné à des activités de recherche ou de collaboration intensive. Cette zone centrale semble être un point de convergence pour les différents espaces du bâtiment.
- Une salle de collaboration est placée au-dessus des laboratoires informatiques. Elle est utilisée pour des réunions ou des travaux de groupe, favorisant les interactions et le travail en équipe.
- De plus, il y a un espace de détente et salle d'honneur, ce qui est essentiel pour le bien-être chercheur et les visiteurs.
- On a relié les espaces de recherche avec l'espace de détente, par une passerelle.

➤ **Le niveau R+2 :**

- Contient les Ateliers de fabrication, les bureaux de recherche avec un espace de détente et les espaces de gestion ce trouve sur les laboratoires côté nord/est.

Dans le côté sud (sur les bureaux de recherche), on a créé une tour de 3 niveaux diviser en deux espace servant (circulation et sanitaire) et espace servis (les laboratoires).

➤ **Le niveau R+3 :**

- Contient un laboratoire flexible et salle détente et repos avec une terrasse accessible.

➤ **Le niveau R+4 :**

- Contient le laboratoire de simulation.

➤ **Le niveau R+5 :**

- Contient espace d recherche qui est mezzanine sur le laboratoire de simulation.

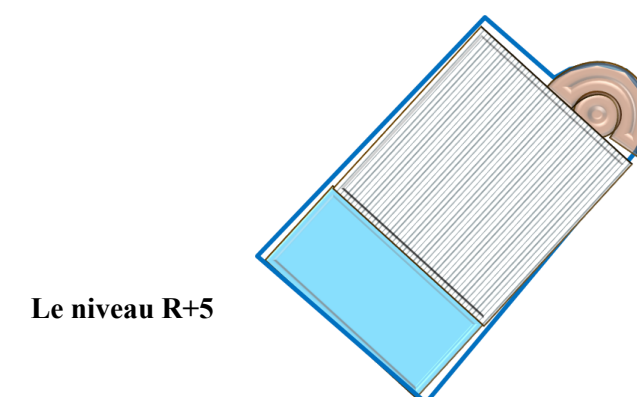
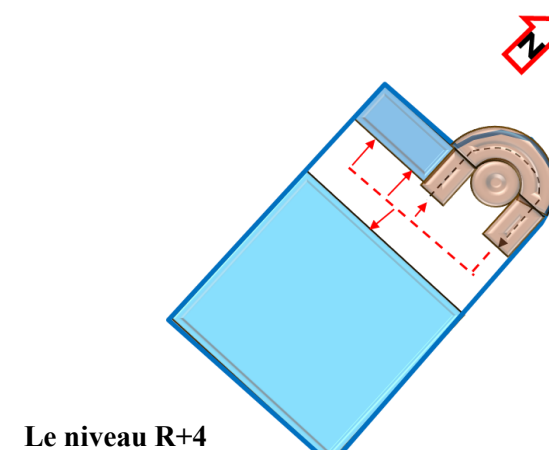
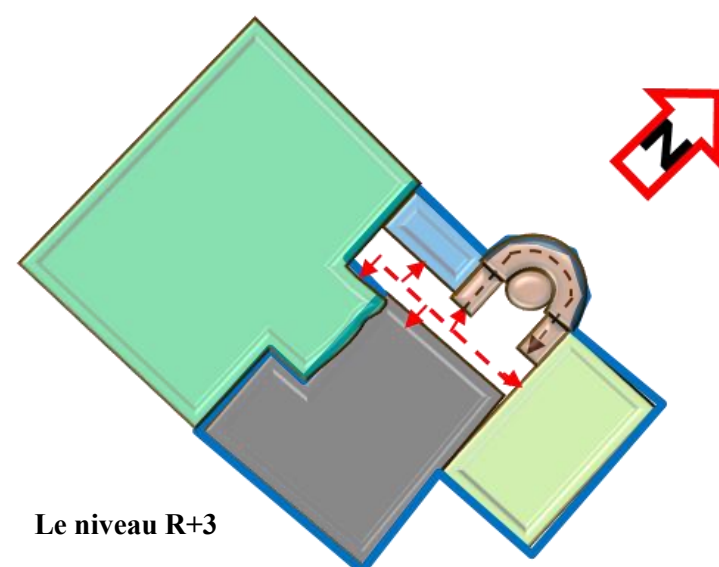
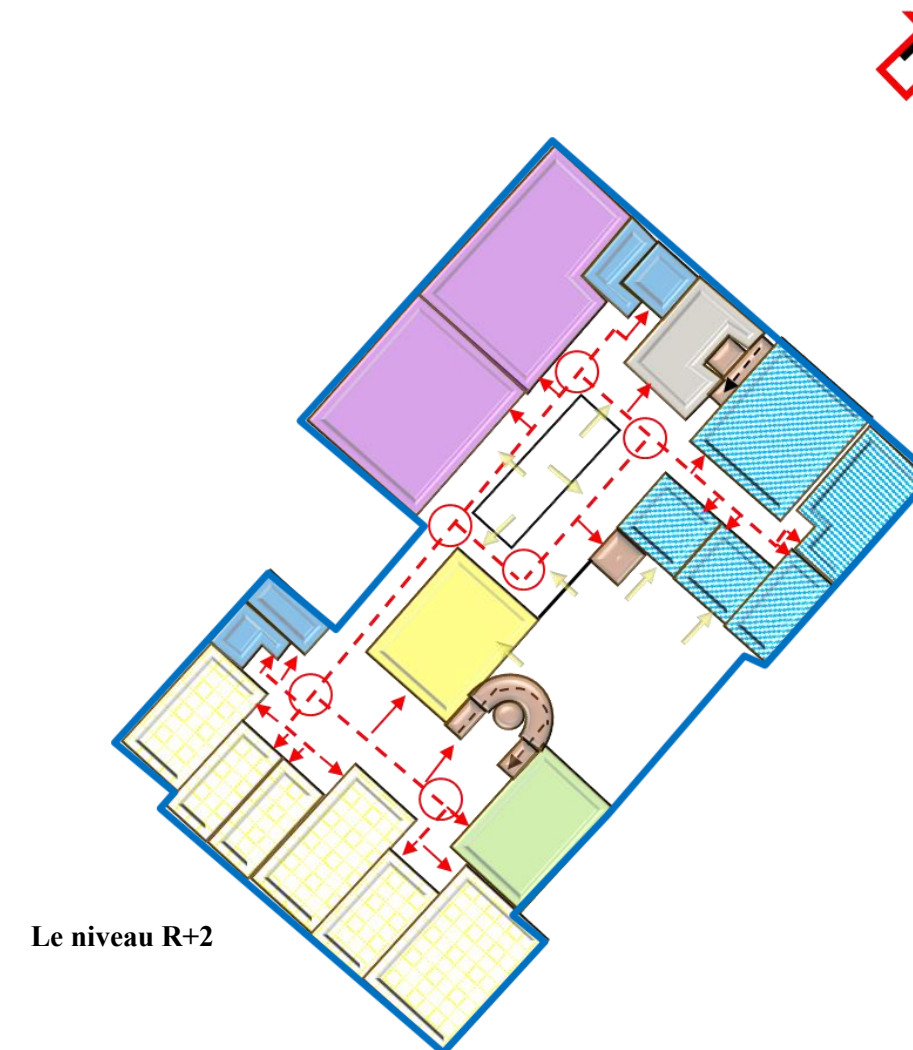
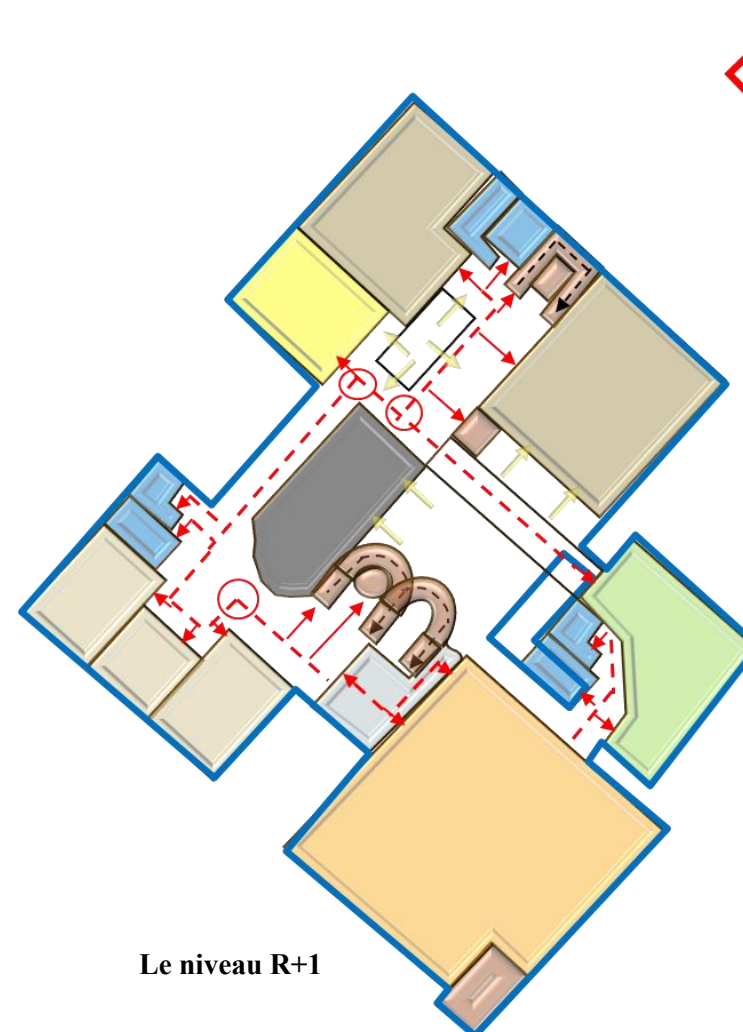
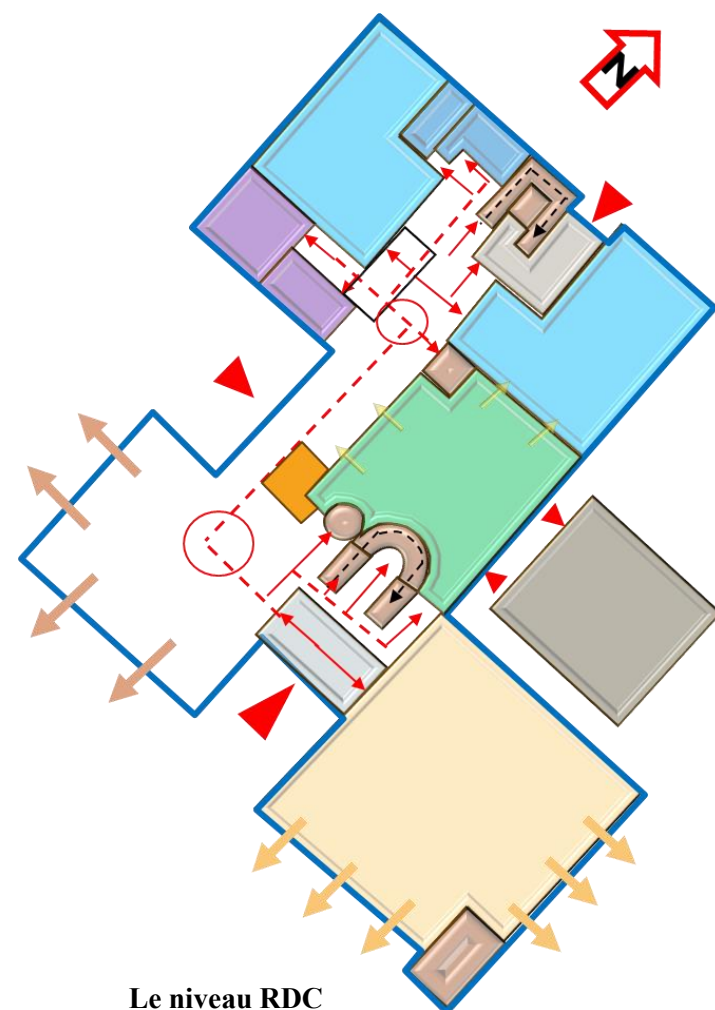


Figure 137 : Distribution et organisation intérieures
source : l'auteur



Figure 138 : plan RDC
source : l'auteur

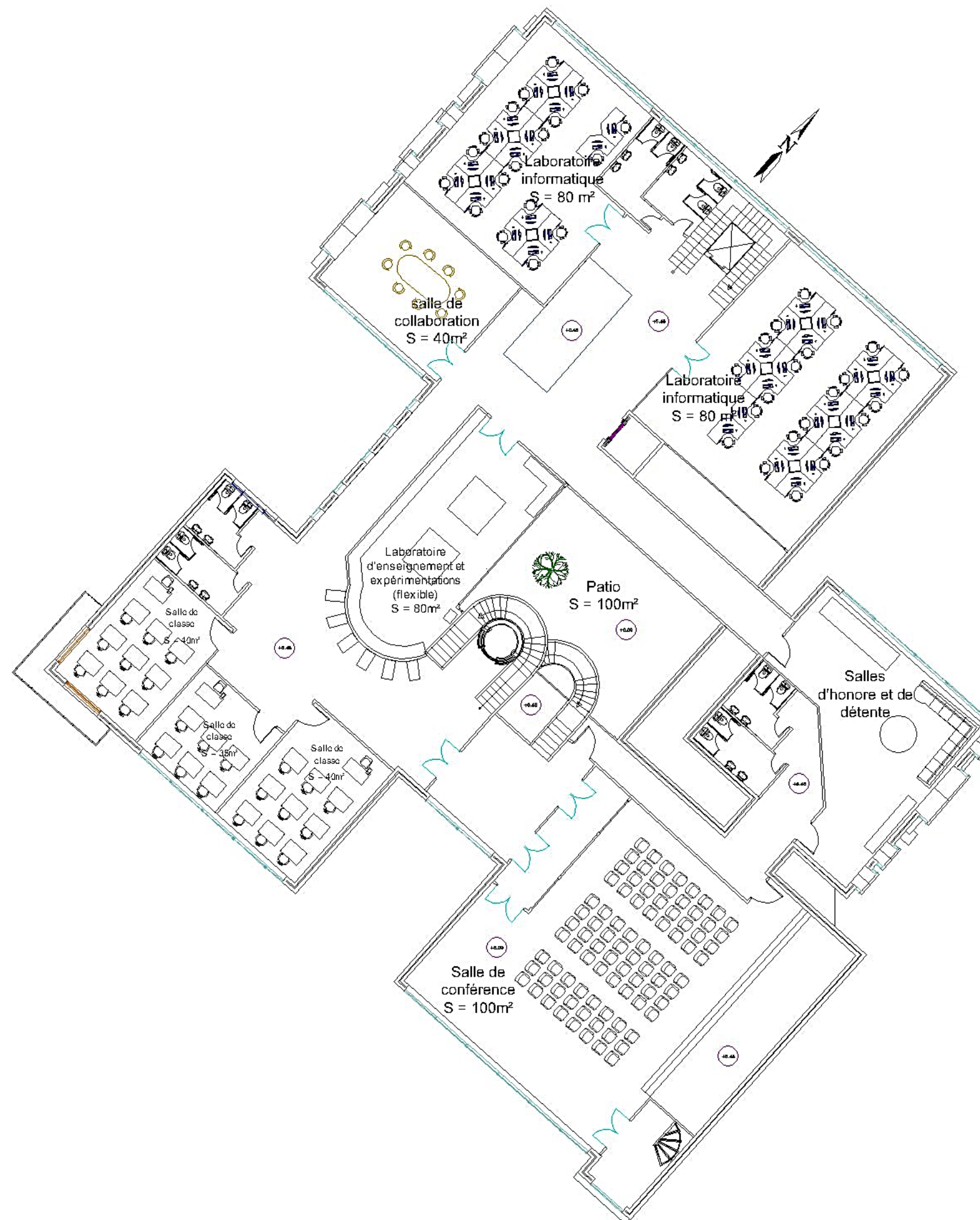
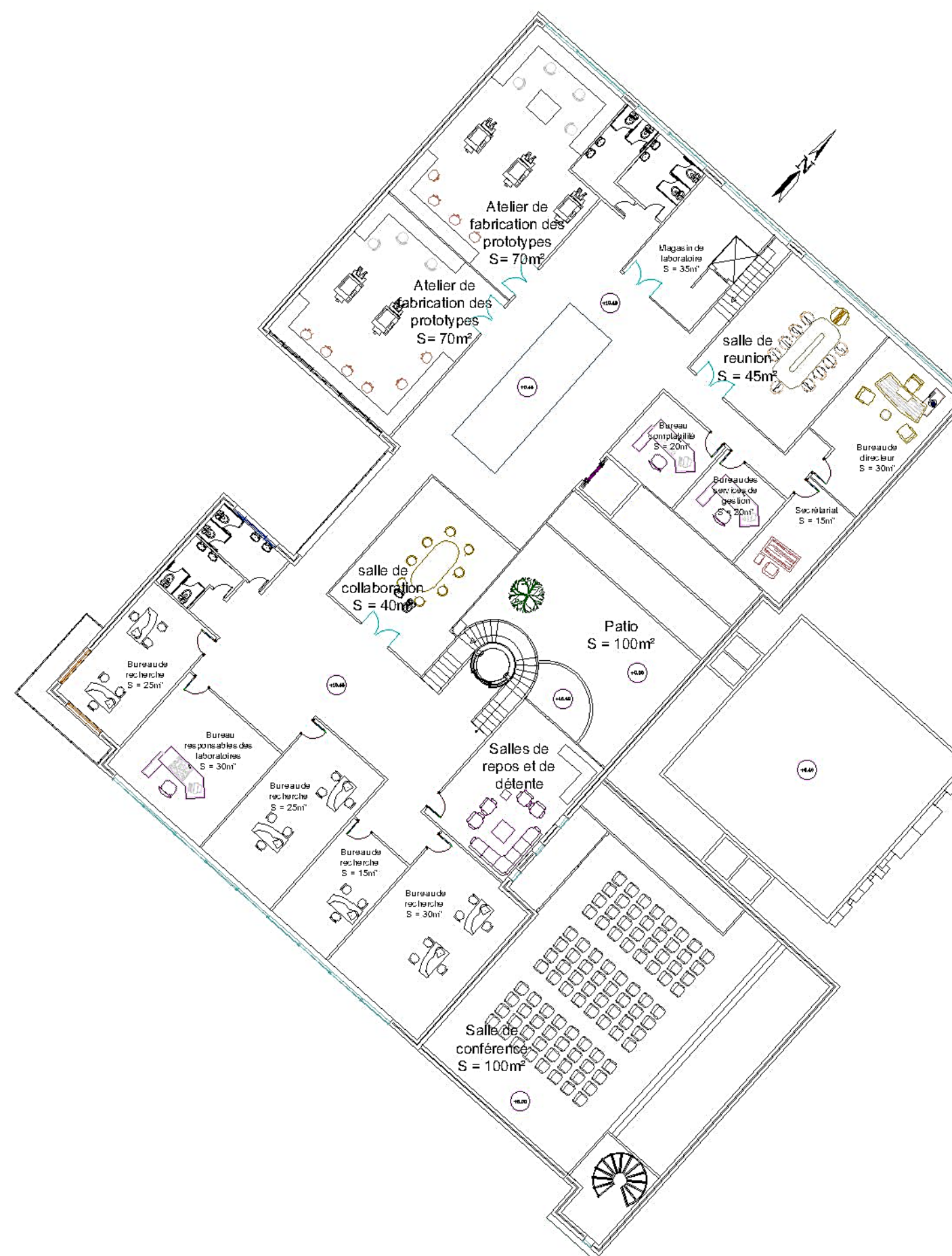
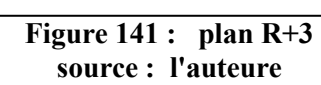


Figure 139 : plan R+1
source : l'auteure





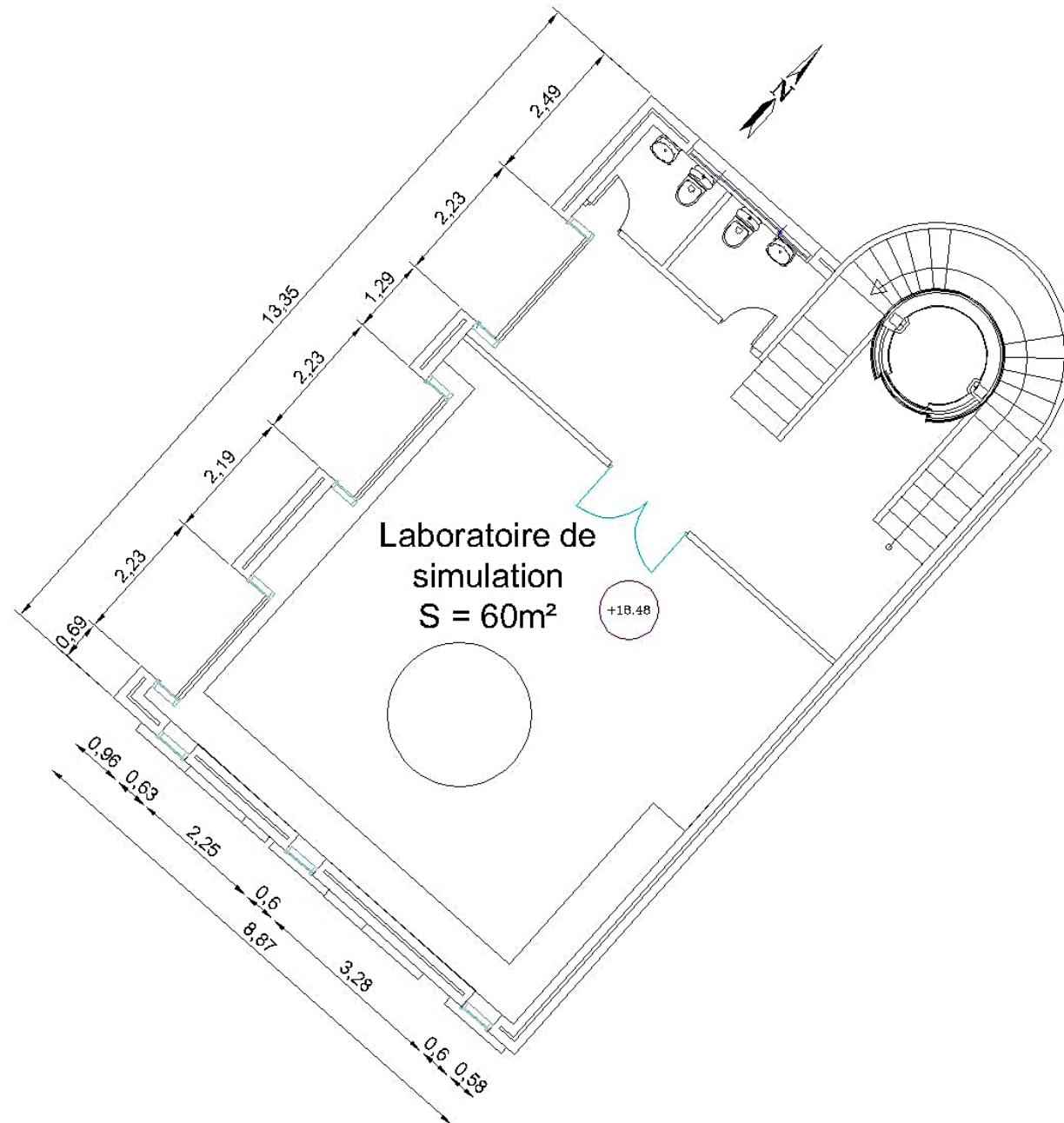


Figure 143 : plan R+4
 source : l'auteur

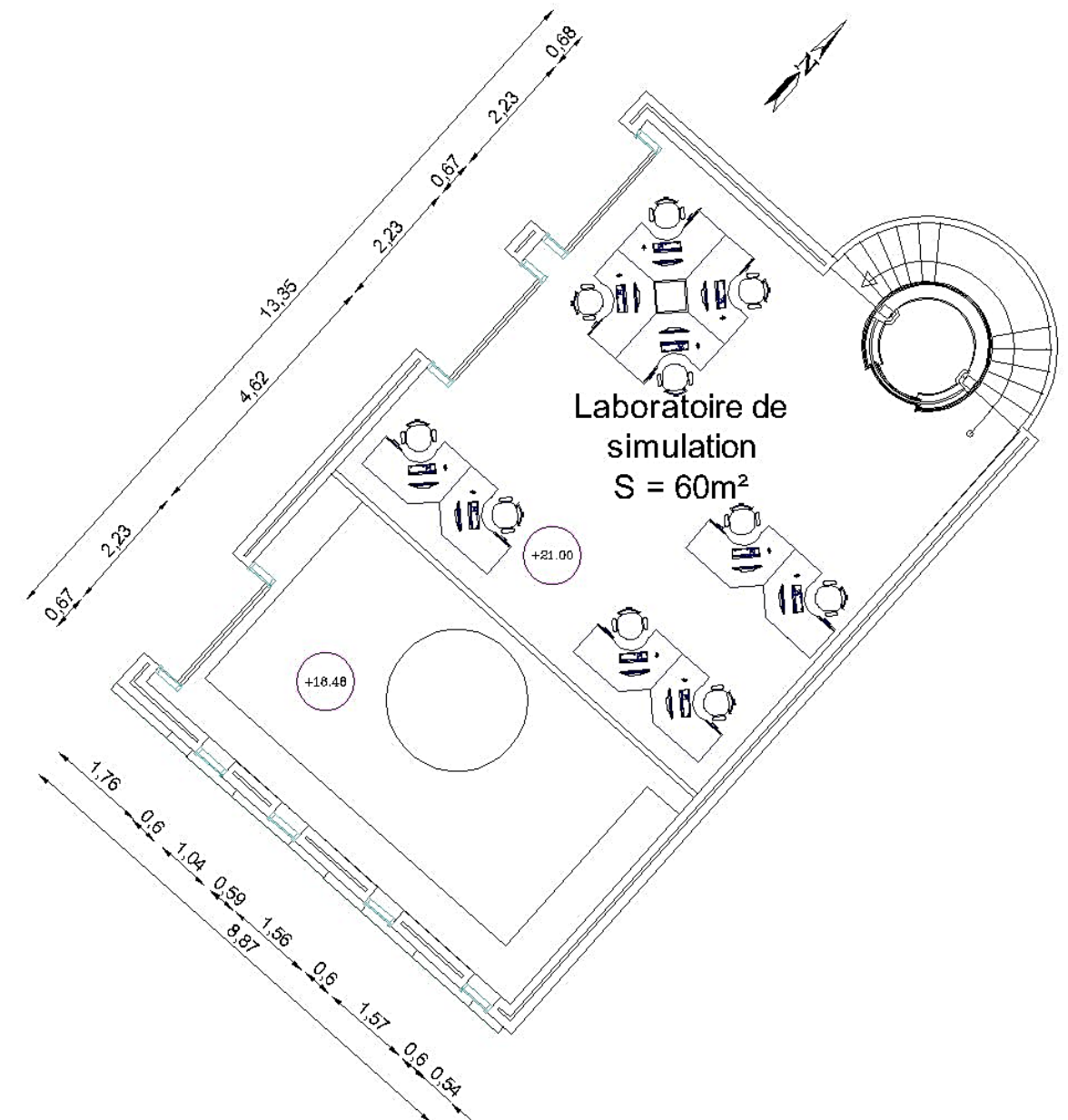


Figure 142 : plan R+5
 source : l'auteur

4. Lecture des façades :

- On a utilisé des couleurs claires pour réduire les effets du rayonnement solaire : blanc et gris, le blanc pour minimiser l'absorption des rayons solaires, le gris symbolise la modernité et la sophistication technologique.

➤ Façade principale (sud) :

- Les différents niveaux et la disposition asymétrique des volumes créent un intérêt visuel et une dynamique architecturale. Bien que les volumes soient variés, les proportions restent harmonieuses, avec un équilibre entre les éléments horizontaux et verticaux.

- Au rez-de-chaussée, des baies vitrées larges et rectangulaires permettent une grande luminosité et une connexion visuelle avec l'extérieur (Continuité visuelle et transparence du socle).

- Entrée accueillante et bien définie par la tour (Point d'appelle).

- La tour de la façade est dominée par une structure métallique tridimensionnelle visible, (support structurel et décoratif) et traitée par des brises soleil.

- L'utilisation de végétation dans la tour contribue à l'isolation thermique et apporte une touche esthétique verte.

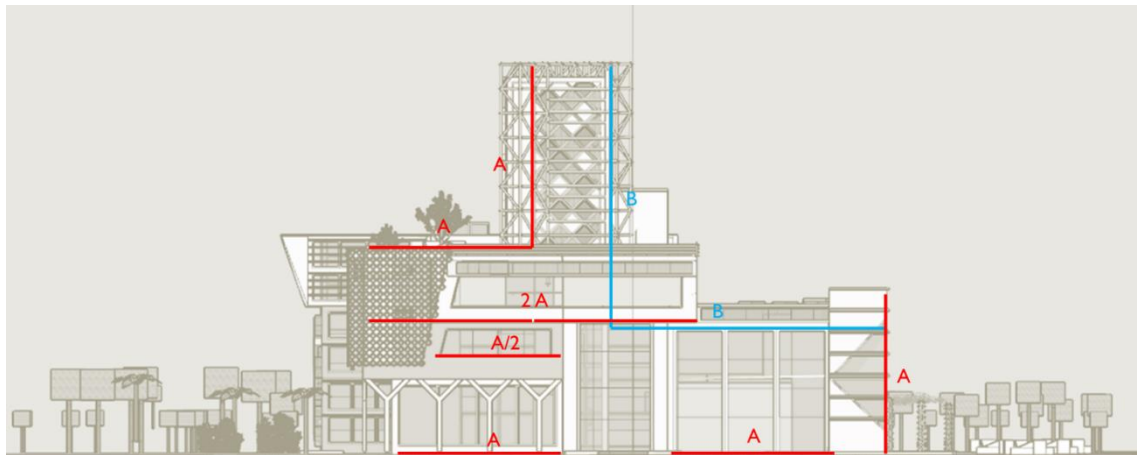


Figure 144 : proportions de la façade principale (sud)
source : l'auteur



Figure 145 : la façade principale (sud)
source : l'auteur

➤ Façade latérale (est) :

- La façade est composée de volumes imbriqués de différentes hauteurs, créant un effet de dégradé vertical.
- Façade pleine, équilibrant la composition globale.
- Les ouvertures sont principalement carrées et en losanges, regroupées de manière asymétrique. Ces motifs ajoutent du dynamisme à la façade et permettent un jeu de lumière intéressant à l'intérieur.

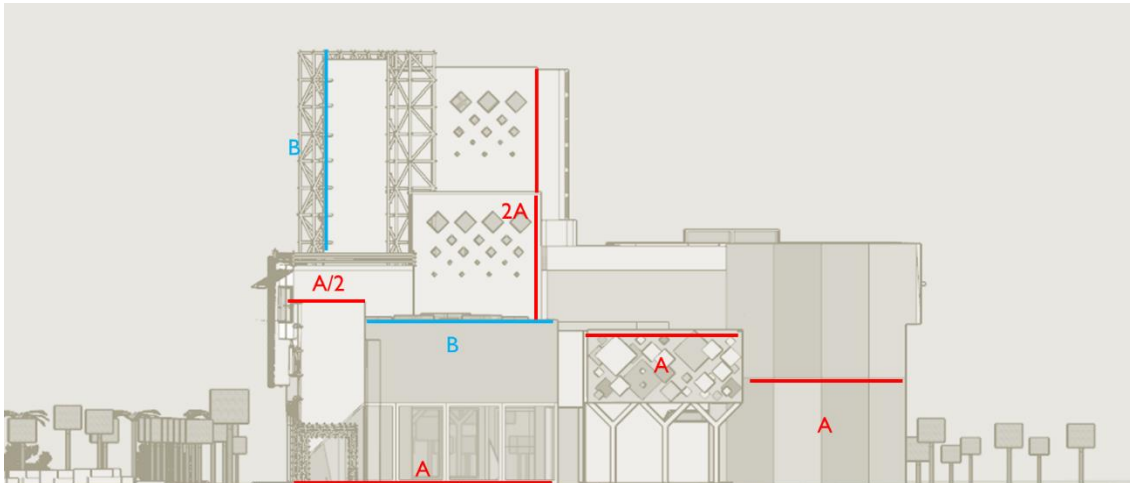


Figure 146 : proportions de la façade latérale (est)
source : l'auteur



Figure 147 : la façade latérale (est)
source : l'auteur

➤ Façade postérieure (nord) :

- le vitrage permis d'exploiter la lumière uniforme.
- Panneaux végétalisés ajoutant une dimension écologique et visuelle à la façade.
- La combinaison de ces éléments verre et de panneaux végétalisés, créer un contraste entre la transparence et la verdure.



Figure 148 : Façade postérieure (nord)
source : l'auteur

➤ **Façade latérale (ouest) :**

- La tour intègre un motif carré, certains d'entre eux étant végétalisés, ce qui ajoute une touche de verdure et de nature à la structure.
- Le motif carré se répète dans différentes tailles et orientations sur la partie inférieure de la façade, créant une continuité visuelle.
- Ces baies vitrées sont encadrées par des structures géométriques en forme de carré, accentuant le thème géométrique.
- Les claustras sont utilisés pour filtrer la lumière du soleil, permettant à la lumière naturelle d'entrer dans le bâtiment tout en réduisant l'éblouissement et la chaleur.



Figure 149 : Façade latérale (ouest)
source : l'auteur

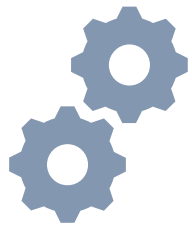
5. Les vues 3d :



Figure 150 : Les vues 3d
source : l'auteur



CHAPITRE 05 :



ÉTUDE THECHNIQUE



Introduction :

Ce chapitre se consacrera à une étude technique, nous abordons la coordination nécessaire entre la structure, la forme et la fonction lors de la conception architecturale, nous exposons les différents systèmes structuraux utilisés dans le projet, les différents modes de construction et les matériaux adoptés pour sa formulation, ainsi que les différents systèmes actifs et passifs qui vont à minimiser les consommations énergétiques et assurer le confort aux utilisateurs dans notre projet.

1. Système constructif :

Le système constructif choisi pour le projet est une étape cruciale, car la structure doit préserver la conception des espaces que nous, en tant que concepteurs, avons imaginée. Cette structure doit également refléter les fonctions prévues, la transparence et la fluidité des volumes, tout en assurant la rigidité nécessaire. Ainsi, elle doit répondre à nos exigences en matière de confort et de performance énergétique.

2. L'infrastructure :

L'infrastructure désigne l'ensemble des fondations, des réseaux souterrains, et des structures de soutien essentielles qui assurent la stabilité et le fonctionnement de l'édifice.

2.1. Les fondations :

En ce qui concerne les fondations, il est nécessaire de mener une étude approfondie de la résistance du sol, du type de construction et des calculs de charge pour déterminer le choix approprié. Toutefois, étant donné la bonne portance de notre sol, les semelles isolées semblent être la solution privilégiée, sauf pour les ascenseurs où des murs rideaux avec des semelles filantes seraient nécessaires.

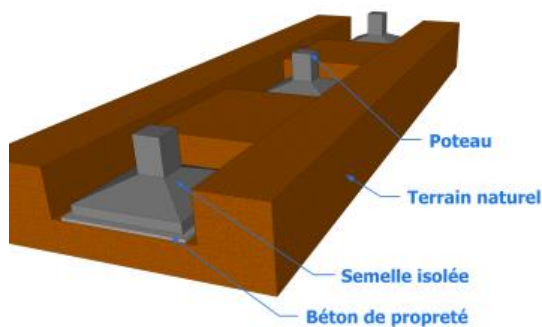


Figure 152 : schéma d'une semelle isolée
source : <https://maconnerie.bilp.fr>

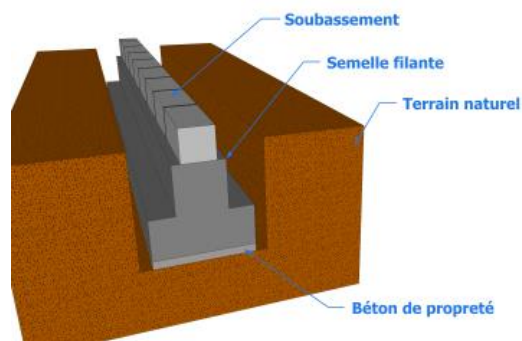


Figure 151 : schéma d'une semelle filantes
source : <https://maconnerie.bilp.fr>

3. La superstructure :

3.1. Le système constructif utilisé :

Le choix est porté sur un système portique (poteau-poutre), une structure architecturale composée de poteaux verticaux (colonnes) et de poutres horizontales. Les poteaux supportent les charges verticales, tandis que les poutres supportent les charges horizontales et répartissent le poids sur les poteaux.



Ce système permet de transmettre les charges permanentes, variables et accidentelles jusqu'au sol des fondations.

On a utilisé ce système dans notre projet car il offre une grande flexibilité dans l'aménagement des espaces intérieurs, tout en assurant une robustesse structurelle adaptée aux conditions climatiques spécifiques de Laghouat.

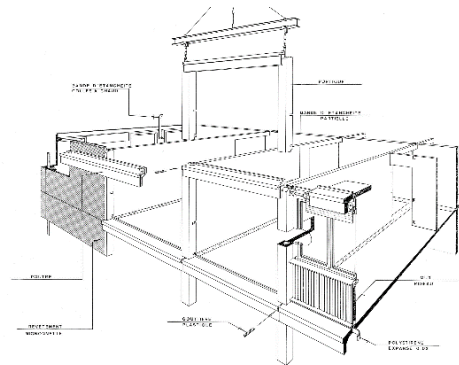


Figure 153 : schéma d'un système portique (poteau-poutre)
source : <https://www.espazium.ch>

3.2. Éléments de structure :

➤ Les poteaux :

Les poteaux sont en béton armé de forme carrée et contribuent à la trame structurelle globale de notre projet, organisée selon une disposition orthogonale avec des joints de rupture et de dilatation. Ces poteaux assurent la transmission des charges verticales et horizontales vers le sol à travers les différents niveaux.

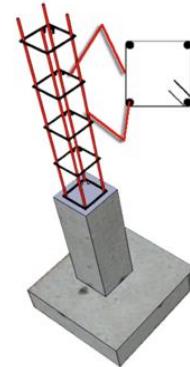


Figure 154 : poteau en béton armé
source : <https://coursexosup.blogspot.com>

➤ Les poutres :

Également en béton armé, sont positionnées sur les points d'appui pour soutenir la structure et répartir les charges de manière uniforme, assurant ainsi la stabilité et la résistance de l'ensemble du bâtiment.

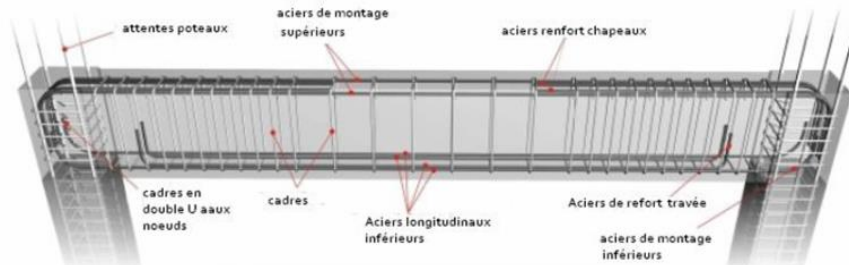


Figure 155 : poutre en béton armé
source : <https://coursexosup.blogspot.com>

➤ Dalle corps creux :

La dalle corps creux utilisée dans notre projet est choisie pour sa combinaison de résistance structurelle, légèreté, isolation thermique et acoustique, facilitant le passage des installations et contribuant à l'efficacité économique et écologique de la construction.

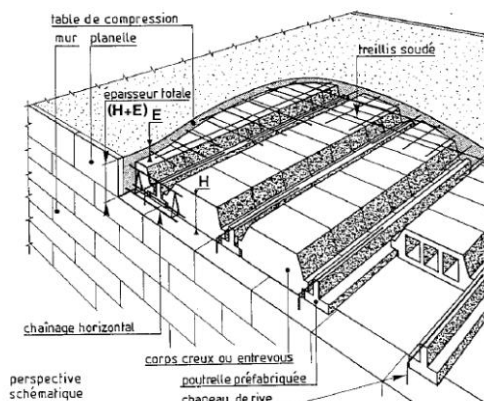


Figure 156 : les éléments principaux d'un plancher à corps creux
source : www.univ-chlef.dz



➤ Les joints :

Dans notre projet, on a intégré des joints de dilatation et des joints de rupture, essentiels pour absorber les mouvements et contraintes structurels, évitant ainsi les fissures et dommages. Les joints de dilatation permettent l'expansion et la contraction naturelles des matériaux, tandis que les joints de rupture préviennent la propagation de fissures. Les couvre-joints, fabriqués en caoutchouc, recouvrent ces joints pour assurer leur protection contre l'humidité et les débris tout en préservant l'esthétique de la structure.



Figure 157 : les joints du projet
source : l'auteur

— Joint de rupture

— Joint de dilatation

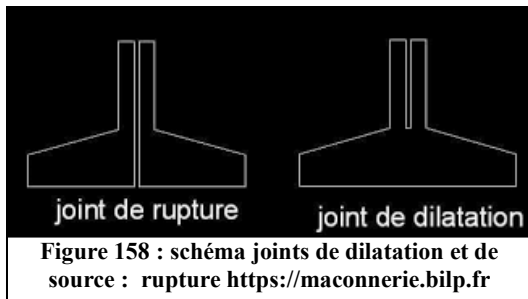


Figure 158 : schéma joints de dilatation et de
source : rupture <https://maconnerie.bilp.fr>

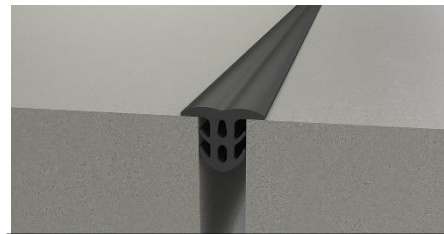


Figure 159 : couvre joint
source : <https://www.e-sgroup.fr>

3.3. Structure tridimensionnelle :

La structure tridimensionnelle permet de représenter des objets en longueur, largeur et hauteur, offrant une visualisation réaliste sous différents angles. Dans notre projet, nous avons entouré le Tour Pou par une structure tridimensionnelle pour renforcer sa stabilité et représenter la prothèse, symbolisant la fusion de l'ingénierie et de l'innovation technologique pour améliorer la durabilité et la fonctionnalité.

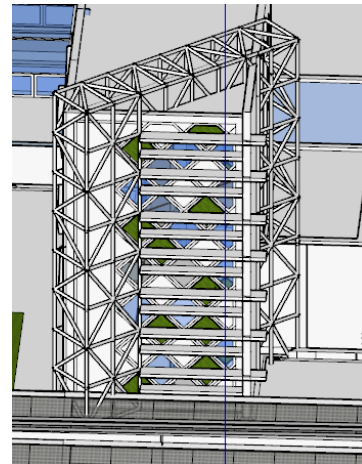


Figure 160 : la Structure tridimensionnelle
du tour
source : l'auteur

4. Choix de matériaux de construction :

4.1. La brique avec isolation intégrée :

Nous avons sélectionné la brique avec isolation intégrée, un matériau adapté au climat chaud et aride de Laghouat, afin d'assurer la durabilité et d'optimiser les performances énergétiques de notre projet. Voici ses caractéristiques :



- Assurent une protection thermique efficace en réduisant les transferts de chaleur, gardant l'intérieur plus frais en été et plus chaud en hiver.
- capable de résister à des températures élevées sans se détériorer, crucial pour un climat aride avec des températures extrêmes.
- Grâce à l'isolation efficace et à la régulation thermique, les besoins en climatisation sont réduits, permettant des économies d'énergie et une réduction de l'empreinte carbone.
- Sa durabilité permet une utilisation à long terme, minimisant ainsi les déchets de construction. En optant pour cette solution écologique, nous contribuons à la préservation de l'environnement tout en assurant le confort et la performance de notre projet.



Figure 161 : brique avec isolation intégrée
source : <https://bati.zeppros.fr>

4.1.1. Les domaines d'application du brique avec isolation intégrée :

Dans notre projet, nous avons appliqué la brique avec isolation intégrée dans plusieurs domaines du bâtiment, notamment :

- Revêtement de façade : Nous avons utilisé la brique avec isolation intégrée, qui présente une teinte grise, comme revêtement extérieur. Cette couleur apporte une esthétique moderne tout en fournissant une isolation thermique efficace.

- Cloisons intérieures : Nous avons intégré ce matériau pour améliorer l'isolation acoustique et thermique entre les différentes pièces du bâtiment, assurant ainsi un environnement intérieur confortable et tranquille.

- Murs extérieurs : La brique avec isolation intégrée a également été utilisée pour les murs extérieurs, offrant une protection contre les intempéries et une isolation thermique efficace pour maintenir une température intérieure confortable.

4.2. Le vitrage à faible émissivité (Low-E) :

Nous avons choisi des vitrages à faible émissivité (Low-E) pour notre projet. et leurs caractéristiques sont les suivants :

- Réduction des pertes de chaleur : Les vitrages Low-E limitent le transfert de chaleur à travers les fenêtres, maintenant ainsi une température intérieure confortable et réduisant la nécessité de chauffage.

- Réflexion des rayons infrarouges : Ces vitrages réfléchissent les rayons infrarouges tout en permettant le passage de la lumière visible, stabilisant ainsi la température intérieure et minimisant la surchauffe en été.

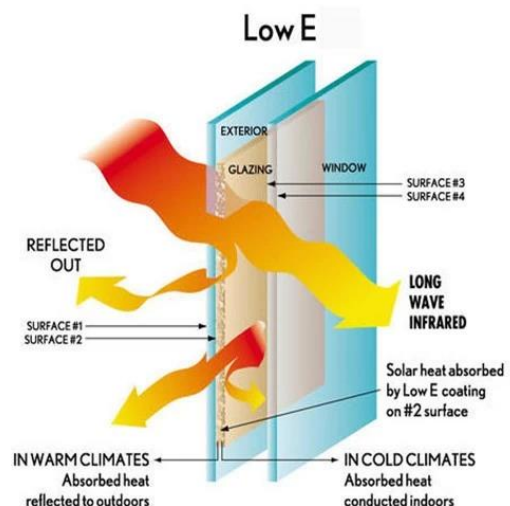


Figure 162 : le fonctionnement du vitrage à faible émissivité (Low-E)
source : <https://www.glassmanufacturerchina.com>

- Performance énergétique améliorée : En limitant les pertes de chaleur en hiver et en réduisant la chaleur entrante en été, les vitrages Low-E améliorent la performance énergétique globale du bâtiment, contribuant ainsi à des économies d'énergie.

5. Stratégies et techniques passives :

5.1. Façade double peau :⁵⁴

Nous avons utilisé une façade double peau dans notre projet :

La façade double peau utilise deux enveloppes distinctes pour encadrer un bâtiment, créant un espace intermédiaire. La façade extérieure protège contre les éléments tout en permettant le passage de la lumière, tandis que la façade intérieure offre isolation thermique et acoustique. L'espace entre les deux façades favorise la ventilation naturelle, permettant un contrôle flexible de la luminosité, de la chaleur et de la ventilation, améliorant ainsi l'efficacité énergétique et l'adaptabilité aux conditions environnementales.

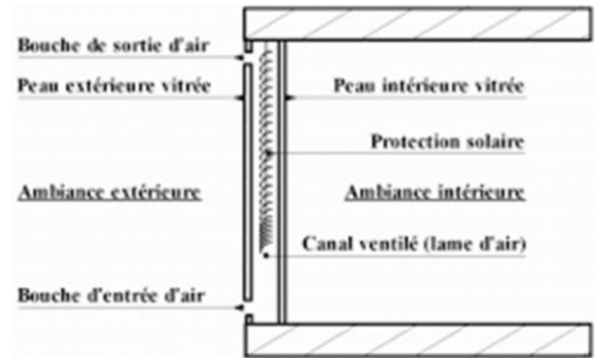


Figure 163 : Façade double peau
source : <https://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

- Dans l'hiver : la façade double peau est fermée pour capturer le rayonnement solaire et réchauffer l'air intérieur, accumulant ainsi la chaleur solaire. Un système automatique régule la température en introduisant brièvement de l'air extérieur pour éviter une surchauffe.

- Dans l'été : La prévention de la surchauffe de l'air intérieur en ventilant naturellement l'air contenu dans la double peau permet à l'air chaud de la double peau d'être maintenu hors du bâtiment.

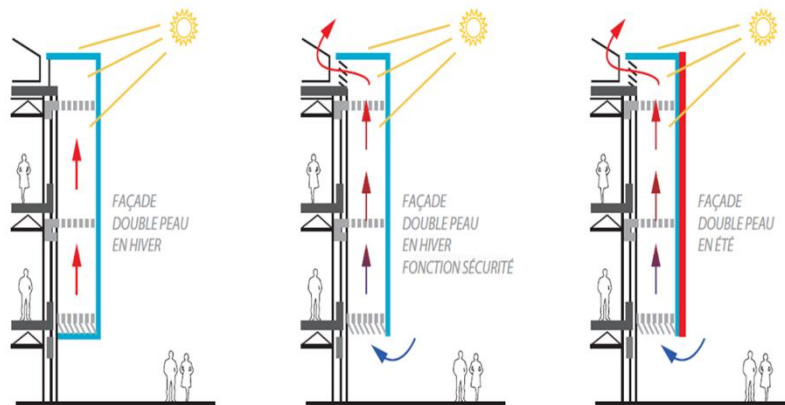


Figure 164 : le fonctionnement de la façade double peau
source : <https://www.souchier-boullet.com>

5.2. Patio / atrium :

Intégration de la stratégie passive : Patio végétalisé multifonctionnel

Le patio végétalisé multifonctionnel, combinant les caractéristiques d'un atrium et d'un patio grâce à un système de vitrage à ouverture et fermeture, est une innovation clé dans notre projet.

⁵⁴ <https://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



pour optimiser le confort thermique et réduire la dépendance aux systèmes de chauffage et de climatisation, notamment dans le climat aride chaud de Laghouat.

➤ En hiver :

- Fonctionnement comme un atrium : Pendant les mois d'hiver, le système de vitrage est fermé pour créer un atrium. Cela permet de capturer le rayonnement solaire et de réchauffer l'air intérieur, créant ainsi une zone tampon thermique qui limite les pertes de chaleur vers l'extérieur.

- Retenue de la chaleur solaire : Le patio végétalisé retient la chaleur solaire emmagasinée pendant la journée, offrant une source de chaleur naturelle pour l'intérieur du bâtiment pendant les périodes plus fraîches.

➤ En été :

- Fonctionnement comme un patio : Pendant les mois d'été, le système de vitrage est ouvert pour transformer le patio en espace ouvert. Cela permet à l'air chaud de la double peau d'être évacué naturellement, réduisant ainsi la surchauffe de l'air intérieur.

- Ventilation naturelle : L'ouverture du patio favorise la circulation d'air naturelle, permettant à l'air chaud de s'échapper vers l'extérieur et facilitant l'entrée d'air frais dans le bâtiment.

5.3. La végétation verticale :

Nous avons intégré la végétation verticale dans les façades de notre projet. Voici leur fonctionnement et leurs caractéristiques :

- Isolation thermique naturelle : réduisant les transferts de chaleur à travers les façades et contribuant ainsi à maintenir une température intérieure confortable.

- Amélioration de la qualité de l'air : Les plantes absorbent le dioxyde de carbone et éliminent les polluants de l'air, ce qui améliore la qualité de l'air intérieur.

- Esthétique et biodiversité : une touche esthétique favorisant ainsi la biodiversité dans l'université.

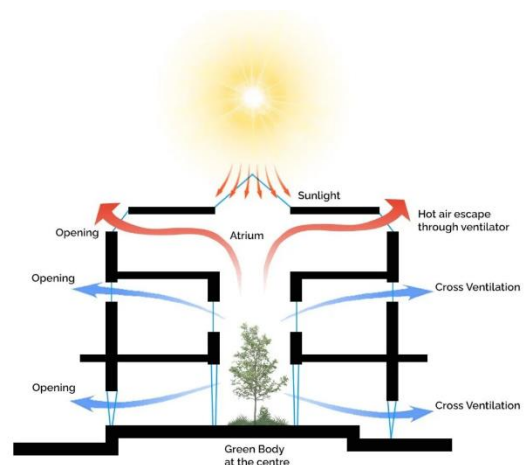


Figure 165 : le Fonctionnement d'un atrium
source : <https://layakarchitect.com>



Figure 167 : patio végétalisé multifonctionnel
source : <https://www.archdaily.com>



Figure 168 : La végétation verticale
source : l'auteure



5.4. Toiture végétalisée :

Nous avons également intégré un toit végétalisé dans le projet. Voici son fonctionnement et ses caractéristiques :

- Isolation thermique : Réduit les pertes de chaleur en hiver et limite la chaleur entrante en été.
- Rétention d'eau : Absorbe une partie des précipitations et retient l'humidité pour réduire le ruissellement des eaux pluviales.
- Filtration des eaux pluviales : Agit comme un filtre naturel, améliorant ainsi la qualité de l'eau qui s'écoule dans l'environnement.

5.5. Les claustras :

Intégrés dans la façade sud et ouest de notre projet, offrent plusieurs avantages :

- Contrôle solaire : Ils filtrent la lumière directe du soleil, assurant ainsi un éclairage optimal tout en réduisant la chaleur à l'intérieur du bâtiment.
- Intimité et esthétique : une touche esthétique à la façade tout en préservant l'intimité des espaces intérieurs.
- Ventilation naturelle : Leur conception permet une circulation d'air adéquate, favorisant ainsi la ventilation naturelle et le confort.
- Réduction de l'éblouissement : Ils minimisent l'éblouissement à l'intérieur du bâtiment, créant ainsi un environnement intérieur plus confortable et fonctionnel.

6. Les stratégies de la production de l'énergie :

6.1. Les panneaux photovoltaïques flexibles :

Nous avons intégré des panneaux photovoltaïques flexibles dans la façade sud, inclinée à un angle de 30 degrés, de notre projet pour produire de l'électricité :

- Ces panneaux sont souples et peuvent s'adapter à différentes surfaces, offrant une intégration esthétique dans la façade du bâtiment.
- Les cellules photovoltaïques convertissent la lumière solaire en électricité, fournissant une source d'énergie propre et renouvelable.

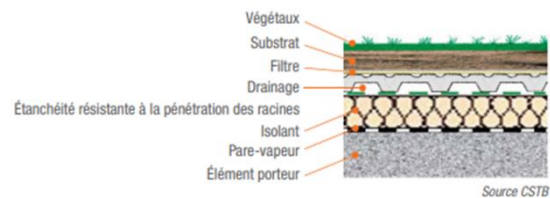


Figure 169 : Coupe de principe d'une toiture végétalisée
Source : <https://www.vegetalid.fr>

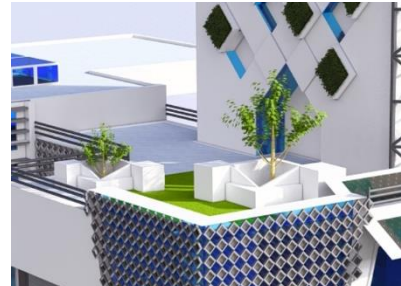


Figure 170 : Toiture végétalisée
Source : l'auteur



Figure 171 : claustra
Source : l'auteur



Figure 172 : Les panneaux photovoltaïques flexibles
Source : <https://solar-constructions.com>



6.2. Revêtements piézoélectriques :

On a intégré des revêtements piézoélectriques dans les pavés pour produire de l'énergie. Ces revêtements utilisent la technologie piézoélectrique pour convertir la pression exercée par le passage des piétons ou des véhicules en électricité. Cette énergie cinétique est capturée et stockée, offrant ainsi une source d'énergie propre et renouvelable. En utilisant cette technologie innovante, nous avons pu exploiter les surfaces piétonnes pour générer de l'électricité, contribuant ainsi à la durabilité et à l'autonomie énergétique de notre projet.



Figure 173 : Revêtements piézoélectriques
Source : <https://drprem.com>

7. Les systèmes de gestion du bâtiment :

Les systèmes de gestion du bâtiment (BMS) sont des solutions technologiques qui contrôlent et surveillent les opérations des équipements mécaniques, électriques, de sécurité et de confort d'un bâtiment. Voici un aperçu des systèmes utilisés dans notre projet :

- Systèmes de régulation de chauffage, ventilation et climatisation (CVC) : Les BMS contrôlent ces systèmes pour maintenir des conditions intérieures confortables tout en optimisant l'efficacité énergétique.

- Gestion de l'éclairage : ajustent l'éclairage en fonction de la luminosité naturelle, des horaires d'occupation et des préférences des occupants pour économiser de l'énergie et assurer un confort visuel adéquat.

- Gestion de l'eau et des déchets : surveillent et contrôlent les systèmes de distribution d'eau et les équipements de traitement des eaux usées pour minimiser la consommation d'eau et réduire les déchets.

- Optimisation des performances énergétiques par l'IA : Les BMS utilisent des algorithmes avancés pour analyser les données de consommation énergétique et optimiser les performances du bâtiment, permettant ainsi des économies d'énergie et une réduction des émissions de carbone.

- Capteurs de mouvement et de présence : pour ajuster automatiquement les systèmes en fonction de l'occupation réelle, permettant ainsi d'économiser de l'énergie.

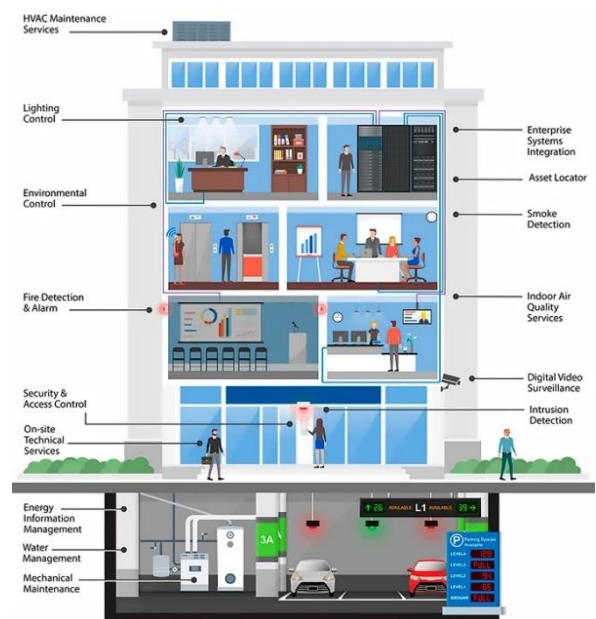


Figure 174 : Les systèmes de gestion du bâtiment
Source : <https://www.giga-concept.fr>



7.1. Protection contre incendies :

On a intégré les systèmes suivants :

- Systèmes de détection incendie intelligents (SDI) :

Utilisation de capteurs sophistiqués pour surveiller en permanence les conditions d'incendie, avec des algorithmes d'analyse de données pour distinguer les fausses alarmes des véritables situations d'urgence, réduisant ainsi les interruptions inutiles.

- Systèmes d'extinction automatique intelligents :

Intégration de dispositifs d'extinction automatique, tels que les sprinklers et les systèmes d'extinction par gaz, activés automatiquement en cas de détection d'incendie. Des algorithmes sont utilisés pour ajuster la quantité et le type d'agent d'extinction en fonction de la taille et de la localisation de l'incendie, minimisant ainsi les dommages collatéraux.



Figure 175 : Systèmes de détection incendie intelligents (SDI)
Source : <https://www.sapien.fr>



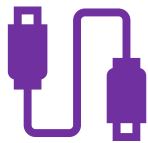
Figure 176 : Systèmes d'extinction automatique intelligents
Source : <http://fr.cqxhmarine.com>

Synthèse :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les éléments clés de conception et de technologie intégrés dans le projet. En utilisant des structures tridimensionnelles et des matériaux adaptés au climat, le projet vise à allier durabilité et esthétique. Les technologies telles que les vitrages à faible émissivité, les systèmes de gestion du bâtiment avancés et les dispositifs de protection incendie intelligents assurent un environnement sûr, confortable et économe en énergie. Ce projet aspire à être une référence en matière d'innovation et de durabilité.



CHAPITRE 06 :



SIMULATION NUMÉRIQUE



Introduction :

La simulation numérique est un outil crucial pour la conception et l'optimisation des bâtiments, permettant d'évaluer les performances énergétiques et le confort thermique et visuel avant la construction. Cette étude utilise des simulations multi-objectifs pour optimiser ces aspects en modifiant les matériaux de construction et en intégrant des dispositifs architecturaux comme les brise-soleils. Le projet porte sur un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat, une ville au climat chaud et aride.

1. Problématique :

Les bâtiments contemporains ou la tendance vers les façades fortement vitrées doivent répondre à des exigences de plus en plus strictes en matière de performance énergétique et de confort des occupants. Dans le contexte climatique spécifique de la ville de Laghouat, où les températures élevées et l'ensoleillement intense sont des défis majeurs, les choix de matériaux et de techniques de construction jouent un rôle crucial dans la réalisation de ces objectifs. Les matériaux tels que le verre standard et la brique sans isolation peuvent entraîner des pertes énergétiques importantes et un inconfort thermique et visuel, aggravés par les conditions climatiques extrêmes. Par conséquent, il est essentiel d'explorer des alternatives innovantes telles que le verre low-e et les briques avec isolation intégrée, ainsi que les dispositifs de protection solaire pour améliorer ces aspects et garantir un environnement de travail optimal pour les chercheurs travaillant sur des ortho prothèses bioniques.

- **Quel est l'impact des choix de matériaux et de techniques de construction, tels que le verre low-e, les briques avec isolation intégrée et les dispositifs de protection solaire (bris de soleil), sur la performance énergétique et le confort thermique et visuel dans un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques situé dans un climat chaud et aride ?**

2. Hypothèse :

Afin de répondre à cette problématique, nous avons proposé l'hypothèse suivante :

Le recours à une combinaison d'isolation des murs et planchers, ainsi que l'utilisation de verre low-e avec la conception de brise-soleil, pourrait améliorer la performance énergétique des bâtiments et procurer un environnement de travail acceptable.

3. Objectif :

L'objectif principal de cette étude est de réaliser une simulation numérique multi-objectif pour évaluer l'impact de différents matériaux de construction et dispositifs architecturaux sur le confort thermique et visuel ainsi que la performance énergétique d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques, situé à Laghouat. Plus spécifiquement, cette recherche vise à :

- Évaluer la performance énergétique et les ambiances intérieure dans les laboratoires orientés sud.
- Comparer les performances énergétiques avant et après en utilisant du verre low-e et des briques avec isolation intégrée.
- Analyser l'effet des brise-soleils sur le confort thermique et visuel des occupants.



4. Méthodologie :

La méthodologie est divisée en deux étapes :

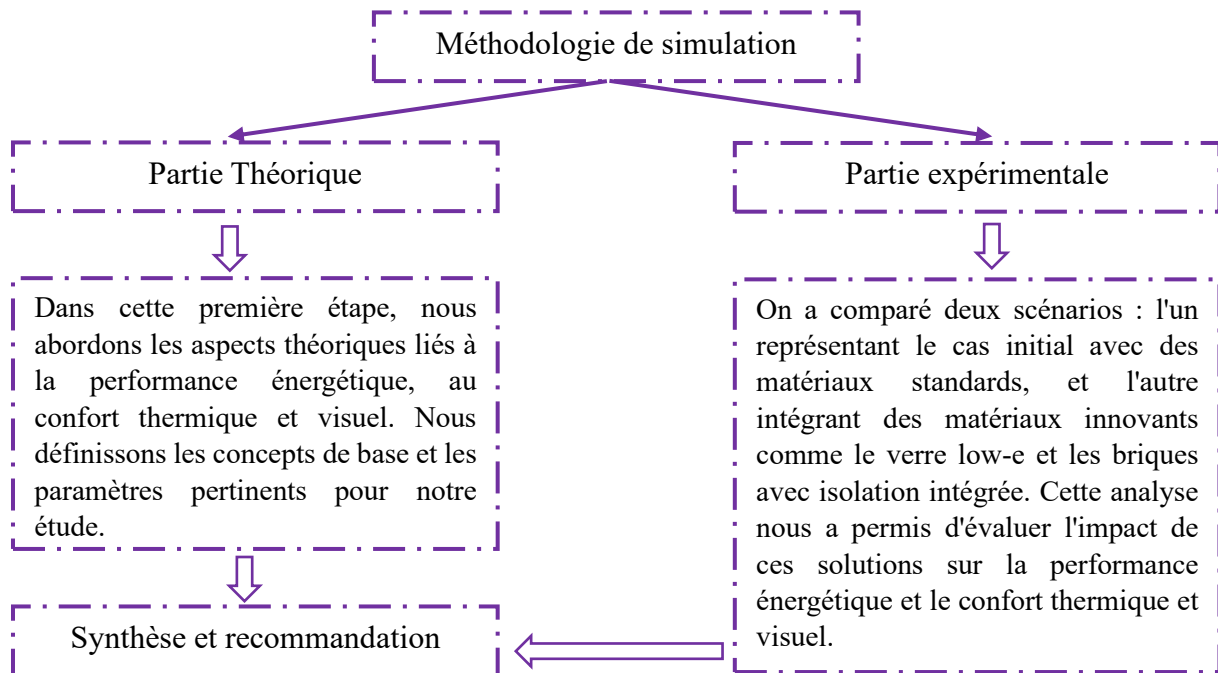


Figure 177 : Méthodologie de la simulation
Source : l'auteure

5. Partie théorique :

5.1. Le confort thermique : ⁵⁵

- Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique, caractérisé par six paramètres :

- Le métabolisme : production de chaleur interne permettant de maintenir une température corporelle d'environ 36,7 °C, incluant un métabolisme de base et un métabolisme de travail.

- L'habillement : résistance thermique aux échanges de chaleur entre la peau et l'environnement.

- La température ambiante (Ta). / - La température moyenne des parois (Tp).

- L'humidité relative de l'air (HR) : rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air et la quantité maximale d'eau à la même température, exprimé en pourcentage.

- La vitesse de l'air : influence sur les échanges de chaleur par convection, généralement limitée à 0,2 m/s dans les bâtiments.

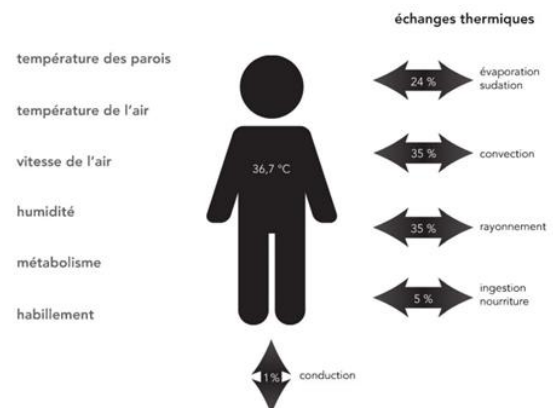


Figure 178 : les paramètres du confort thermique
Source : <https://conseils.xpair.com/>

⁵⁵ MAZARI Mohammed, 2012, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou), mémoire de magister en architecture, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou



5.1.1. Indices pour l'évaluation du confort thermique :

➤ Les indices PMV et PPD :

À partir d'études réalisées en laboratoire sous des conditions stables, c'est-à-dire sans que l'individu ne change ni de vêtements, ni d'activité physique, Fanger a développé les indicateurs de confort thermique ; le PMV (Vote Moyen Prévisible) et le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits).

A) Le PMV (Predicted Mean Vote) : établi par Fanger mesure la sensation thermique globale du corps humain en fonction du métabolisme et donne la moyenne des votes sur une échelle de sensation thermique. Les valeurs de l'indice PMV varient de -3 à 3. Fanger postule que toute sensation au-dessus de 2 ou en dessous de -2 est considérée comme inconfortable. Il associe également le PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), exprimant le pourcentage de sujets généralement "insatisfaits".

Les valeurs de l'indice PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Sensation thermique	Chaud	Tiède	Légèrement tiède	Neutre	Légèrement Frais	Frais	Froide

Tableau 10 : Les valeurs de l'indice PMV
Source : <https://smart-reno.univ-lr.fr/>

B) Le PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits) :

exprime, sous forme de pourcentage, les individus insatisfaits d'une ambiance thermique donnée en raison des différences physiologiques. Bien qu'il soit impossible de satisfaire tout le monde dans des conditions "idéales", il est possible de créer un environnement où le pourcentage de personnes satisfaites est maximal, correspondant aux conditions optimales de neutralité thermique du corps humain. Cependant, même lorsque le PMV est nul, environ 5 % des individus restent insatisfaits en moyenne, comme le montre la norme ISO 7730. Pour être dans la zone de confort thermique, la norme stipule que $-0,5 < PMV < 0,5$, ce qui correspond à un PPD inférieur à 10 %.

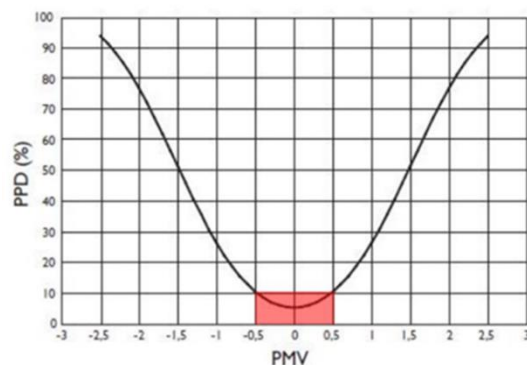
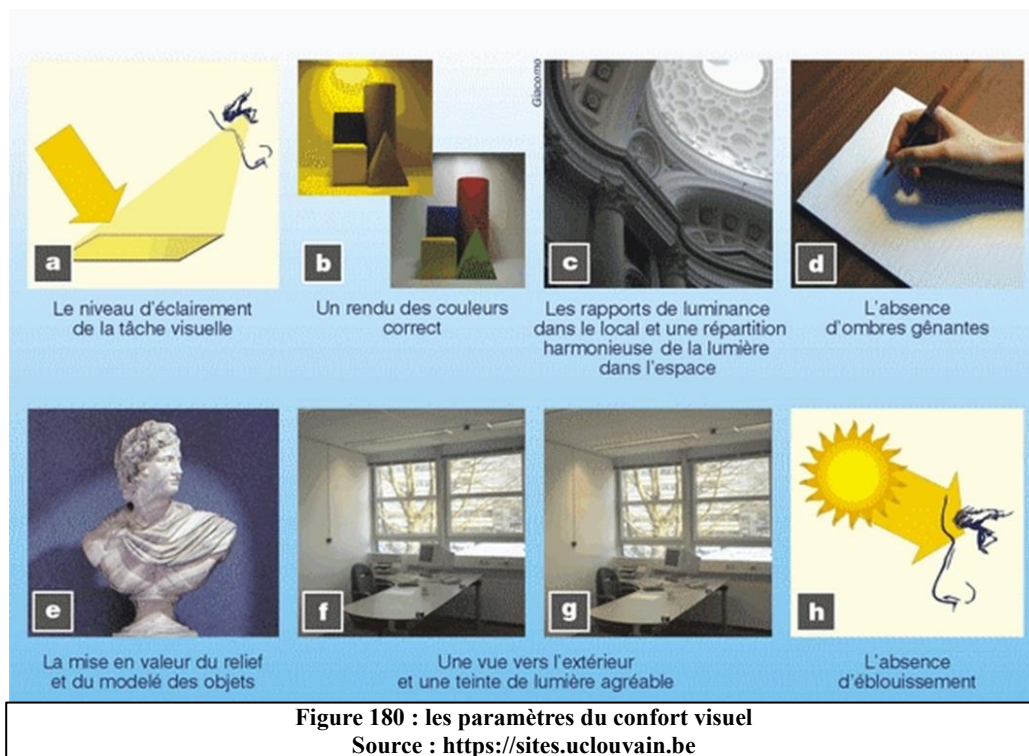


Figure 179 : Indices PMV et PPD avec la zone du confort
Source : <https://beswic.be>

5.2. Le confort visuel : ⁵⁶

Le confort visuel se réfère à un état de satisfaction concernant la qualité et la quantité de lumière dans un espace. Il est influencé par plusieurs paramètres, notamment :

⁵⁶ <https://smart-reno.univ-lr.fr>



5.2.1. Les indicateurs de confort visuel :

- **Spatial Daylight Autonomy (SDA)** : Le SDA évalue la proportion de temps pendant lequel un espace est naturellement éclairé à un niveau spécifique. Un SDA élevé indique une utilisation efficace de la lumière naturelle, réduisant ainsi la nécessité d'éclairage artificiel et favorisant le bien-être des occupants.
- **Unified Glare Index (UGI)** : L'UGI mesure le niveau d'éblouissement unifié dans un espace en tenant compte à la fois de l'éclairage direct et des réflexions indésirables. Un UGI plus faible indique un niveau d'éblouissement réduit et donc un meilleur confort visuel pour les occupants.
- **Indice d'ouverture et de profondeur** : L'indice d'ouverture (I_o) est le rapport entre la surface d'ouverture (fenêtres et vitrages) et la surface totale de la pièce. Il est utilisé pour garantir un niveau minimal d'apport de lumière naturelle dans les espaces habitables. Une valeur minimale de 10 à 15 % est souvent requise pour assurer un bon éclairage naturel.
- **Indice de rendu des couleurs (IRC)** : L'IRC est défini par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) comme un indice synthétique mesurant la fidélité des couleurs rendues par une source lumineuse par rapport à une source de référence. Un IRC élevé (proche de 100) indique une restitution fidèle des couleurs, ce qui est important pour garantir une bonne perception visuelle des espaces.



5.3. Solution d'amélioration de performance énergétique : ⁵⁷

Les améliorations potentielles incluent :

- Bonne Conception des Bâtiments :
 - L'utilisation des systèmes passifs et l'intégration de végétation.
 - Amélioration de l'enveloppe du bâtiment par l'isolation (toits, murs, fenêtres) pour minimiser les pertes énergétiques et éviter les ponts thermiques.
 - Utilisation de vitrages sélectifs et de couleurs de parois adaptées pour la protection solaire et l'efficacité énergétique.
- Équipements Optimisés :
 - Systèmes de chauffage et de refroidissement performants pour contrôler la température et l'humidité.
 - Stockage d'énergie thermique intégré dans la structure du bâtiment ou par des équipements séparés.
 - Capteurs, systèmes de contrôle et algorithmes avancés pour optimiser les performances énergétiques.
- Protection Solaire :
 - Utilisation de protections solaires adaptées selon l'orientation de la façade : fixes pour le Sud, Sud-Est et Sud-Ouest, mobiles pour l'Est et l'Ouest.
 - Équilibre entre les charges solaires pour éviter la surchauffe en été et maximiser l'éclairage naturel et les apports solaires en hiver.
- Inertie Thermique :
 - Utilisation de matériaux et d'épaisseurs de murs pour amortir les variations de température extérieure et maintenir une température intérieure stable.

5.4. Les principales propriétés des murs : ⁵⁸

Les murs jouent un rôle crucial dans le transfert de chaleur dans les bâtiments, influençant le confort thermique et l'efficacité énergétique. Voici les principales propriétés des murs concernant le transfert de chaleur :

- Conductivité thermique (λ) : Capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Les matériaux isolants ont une faible conductivité thermique.
- Résistance thermique (R) : Capacité d'un matériau à résister au flux de chaleur. Plus la résistance thermique est élevée, moins la chaleur traverse le mur.
- Capacité thermique (C) : Capacité d'un matériau à stocker de la chaleur, contribuant à réguler la température intérieure.
- Diffusivité thermique (α) : Rapidité avec laquelle un matériau transfère la chaleur par conduction.
- Inertie thermique : Capacité d'un mur à ralentir les changements de température, aidant à stabiliser la température intérieure.

⁵⁷ Mr. Sofiane RAHMOUNI, thèse de doctorat, 2020, Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique, Université Mostepha Ben Boulaid- Batna 2

⁵⁸ <https://bilan-thermique-28.fr>



- Émissivité (ϵ) : Capacité d'un matériau à émettre de l'énergie sous forme de rayonnement thermique.
- Transmittance thermique (U) : Quantité de chaleur traversant une surface pour une différence de température donnée. Un faible coefficient U indique une bonne performance thermique.
- Étanchéité à l'air : Capacité d'un mur à minimiser les pertes de chaleur dues aux mouvements d'air non désirés.

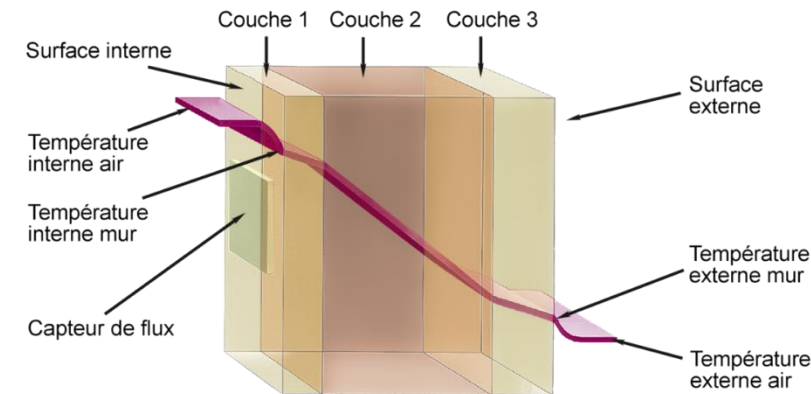


Figure 181 : flux thermique
Source : <https://www.ahlborn.com>

5.5. Propriétés des vitrages :

Les fenêtres, portes et puits de lumière gagnent et perdent de la chaleur par conduction, convection et rayonnement, influençant leur performance énergétique

- Coefficient de transmission thermique U : Le coefficient U mesure le débit de chaleur à travers une fenêtre, et plus il est bas, plus la fenêtre est économe en énergie.
- Coefficient de gain de chaleur solaire (SHGC) : Le SHGC mesure la quantité d'énergie solaire transmise sous forme de chaleur, avec des valeurs faibles préférées pour les climats chauds et élevées pour les besoins de chauffage solaire passif
- Transmittance visible (VT) : La VT représente la fraction de lumière visible transmise à travers le vitrage, influençant l'éclairage naturel et la perception visuelle de l'espace.

6. Partie expérimentale :

6.1. Présentation du cas d'étude :

• Choix de l'espace : on a choisi l'atelier de fabrication des prototypes pour son importance dans le projet et pour sa fonction et la longueur de la période d'occupation.

• Surface : 70 m²

• Forme de l'espace : rectangle

• Etage : R+2

• Hauteur de plafond : 4.70 m

• Occupants : 5 chercheurs

• Mode d'occupation : intermittente

• Temps d'occupation : occupation permanente de 8h à 18h

• Type d'éclairage : latérale

• Eclairage requis : 500lux

• Orientation des ouvertures : sud

• Point de consigne pour climatisation : 26 C°

• Point de consigne pour chauffage : 20 C°

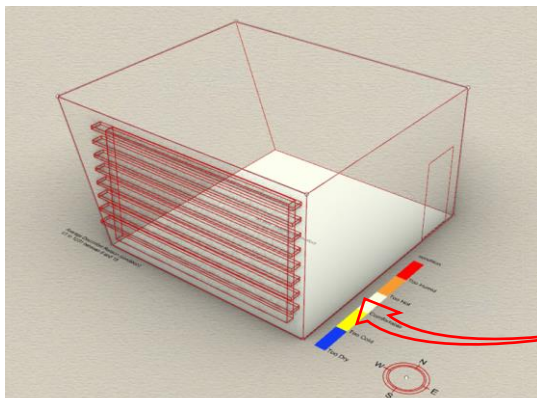
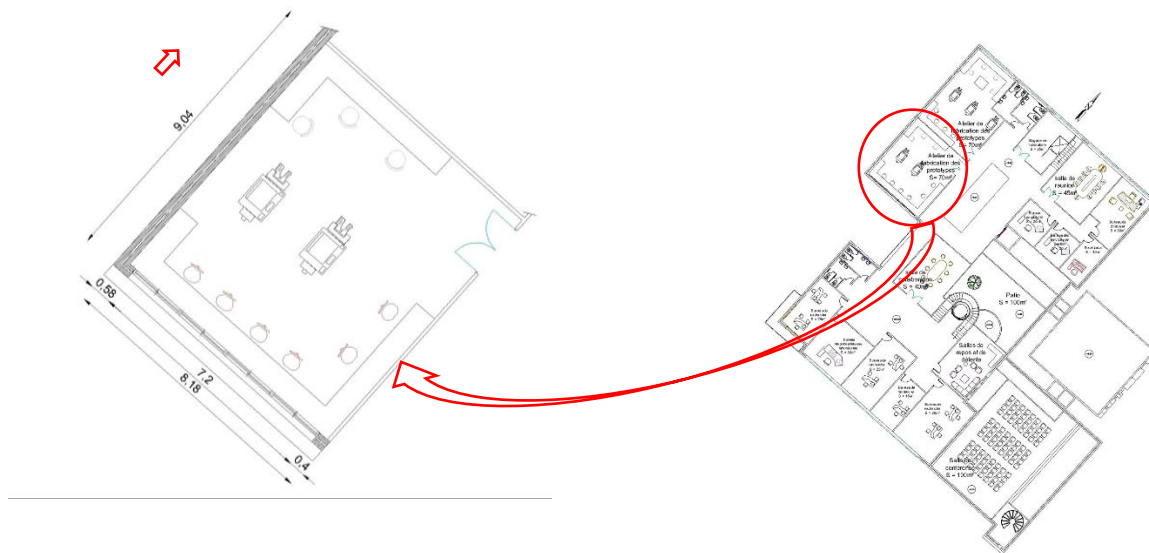


Figure 182 : le cas d'étude
Source : l'auteur

6.2. Présentation de l'outil de la simulation :

Les méthodes numériques d'évaluation et d'optimisation des bâtiments ont connu des progrès significatifs ces dernières années. De nombreux logiciels ont été développés pour simuler la performance des bâtiments, notamment, en termes de confort thermique, visuel et d'efficacité énergétique. La présente étude est principalement basée sur l'utilisation du programme de conception paramétrique 'Honeybee & Ladybug' développés en tant que plug-ins de la plateforme graphique Grasshopper/Rhinocéros. Actuellement, cet éditeur d'algorithmes graphique est très populaire et largement utilisé dans le milieu du design, de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction.

Cette évaluation est réalisée selon le climat de la ville de Laghouat qui est inséré sous format EPW (Energy plus weather). Selon le flux présenté ci-dessus :

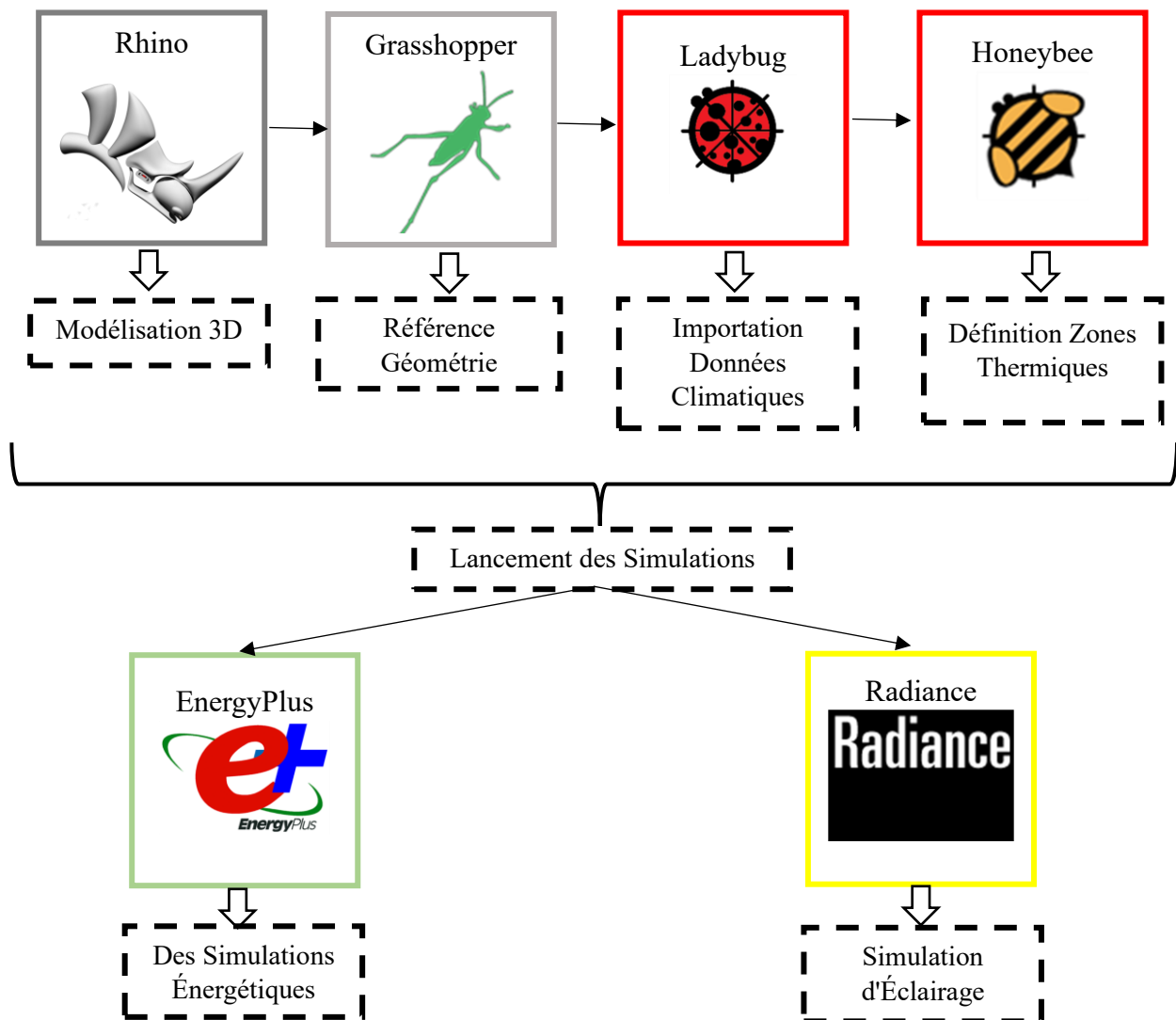


Figure 183 : le flux de la simulation avec RHINO
Source : l'auteur

6.3. Les paramètres de la simulation :

➤ Les paramètres fixes :

- Orientation des ouvertures (sud).
- La période de simulation : Période annuelle (de janvier à décembre) -Simulation dynamique- pendant les heures d'occupation (occupation permanente de 8h à 18h).

➤ Les paramètres variables :

Les matériaux de construction des parois et les planchers, type de vitrage et Les brise-soleil.

➤ Paramètres à simuler :

Les indicateurs dynamiques du confort thermique (PPD-PMV-Top), Les indices dynamiques de la consommation énergétique, et les indicateurs du confort visuelle (UDI / SDA / ASE).



6.4. Présentation des cas de simulation :

6.4.1. Le cas de base :

Consiste à simuler l'atelier de fabrication avec les caractéristiques des matériaux de l'enveloppe suivants :

➤ Les murs extérieurs :

Type de matériaux	Brique de terre cuite	Lame d'air	Brique de terre cuite	Enduit de ciment	Enduit de plâtre
Epaisseur (cm)	15	5	15	0.5	0.5
Densité (kg/m ³)	1850	1	1850	1900	1150
Conductivité thermique λ (W/m.K)	1150	0.047	1150	1.4	0.570

Tableau 11 : les caractéristiques de les murs extérieurs

➤ Les murs intérieurs :

Type de matériaux	Brique de terre cuite	Enduit de ciment	Enduit de plâtre
Epaisseur (cm)	15	0.5	0.5
Densité (kg/m ³)	1850	1900	1150
Conductivité thermique λ (W/m.K)	1150	1.4	0.570

Tableau 12 : les caractéristiques de les murs intérieurs

➤ Toiture et dalle :

Type de matériaux	Le carrelage	Béton	Hourdis	Lame d'air	Enduit de ciment	Faux plafonds
Epaisseur(cm)	1	4	16	20	5	3
Densité(kg/m ³)	1800	300	2000	1	1900	1200
Conductivité thermique λ (W/m.K)	1.7	0.17	0.14	0.047	1.4	/

Tableau 13 : les caractéristiques de toiture et dalle

6.4.2. Le cas optimisé :

➤ Les caractéristiques du brique avec isolant intégré (laine de roche) :

- Conductivité thermique : 0.18 W/m. K

- Densité : 600 Kg/m³

- Epaisseur : 15cm

- Résistance : 2000 W/m² k

- Chaleur spécifique : 1080 J/Kg.K

- Application : murs extérieurs



Figure 184 : brique avec isolant intégré (laine de roche)
Source : <https://bati.zepros.fr>



Augmente l'isolation thermique, réduisant les pertes de chaleur et améliorant l'efficacité énergétique et durable.

➤ Les caractéristiques du Double Vitrage Low E :

- Conductivité thermique : $1.2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

- Densité : 2500 Kg/m^3

- Chaleur spécifique : $840 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$

- Émissivité : 0.04

- Transmission lumineuse : 70% - 80%

- Facteur solaire : 0.3 g-value

- Coefficient de transmission thermique : $1.1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- Réduit les pertes thermiques par les fenêtres, améliore le confort thermique et réduit les coûts de chauffage/refroidissement.



Figure 185 : Vitrage Low E
Source : <https://www.multi-fenêtres.com>

➤ Les caractéristiques du corps creux avec isolant intégré :

- conductivité thermique : $0.2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

- Densité : 2400 Kg/m^3

- Epaisseur : 16cm

- Résistance : $2000 \text{ W/m}^2 \text{ k}$

- Chaleur spécifique : $947 \text{ J/Kg}\cdot\text{K}$

- Application : toiture et dalle

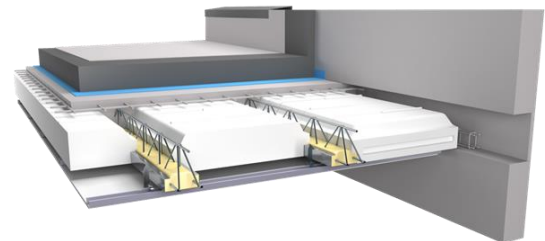


Figure 186 : corps creux avec isolant intégré
Source : <https://www.isoltop.com>

- Améliore l'isolation des murs, ce qui contribue à une meilleure efficacité énergétique et durable.

6.4.2.1. Intégration des matériaux cas optimisé du sur GrassHopper :

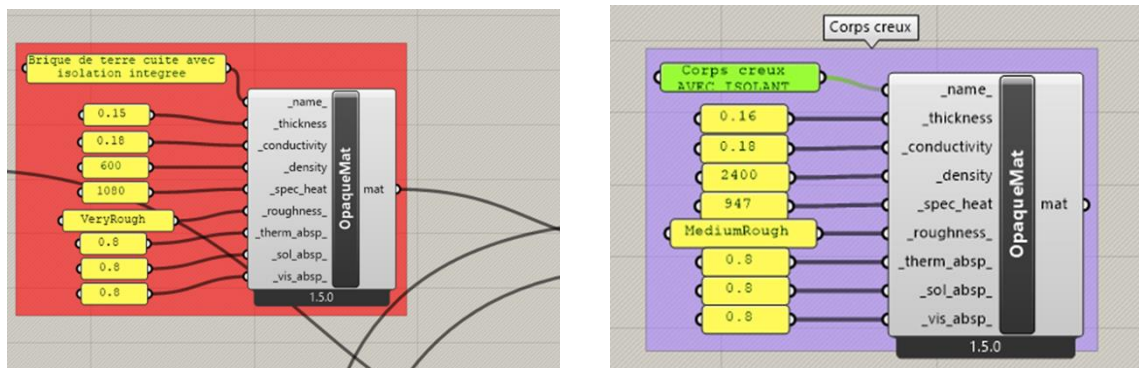


Figure 187 : Intégration des matériaux cas optimisé du sur GrassHopper
Source : l'auteur



6.5. Les résultats de la simulation :

	Cas de base	Cas optimisé															
Les résultats																	
Représentation graphique des résultats	<table border="1"><thead><tr><th>Metric</th><th>Cas de base</th><th>Cas optimisé</th></tr></thead><tbody><tr><td>T oper moy</td><td>23.555126</td><td>23.752405</td></tr><tr><td>PPD</td><td>19.23</td><td>10.59</td></tr><tr><td>PMV</td><td>0.01</td><td>0</td></tr><tr><td>thermal discomfort</td><td>70.93</td><td>43.99</td></tr></tbody></table>		Metric	Cas de base	Cas optimisé	T oper moy	23.555126	23.752405	PPD	19.23	10.59	PMV	0.01	0	thermal discomfort	70.93	43.99
Metric	Cas de base	Cas optimisé															
T oper moy	23.555126	23.752405															
PPD	19.23	10.59															
PMV	0.01	0															
thermal discomfort	70.93	43.99															
Commentaire	- <u>Température Opérative Moyenne</u> : Restée confortable dans les deux cas. - <u>Intensité Totale de l'Utilisation de l'Énergie</u> : Réduction significative, de 277.514 à 196.659 kWh/m², montrant une meilleure efficacité énergétique grâce à l'utilisation de matériaux améliorés et de vitrage performant, - <u>ASE</u> : Inchangée, ce qui est acceptable. - <u>PPD et l'inconfort thermique</u> : Réductions significatives, montrant une amélioration notable du confort thermique. - <u>PMV</u> : Parfait dans le cas optimisé, indiquant un confort thermique optimal.																



	Cas de base	Cas optimisé															
Les résultats																	
Représentation graphique des résultats	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cas initial</th> <th>Cas amélioré</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total end use</td> <td>277,51</td> <td>196,65</td> </tr> <tr> <td>Cooling</td> <td>144,94</td> <td>80,61</td> </tr> <tr> <td>Heating</td> <td>89,94</td> <td>41,72</td> </tr> <tr> <td>Lighting</td> <td>18,08</td> <td>18,76</td> </tr> </tbody> </table>			Cas initial	Cas amélioré	Total end use	277,51	196,65	Cooling	144,94	80,61	Heating	89,94	41,72	Lighting	18,08	18,76
	Cas initial	Cas amélioré															
Total end use	277,51	196,65															
Cooling	144,94	80,61															
Heating	89,94	41,72															
Lighting	18,08	18,76															
Commentaire	- L'intensité totale d'utilisation finale d'énergie a diminué de 277,514 kWh/m² à 196,659 kWh/m² après les améliorations. Cela représente une réduction d'environ 29,15%. - L'énergie utilisée pour le refroidissement a diminué de 114,945008 kWh/m² à 80,619259 kWh/m², soit une réduction de 29,85%. - L'énergie utilisée pour le chauffage a considérablement diminué de 88,946638 kWh/m² à 41,727479 kWh/m², soit une réduction de 53,08%.																
Les résultats																	



Commentaire	- Les zones près des fenêtres ou des ouvertures montrent une exposition solaire significative. - Les zones bleues indiquent une faible exposition, ce qui pourrait signifier que ces zones ne bénéficient pas suffisamment de lumière naturelle. - L'absence de dispositifs de contrôle solaire entraîne une pénétration profonde du soleil dans la pièce, augmentant le risque de surchauffe et de gêne visuelle. - Les brise-soleils réduisent l'impact direct du soleil, particulièrement aux heures où l'ensoleillement est le plus intense.	
	Cas de base	Cas optimisé
Les résultats		
Commentaire	Le cas optimisé montre une plus grande amplitude de l'UDI (97.59% à 7.78%) par rapport au cas de base (97.59% à 55.62%). Cette plus grande amplitude indique une meilleure distribution de la lumière du jour, avec une réduction des points où la lumière pourrait être excessive. (Utilisation des bris de soleil)	
Les résultats		
Commentaire	- Cas de base : Il semble y avoir une concentration de chaleur dans certaines zones, indiquant une isolation thermique potentiellement insuffisante. - Cas optimisé : Le SDA est plus efficace, offrant une distribution plus homogène de la lumière naturelle et réduisant les besoins en éclairage artificiel. - Les brise-soleils réduisent les gains de chaleur solaire directe, contribuant à une température plus stable.	

6.6. Interprétation des résultats :

La simulation effectuée par RHINO/GRASSHOPPER avec les améliorations apportées par l'utilisation de matériaux avec isolation intégrée et de vitrage double avec Low-E a conduit à une meilleure performance énergétique et à un confort thermique accru.

Les principaux avantages de ces améliorations incluent une réduction significative de l'intensité énergétique totale et une amélioration du pourcentage d'inconfort thermique de **38,54 %** par rapport au cas initial, confort visuel, tout en maintenant d'excellents niveaux d'éclairage naturel.



Ces modifications ont rendu l'atelier de fabrication plus confortable et plus économe en énergie. Les stratégies d'optimisation adoptées, telles que l'utilisation de briques avec isolation intégrée, de corps creux avec isolation intégrée et de double vitrage Low-E, ont réduit considérablement la consommation d'énergie pour le refroidissement et le chauffage, sans impact négatif sur l'éclairage ni sur les équipements.

Synthèse :

En conclusion, cette étude démontre l'importance cruciale de la simulation numérique dans la conception et l'optimisation des bâtiments. En utilisant des outils comme RHINO/GRASSHOPPER, il est possible d'évaluer les performances énergétiques, le confort thermique et visuel avant même la construction, permettant ainsi aux architectes et ingénieurs de tester diverses solutions pour améliorer l'efficacité énergétique et créer des environnements intérieurs confortables. Dans le cas spécifique de ce laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat, l'intégration de matériaux isolants performants et de vitrages à faible émissivité, combinée à l'utilisation de dispositifs architecturaux comme le brise-soleil, a permis de réaliser des améliorations significatives en termes de réduction de la consommation d'énergie et d'amélioration du confort thermique et visuel. Ces résultats soulignent l'efficacité des simulations multi-objectifs pour optimiser les performances des bâtiments dans des environnements climatiques exigeants.



CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale :

La conception d'un laboratoire de recherche en IA dédié aux ortho prothèses bioniques à Laghouat, dans un climat chaud et aride, nécessite une approche architecturale innovante et durable. En réponse aux défis climatiques spécifiques de la région, ce projet vise à maximiser la performance énergétique et le confort des utilisateurs sans compromettre la dimension conceptuelle.

D'un point de vue conceptuel, l'architecture harmonieuse avec son environnement bâti et non bâti découle de l'utilisation de la trame comme un canal tangible (géométrique). Ce principe structure l'organisation fonctionnelle, la distribution spatiale et hiérarchique entre les différentes entités et espaces (intérieur/extérieur, intérieur/intérieur et public/privé).

L'étude a souligné l'importance des systèmes passifs avec une volumétrie compacte orientée nord/sud. Des éléments tels que le patio végétalisé multifonctionnel, la végétation verticale, l'inertie thermique, les ombrages, les plans d'eau extérieurs, les auvents des façades et les couleurs claires contribuent à créer un environnement de travail confortable et énergétiquement efficace.

La simulation numérique effectuée avec le logiciel RHINO a validé l'efficacité de ces stratégies, en démontrant l'impact positif de l'utilisation de briques avec isolation intégrée et de vitrages LOW-E sur la performance énergétique, ainsi que sur le confort thermique et visuel du laboratoire. Ces solutions architecturales permettent d'optimiser les conditions de travail des chercheurs, tout en réduisant la consommation d'énergie d'environ 29,15% et en améliorant le confort thermique de 38,54%.

En conclusion, cette recherche novatrice représente un guide pour la programmation et la conception, offrant une opportunité unique de développer des solutions avancées dans le domaine des prothèses bioniques, tout en promouvant une architecture durable adaptée aux conditions climatiques locales. Ce projet incarne une vision intégrée où la technologie, la durabilité et le confort des utilisateurs convergent pour répondre aux besoins de recherche et de développement dans le domaine des prothèses bioniques.



Bibliographie :

Les livres :

- Alain Liébard, A et Harde, 2015, Traité d'Architecture & d'Urbanisme bioclimatique.
- Alison Kwok et Walter Grondzik, 2007, The Green Studio Handbook : Environmental strategies for schematic design.
- Olivier Lehmann, 2012, L'architecture comme expérience écologique de l'être au monde : le lieu du lien.
- SoïSalomon, S et Bedel, S, 2004, La maison des méga watts, Le guide malin de l'énergie chez. Terre vivante.

Les articles :

- Omar Ketfi, Feasibility study and performance evaluation of low capacity water–LiBr absorption cooling systems functioning in different Algerian climate zones, International Journal of Refrigeration, 10.1016/j.ijrefrig.2017.07.002.
- Semahi Samir, La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie : Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides, 2013, Journal of Renewable Energies.

Les thèses :

- Benarfa Kamal, Thèse de doctorat, 2018, Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, Université Amar Thelidji- Laghouat.
- Fadi Chlela. Thèse de doctorat, 2008 : Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie. Université de La Rochelle.
- Khadraoui Mohamed Amine, Thèse de doctorat, 2019 « étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et efficacité énergétique cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride », université de Biskra.
- Mazari Mohammed, mémoire de magister, 2012 « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) », Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- Sofiane RAHMOUNI, thèse de doctorat, 2020, Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique, Université Mostepha Ben Boulaid- Batna 2.

Les sites :

- <https://demarchesterritorialesdedeveloppementdurable.org/> / visité le : 10/2023
- <https://www.polymtl.ca/> / visité le : 10/2023
- <https://usito.usherbrooke.ca/> / visité le : 12/2023
- <https://www.afipph.fr/> / visité le : 10/2023
- <https://bilan-thermique-28.fr/> / visité le : 11/2023
- <https://www.ossur.com/> / visité le : 12/2023
- <https://smart-reno.univ-lr.fr/> / visité le : 10/2023
- <https://www.afipph.fr/> / visité le : 11/2023



- <https://www.archdaily.com/> visité le : 11/2023
- <https://www.usj.edu.lb/> visité le : 12/2023
- <https://www.coe.int/fr/> visité le : 12/2023
- [www.lawilaya de laghouat.dz/](http://www.lawilaya.de.laghouat.dz/) visité le : 12/2023
- <https://dateandtime.info/> visité le : 12/2023
- <https://www.aniref.dz/> visité le : 10/2023
- <https://atelierpras.com/> visité le : 01/2024
- <https://architecturesansobstacles.ch/> visité le : 10/2023
- <https://bentek.fr/> visité le : 01/2024
- <https://www.isospace.fr/> visité le : 10/2023
- <http://www.irma-valenton.fr/> visité le : 01/2024
- <https://www.polyvia.fr/fr/> visité le : 01/2024
- <https://www.sparxsystems.fr/> visité le : 12/2023
- <https://cressound.grenoble.archi.fr/> visité le : 11/2023
- <https://www.miqcp.gouv.fr/> visité le : 01/2024
- <https://www.arecidf.fr/> visité le : 04/2024
- <https://ipag.univ-rennes.fr/> visité le : 12/2023
- <https://www.academia.edu/> visité le : 03/2024
- <https://sante.gouv.fr/> visité le : 04/2024
- <https://www.lab-ecole.com/> visité le : 05/2024
- <https://www.darchitectures.com/> visité le : 05/2024
- [https://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr /](https://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/) visité le : 05/2024



ANNEXE

Annexe 01 :

Les vue 3D de projet :

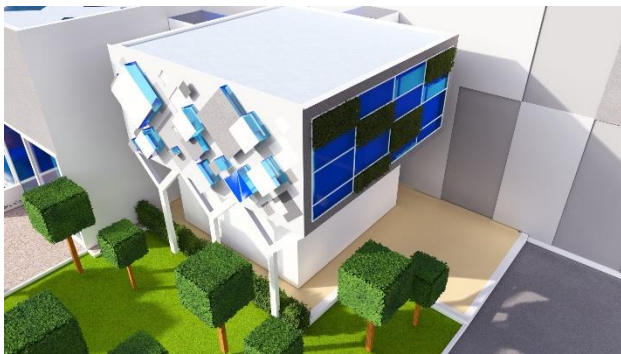
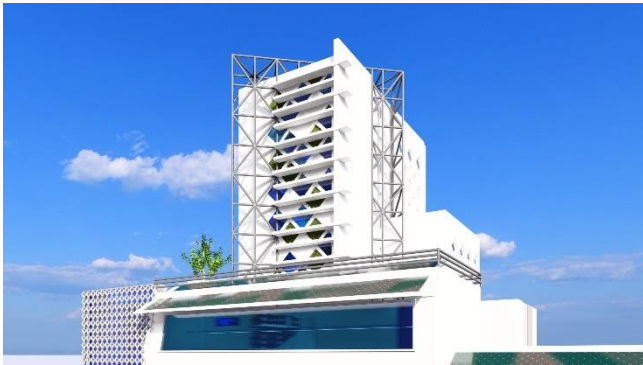




Figure 189 : Les vue 3D de projet
source : l'auteur

La maintenance des murs végétaux : ⁵⁹

Les principaux éléments à prendre en compte pour entretenir efficacement les murs végétaux :

- **Contrôle de l'Arrosage** : sont essentiels pour maintenir un mur végétal en bon état. L'arrosage doit être adapté à l'hygrométrie du bâtiment et à la météo, il doit être effectué au moins une fois par semaine, incluant la vérification des temps d'arrosage, du débit, et des alarmes reçues.
- **Surveillance Végétative** : pour détecter les problèmes potentiels. Cela inclut l'inspection des bourgeons terminaux, le revers des feuilles, et le point d'ancrage des feuilles. Des traitements phytosanitaires peuvent être appliqués si nécessaire, en privilégiant une lutte biologique, elle est effectuée régulièrement, avec des visites périodiques pour contrôler l'état des plantes et des systèmes.
- **Taille des Végétaux** : nécessaire pour maintenir leur forme et leur croissance. Il y a trois passages de taille annuels : l'une juste après l'hiver, une deuxième en juillet, et une troisième en octobre.
- **Remplacement des Végétaux** : pour maintenir l'apparence du mur. Cela est généralement effectué entre mars et avril, en utilisant un plantoir et un substrat bien humidifié.
- **Contrôle de la Structure** : pour valider la bonne tenue mécanique des assemblages. Cela inclut la vérification de la centrale hydraulique, des collages PVC, et des électrovannes.
- **Nettoyage et Désherbage** : Le nettoyage des feuilles mortes et des fleurs fanées est nécessaire pour maintenir l'apparence du mur. Des désherbages peuvent être effectués si nécessaire.
- **Vidange du Bac** : Le bac doit être vidangé tous les deux ou trois mois environ et remplacé par un nouveau mélange composé d'engrais, d'oligoéléments, de correcteur de PH, et de séquestrene.
- **Surveillance Sanitaire** : pour détecter les parasites et les maladies. Des méthodes de lutte biologique et préventive sont utilisées, comme les traitements à base d'huiles végétales.
- **Équipe Qualifiée** : L'entretien des murs végétaux nécessite une équipe qualifiée composée de botanistes et de paysagistes pour assurer une gestion efficace et une maintenance régulière

⁵⁹ <https://www.plantdesign.be>

La maintenance de la toiture végétalisée :

Les principales opérations d'entretien de toitures végétalisées pendant la période de confortement :⁶⁰

- Enlèvement des déchets sur les surfaces végétalisées et les zones stériles.
- Nettoyage des naissances d'évacuation d'eau pluviale.
- Enlèvement de la végétation dans les zones stériles.
- Désherbage et évacuation des végétaux indésirables dans les surfaces végétalisées.
- Taille des plantes vivaces.
- Fertilisation.

Une fois la période de confortement passée, les toitures végétalisées nécessitent une plus faible intervention en fonction du système végétal. En effet, le taux de couverture végétale à 80% est atteint et les végétaux sont à maturité. Pendant la période dite d'entretien courant, il s'agit donc de maintenir ce taux de couverture à 80% minimum.

Les principales opérations d'entretien pendant la phase d'entretien courant :

- Contrôler le système d'évacuation des eaux.
- Vérifier l'étanchéité de l'installation.
- Désherber.
- Fertiliser L'orientation des pan sol.



⁶⁰ <https://www.soprema.fr>

Annexe 03 : ⁶¹

L'orientation des panneaux solaires à Laghouat :

La meilleure orientation des panneaux solaires à Laghouat est vers le Sud, Sud-Est ou Sud-Ouest. Cela permet de capter le maximum de lumière solaire tout au long de la journée, étant donné que le soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest.

Pour l'inclinaison optimale des panneaux, les sources recommandent un angle entre 30° et 35° par rapport à l'horizontal. Cet angle permet d'orienter les capteurs solaires de manière perpendiculaire aux rayons du soleil, optimisant ainsi la production d'électricité photovoltaïque sur l'année.

Cependant, les sources précisent que ces valeurs théoriques sont valables sous nos latitudes en France, et peuvent varier selon la latitude du site. Étant donné que Laghouat se situe à une latitude de 33°46' Nord, l'inclinaison optimale pourrait légèrement différer de ces recommandations.

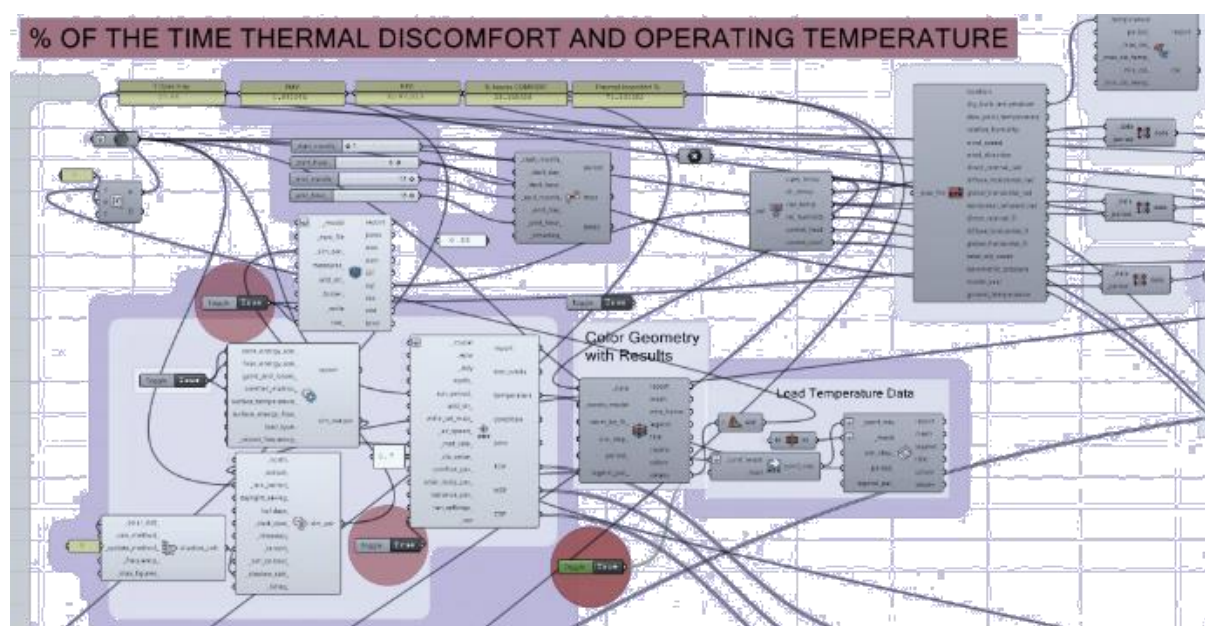
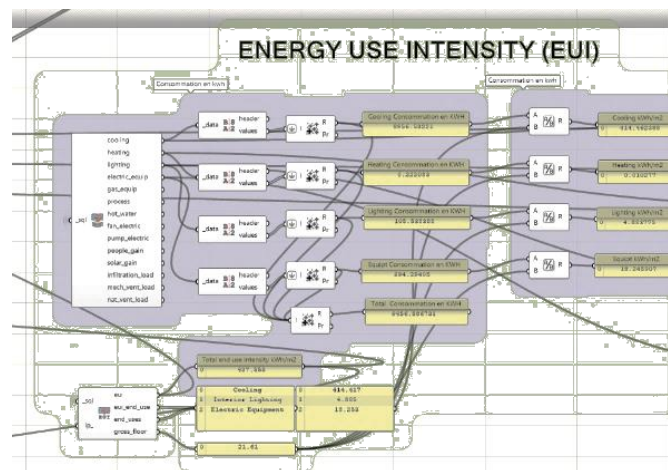
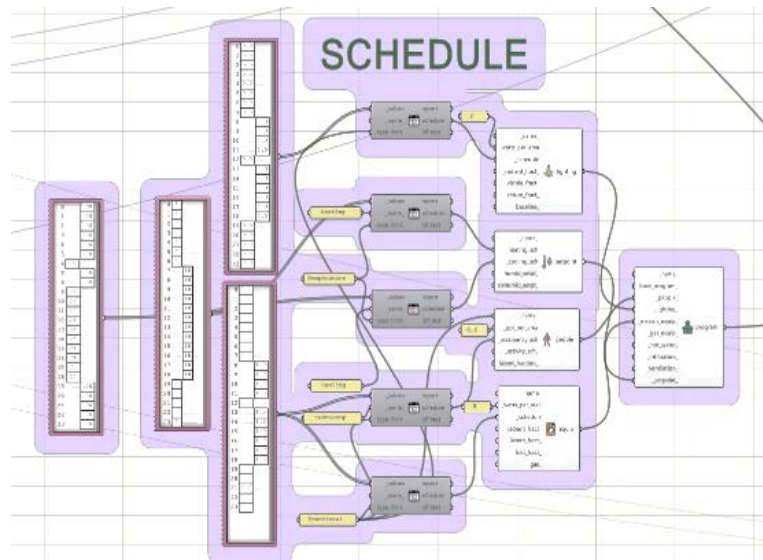
INCLINAISON ORIENTATION	0° 	30° 	60° 	90° 
EST	93%	90%	78%	55%
SUD - EST	93%	96%	88%	66%
SUD	93%	100%	91%	68%
SUD - OUEST	93%	96%	88%	66%
OUEST	93%	90%	78%	55%

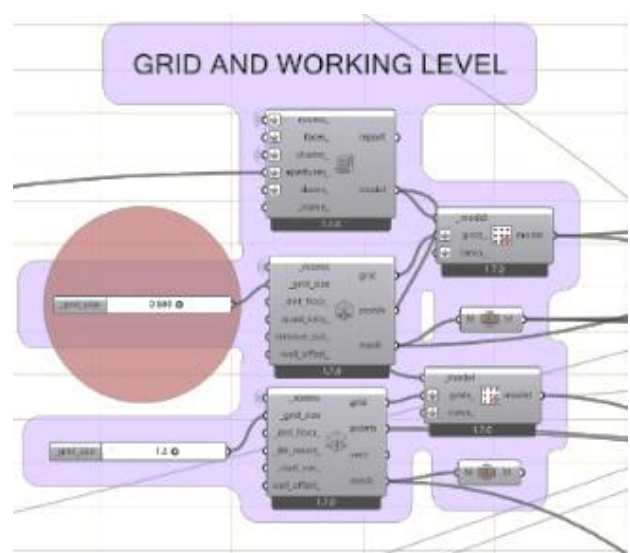
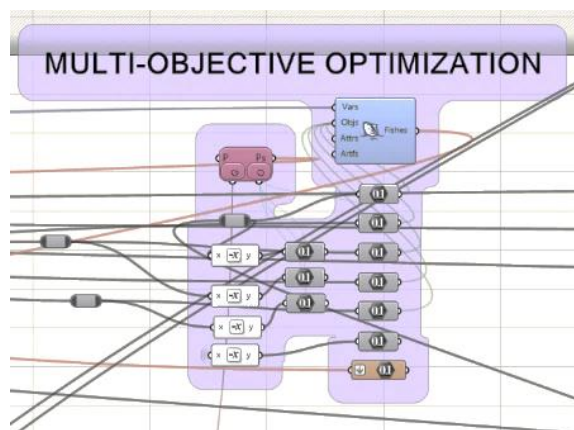
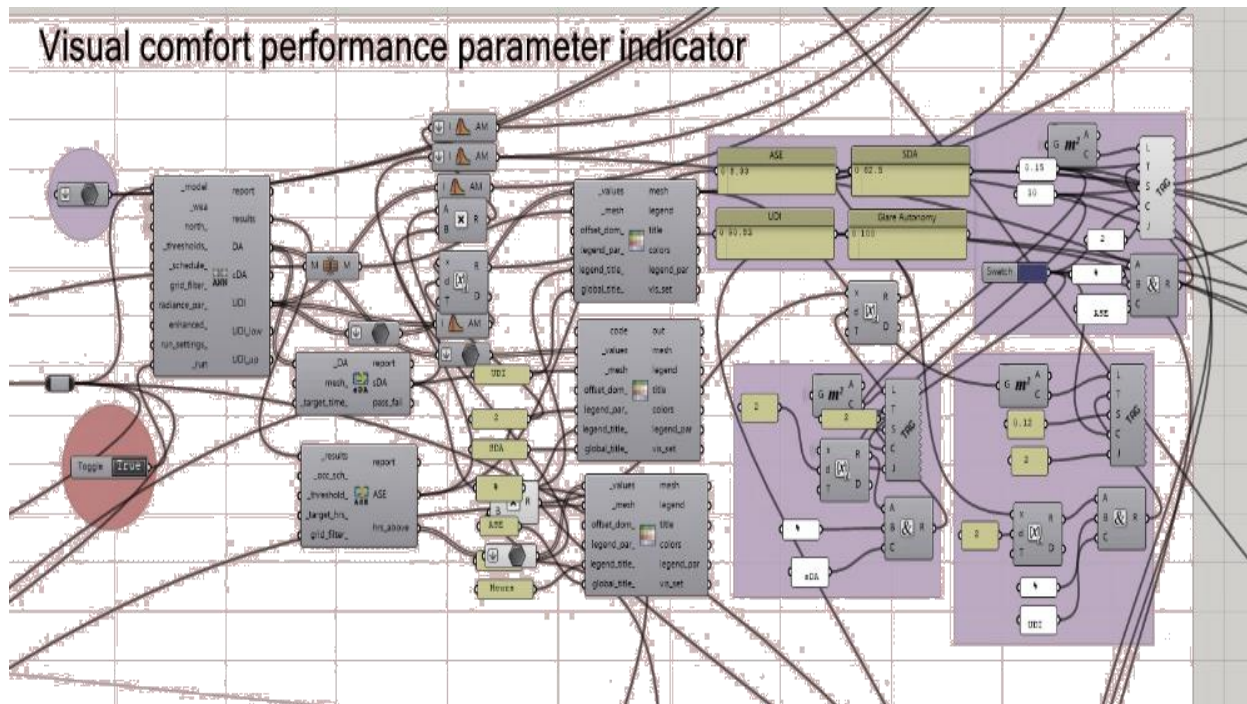
Figure 190 : L'orientation des panneaux solaires
source : <https://terresolaire.com>

⁶¹ BENSALAH DJAMEL, THÈSE DE DOCTORAT, 2020 « Etude, réalisation d'un capteur solaire à air et détermination des paramètres de la conversion thermique de l'énergie solaire du capteur dans le site de Laghouat », Université Amar Telidji - Laghouat

Annexe 04 :

Flux de travail de simulation :





Titre du mémoire : Evaluation de la performance énergétique Dans la phase conceptuelle d'un laboratoire de recherche en IA pour les ortho prothèses bioniques à Laghouat

Etudiante : khorsi Hanan

Encadrant : - Mr. Bencheikh Abderrezzak

- Mr. Mokeddem Mahmoud

- Mlle. Titi Meriem Hafidha

Résumé : La conception d'un laboratoire de recherche en IA pour les orthoprothèses bioniques à Laghouat doit tenir compte du climat chaud et aride pour assurer le confort des chercheurs. Une forme compacte orientée nord/sud et l'application de systèmes passifs (patio végétalisé, végétation verticale, inertie thermique, ombrage, plans d'eau extérieurs, surplombs des façades, couleurs claires) contribuent à un projet durable. Une simulation numérique avec RHINO a montré que l'utilisation de briques isolées et de vitrages LOW-E améliore la performance énergétique (réduction de 29,15%) et optimise le confort thermique (amélioration de 38,54%) et visuel dans un atelier de fabrication orienté au sud.

Mots clés : Laboratoire IA des prothèses bioniques, Laghouat, Climat chaud et aride, Systèmes passifs, Simulation numérique, Confort thermique et visuel, Performance énergétique.

Memory title : Evaluation of energy performance in the conceptual phase of an AI research laboratory for bionic orthoprosthesis in Laghouat.

Student : khorsi Hanane

Suvised by : - Mr. Bencheikh Abderrezzak

- Mr. Mokeddem Mahmoud

- Ms. Titi Meriem Hafidha

Abstract: The design of an AI research laboratory for bionic prostheses in Laghouat must consider the hot and arid climate to ensure the comfort of researchers. A compact north/south-oriented form and the application of passive systems (vegetated patio, vertical vegetation, thermal inertia, shading, outdoor water features, facade overhangs, light colors) contribute to a sustainable project. A numerical simulation with RHINO showed that the use of insulated bricks and LOW-E glazing improves energy performance (a reduction of 29.15%) and optimizes thermal comfort (an improvement of 38.54%) and visual comfort in a south-oriented manufacturing workshop.

Key words: AI laboratory for bionic prostheses, Laghouat, hot and arid climate, passive systems, numerical simulation, thermal and visual comfort, energy performance.

عنوان المذكرة: تقييم أداء الطاقة في المرحلة التصميمية لمختبر بحث في الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية في الأغواط.

المؤطر: - بن الشيخ عبد الرزاق

الاسم واللقب: خرصي حنان

- مقدم محمود

- تيتي مريم حفيدة

ملخص: يتطلب تصميم مختبر بحثي في الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية في الأغواط مراعاة المناخ الحار والجاف لضمان راحة الباحثين. يساهم الشكل المدمج الموجه نحو الشمال/الجنوب وتطبيق الأنظمة السلبية كالفناء والنباتات العمودية والكتلة الحرارية والظل والمساحات المائية الخارجية وبروزات الواجهات والألوان الفاتحة في تحقيق مشروع مستدام. أظهرت المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج أن استخدام الطوب المعزول والزجاج منخفض الانبعاثات في تحسين الأداء الطاقي تقليل بحوالي 29.15% وتحسين الراحة الحرارية بنسبة 38.54% وكذلك الراحة البصرية في ورشة عمل تصنيع موجهة نحو الجنوب.

كلمات مفتاحية: مختبر الذكاء الاصطناعي للأطراف الصناعية الإلكترونية، الأغواط، المناخ الحار والجاف، الأنظمة الكامنة، المحاكاة الرقمية، الراحة الحرارية والبصرية، الأداء الطاقي.