

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE AMMAR TELIDJI LAGHOUAT



FACULTÉ : Génie Civil et d'Architecture

DÉPARTEMENT : D'Architecture

MÉMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Architecture, Urbanisme & Métiers de la Ville

FILIERE : ARCHITECTURE

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE

Thème :

Évaluation du Confort Hygrothermique et Respiratoire dans Un Projet d'Incubateur d'Entreprise des Matériaux de Constructions Innovants à Ghardaïa

Présenté par :

MADENE SILINA

Jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. MEKEDDEM MAHMOUD	M.A. A	Rapporteur
Mr. BENCHEIKHABDERRAZZAK	M.A. A	Rapporteur
Mr. AMIEUR RACHID	M.A. A	Examineur
Mr. TABAI BRAHIM	M.C. B	Président

Promotion : Juin 2023

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE AMAR THELIDJI LAGHOUAT
FACULE D'ARCHITECTURE ET DE GENIE CIVIL
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

FILIERE : ARCHITECTURE.

DOMAINE : architecture, urbanisme et métiers de la Ville.

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT.

THEME : Évaluation du Confort Hygrothermique et Respiratoire dans Un Projet d'Incubateur d'Entreprise des Matériaux de Constructions Innovants à Ghardaïa.

Présenté par :

- MADENE SILINA

Encadré par :

- MS. MEKEDDEM MAHMOUD
- MS. BENCHEIKH ABDERRAZZAK

Résumé :

La conception d'un projet durable consiste à multiplier des stratégies architecturales, environnementales et technologique.

Ce travail est une tentative de concevoir durablement un incubateur d'entreprise spécialisé aux matériaux de construction innovants suivant les concepts généraux de l'architecture durable au niveau de la ville de Ghardaïa caractérisé par un climat chaud et aride, qui présente des contraintes à la fois environnementales, climatiques et urbanistique. Afin d'aboutir à notre objectif d'assurer le bien-être des utilisateurs et la rationalisation de la consommation d'énergie.

Nous avons essayé de porter des réponses aux problèmes du confort hygrothermique, et qualité respiratoire en particulier celui de l'été tout en favorisant Une forme compacte avec un espace extérieur protégé au milieu, les techniques de constructions innovante, l'utilisation des matériaux innovants tel que la brique en poudre de marbre recyclé, intégration de la végétation, ainsi que de profiter du climat pour produire l'énergie requise par des panneaux photovoltaïques.

Pour vérifier la faisabilité de solutions proposées on a procédé à une simulation numérique à l'aide des logiciels à l'évaluation et calcul de la température (Rhino + Grasshopper). Cette simulation a prouvé l'impact du paramètre matériau innovants avec une isolation, et le paramètre de la végétation pour optimiser le confort hygrothermique et améliorer l'efficacité énergétique d'un laboratoire de recherche du projet dans les conditions de climat chaud et aride.

Mots clés : Incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants, Matériaux innovants, La ville de Ghardaïa, climat chaud et aride, Durabilité, Conforts hygrothermique, qualité de l'air.

Democratic and popular republic of Algeria Ministry of higher education and scientific research



Amar Tlidji University – Laghouat

FACULTY: civil engineering and architecture

SECTOR: Architecture & town planning

ABSTRACT OF MASTER MEMORY



SECTOR: Architecture

DOMAIN: architecture, town planning and city trades

SPECIALITY: Architecture & environment

Theme: Evaluation of Hygrothermal and Respiratory Comfort in an Innovative Construction Materials Business Incubator in the city of Ghardaïa.

Presented by:

- MADENE SILINA

Supervise by:

- MS. MEKEDDEM MAHMOUD
- MS. BENCHEIKH ABDERRAZZAK

Abstract:

The design of a sustainable project involves implementing architectural, environmental, and technological strategies. This work is an attempt to design an incubator specialized in innovative construction materials following the principles of sustainable architecture in the city of Ghardaïa, characterized by a hot and arid climate, which presents environmental, climatic, and urban constraints. The objective is to ensure user well-being and optimize energy consumption.

Efforts have been made to address issues related to hygrothermal comfort and respiratory quality, particularly during summer, while promoting a compact form with a protected outdoor space at the center. Innovative construction techniques and the use of materials such as recycled marble powder bricks, integration of vegetation, and leveraging the climate to generate energy through photovoltaic panels were explored.

To assess the feasibility of the proposed solutions, a numerical simulation was conducted using temperature evaluation and calculation software (Rhino + Grasshopper). This simulation demonstrated the impact of innovative materials with insulation and the role of vegetation in optimizing hygrothermal comfort and improving the energy efficiency of a research laboratory within the project, considering the hot and arid climate conditions.

Keywords: Incubator of innovative construction materials, Innovative materials, Ghardaïa city, Hot and arid climate, sustainability, Hygrothermal comfort, Air quality.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عمار تليجي الغواط

كلية الهندسة المعمارية والمدنية قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة ماستر

الشعبة: هندسة معمارية

التخصص: هندسة معمارية وبيئة

الميدان: العمارة وتخطيط المدن وتداولت المدينة

عنوان المذكرة : تقييم الراحة الاسترطابية الحرارية والتنفسية في مشروع حاضنة الأعمال لمواد البناء المبتكرة في مدينة غرداية

تقديم الطالب:

• مادن سلينا

الاساتذة المؤطرون :

• مقدم محمود

• بن الشيخ عبد الرزاق

الملخص :

تصميم المشروع المستدام ينطوي على تنفيذ استراتيجيات معمارية وبيئية وتكنولوجية. هذا العمل هو محاولة لتصميم حاضنة متخصصة في مواد البناء المبتكرة وفقاً لمفاهيم العمارة المستدامة في مدينة غرداية، التي تتميز بمناخ حار وجاف، والتي تواجه قيوداً بيئية ومناخية وحضرية. الهدف هو ضمان راحة المستخدمين وتحسين استهلاك الطاقة.

تم بذل الجهود لمعالجة مشكلات الراحة الحرارية وجودة التنفس، وخاصة خلال فصل الصيف، مع تشجيع شكل مدمج يحتوي على مساحة خارجية محمية في الوسط، واستخدام تقنيات البناء المبتكرة، واستخدام مواد مبتكرة مثل الطوب المصنوع من مسحوق الرخام المعاد تدويره، ودمج النباتات، واستغلال المناخ لتوليد الطاقة من خلال لوحات الطاقة الشمسية.

للتحقق من جدوى الحلول المقترحة، تم إجراء محاكاة عددية باستخدام برنامج لتقييم وحساب درجة الحرارة. (Rhino+GrassHopper) أثبتت هذه المحاكاة تأثير معلمة المواد المبتكرة مع العزل ومعلمة الغطاء النباتي لتحسين الراحة الحرارية وتحسين كفاءة الطاقة لمختبر أبحاث المشروع في الظروف المناخية الحارة والجافة.

الكلمات الرئيسية : حاضنة اعمال مواد بناء مبتكرة، مواد مبتكرة، مدينة غرداية، مناخ حار وجاف، الاستدامة، راحة حرارية، جودة الهواء.

Remerciement

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et mon profond respect. Avant tout, Je remercie dieux Allah le tout puissant de m'avoir donné la force et la volonté pour accomplir ce travail.

Et j'adresse mes vifs remerciements à ma famille, ma clé de réussite pour leur patience avec moi, leurs soutiens et leurs encouragements.

J'exprime toute ma reconnaissance et notre gratitude à l'administration et à l'ensemble du corps enseignant du département d'architecture et de génie civil pour leurs efforts à nous avoir garanti la continuité et l'aboutissement de ce programme de Master.

Et j'ai le plaisir de remercier mes Encadreurs Ms. Mekkadem Mahmoud et Ms. Bencheikh Abderrazak, pour ses connaissances, son accompagnement pour ses précieux conseils qui m'ont été d'une aide inouïe. Mes remerciements vont également à tous mes enseignants durant les cinq ans de formation, et également aux membres de jury : Ms. Amieur Rachid et Ms. Tabai Brahim, croire en mes remerciements anticipés pour avoir bien voulu accepter d'enrichir et d'évaluer ce travail.

Mes remerciements à mes Camarades qui m'ont encouragée et soutenu par leurs conseils tout au long du cursus universitaire.

Merci...

Dédicace

A 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,

À la Diamond de ma vie, ma mère bien-aimée, Ce mémoire est dédié à toi, Pour ta force, ton courage et ta tendresse infinie. Je te remercie pour tous les sacrifices que tu as faits, Pour tes douces paroles ...

À mon cher père, 'Lah yarahmou' dont la présence aimante et le soutien inconditionnel m'ont accompagné tout au long de ma vie. Tu as été une source d'inspiration et de force, et ton esprit bienveillant continuera à guider mes pas. Ce mémoire est dédié à ta mémoire...

Je dédie ce travail aussi pour mes chers frères Farouk et Lotfi

A mes chères adorables tantes et oncles et toute ma famille

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail aussi à : A mes Sœurs De Vie : Samia, Sawsan, Soulaf, Sara, Fatima, Khalida... et A mes chères amies.

A tous ceux qui nous sont chers, nous leurs dédions ce Modeste travail

A tous les enseignants ; les étudiants et le personnel du Département d'architecture de l'université Ammar Tlidji Laghouat A tout merci.

MADENE SILINA

TABLE DES MATIERES :

I.	INTRODUCTION GENERAL.....	17
I.1	PROBLEMATIQUE :	2
I.2	HYPOTHESES :	2
I.3	OBJECTIFS :	3
I.4	METHODOLOGIE :	3
I.5	STRUCTURE DE LA MANUSCRIT :	3
II.	Chapitre 01 : ETUDE THEMATIQUE.....	6
II.1	Volet 1 : L'architecture durable :	7
II.1.1	Le développement durable :	7
II.1.2	Le développement durable et le secteur de bâtiment :	8
II.1.3	Définition des concepts :	8
II.1.5	Stratégies passives de l'architecture durable :	11
II.1.6	Les zones chauds et arides :	11
II.1.7	Principe de conception durable dans un climat chaud et aride :	12
II.1.8	Le confort dans le bâtiment :	18
II.2	Volet 2 : Incubateur d'entreprise et innovation.....	22
II.3	Définition des concepts :	22
II.3.1	Start-Up :	22
II.3.2	Start-Up Studio :	22
II.3.3	Un Incubateur :	22
II.4	Définition de l'innovation :	22
II.4.1	Le processus de l'innovation :	23
II.5	Aperçu historique sur l'apparition des incubateurs :	23
II.6	Les caractéristiques d'un incubateur :	23
II.7	Les types des incubateurs :	25
II.8	Les étapes de développement d'un Start-Up : Chaîne de valeur :	25
II.9	Les matériaux de construction innovants :	27
II.9.1	Définition :	27
II.9.2	Les enjeux des nouveaux matériaux :	27
II.9.3	Types de matériaux de construction innovants :	28
II.10	Incubateur d'entreprise de matériaux de construction innovants :	29
II.11	Les incubateurs en Algérie :	30
II.11.1	Le Décret officiels des incubateurs en Algérie :	30
III.	CHAPITRE 02 : ETUDE ANALYTIQUE.....	32

III.1	Analyses Des Exemples :	33
III.2	EXEMPLE 1: New Orleans Bio Innovation Center (NOBIC)	33
III.2.1	Fiche technique :	33
III.2.2	Présentation du projet :	33
III.2.3	Situation du Projet :	33
III.2.4	L'aspect contextuelle :	34
III.2.5	L'Aspect Architecturale et fonctionnel :	35
III.3	EXEMPLE 02 : Incubateur D'entreprise BIOPOLE Biotech.....	41
III.3.1	Fiche technique :	41
III.3.2	Description du projet.....	41
III.3.3	Situation du projet :	41
III.3.4	L'aspect contextuelle :	42
III.3.5	L'aspect architecturale et fonctionnel :	42
III.4	EXEMPLE 03 : Centre de recherche pétrolière du roi Abdallah (KAPSARC)	47
III.4.1	Fiche technique :	47
III.4.2	Description du projet.....	47
III.4.3	Situation :	47
III.4.4	L'aspect Contextuel :	48
III.4.5	L'aspect architectural et fonctionnel :	48
III.4.6	L'aspect structurel :	50
III.4.7	L'aspect technique :	50
III.4.8	L'Aspect de Durabilité :	50
III.4.9	La certification LEED du bâtiment :	52
III.5	EXEMPLE 04 : Al Bahar Towers	52
III.5.1	Fiche technique :	52
III.5.2	Présentation De La Tour :	52
III.5.3	La Façade de la tour :	53
III.5.4	La toiture des tours :	54
IV.	CHAPITRE 03 : ETUDE PROGRAMMATIQUE	56
IV.1	Types des programmes :	57
IV.2	Organigramme fonctionnelle des entités :	57
IV.3	Programme Quantitatif :	58
IV.4	PROGRAMME QUALITATIF :	60
IV.4.1	Entité d'accueil :	60
IV.4.2	Entité Administratif :	61
IV.4.3	Entité Pédagogique :	63
IV.4.4	Entité de recherche :	65

V.	CHAPITRE 04 : ETUDE CONTEXTUEL	69
V.1	Présentation générale de La ville Ghardaïa :	70
V.1.1	Situation géographique :	70
V.1.2	Situation astronomique :	70
V.1.3	Les limites de la wilaya :	71
V.1.4	Les limites communales de la ville :	71
V.1.5	Accessibilité de la ville Ghardaïa :	71
V.2	Les Phases Historiques Du Développement De La Ville :	72
V.3	Le style architectural du contexte :	74
V.4	LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA VILLE GHARDAÏA :	75
V.4.1	La zone climatique :	75
V.4.2	Climatologie de Ghardaïa :	75
V.5	PRESENTATION ET ANALYSE DU SITE D'INTERVENTION :	82
V.5.1	Analyse du site :	82
VI.	CHAPITRE 05 : ETUDE CONCEPTUEL	87
VI.1	Principes & concepts :	88
VI.1.1	Liés au thème :	88
VI.1.2	Liés au programme :	88
VI.1.3	Liés au contexte :	89
VI.1.4	Liés au durabilité et environnement :	89
VI.2	GENESE DU PROJET :	90
VI.2.1	L'idée d'inspiration du projet :	90
VI.2.2	DESCRIPTION ET PRESENTATION DES PLANS :	105
VI.2.3	LECTURE DES FAÇADES :	115
VII.	CHAPITRE 06 : ETUDE TECHNIQUE	122
VII.1	SYSTEME CONSTRUCTIF :	123
VII.1.1	Structure mixte (hybride) :	123
VII.1.2	STRUCTURE BIDIMENTIONNELLES :	124
VII.1.3	STRUCTURE EN BÉTON PRÉCONTRAIT :	125
VII.2	Revêtement innovants des façades :	125
VII.3	Les JOINTS :	126
VII.3.1	Joints de dilatation :	126
VII.3.2	Joint de rupture :	126
VII.4	Les types de vitrage :	127
VII.4.1	Le verre translucide :	127
VII.4.2	Un vitrage Chromatique :	127
VII.4.3	Vitrage à opacité contrôlée :	128

VII.5	Panneaux En Béton Translucide :	128
VII.6	Cloisons amovibles :	128
VII.7	Stratégies et techniques passives :	129
VII.7.5	Les Stratégies De La Production De L'Énergie :	131
VII.8	Les détecteurs de Mouvement :	133
VII.1	PROTECTION CONTRE INCENDIES :	134
VIII.	CHAPITRE 07 : SIMULATION & DURABILITE.....	135
VIII.1	PROBLEMATIQUE :	136
VIII.2	HYPOTHESES :	137
VIII.3	OBJECTIFS :	137
VIII.4	METHODOLOGIE :	137
VIII.4.1	Aspect théorique :	137
VIII.4.2	Aspect Expérimentale : Évaluation numérique du confort Thermique, qualité respiratoire et la consommation d'énergie, dans un laboratoire de recherche.	141
VIII.4.3	QUALITE RESPIRATOIRE DE L'AIR :	154
IX.	CONCLUSION GENERALE :	158
X.	ANNEXES.....	161

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1 : Structure de la mémoire.....	5
Figure 2 : Les trois piliers du développement durable.....	7
Figure 3 : L'impact du secteur du bâtiment sur l'environnement.....	8
Figure 4 : impact de l'architecture durable.....	8
Figure 5 : logo label BBC.....	9
Figure 6 : Bâtiment Autonome en France.....	9
Figure 7 : Bâtiment BEPOS en France.....	9
Figure 8 : les labels à travers les années.....	9
Figure 9 : Carte des zones climatiques.....	11
Figure 10 : Protection solaire extérieure horizontale.....	12
Figure 11 : Protection solaire extérieure verticale.....	12
Figure 12 : protection solaire par végétation.....	13
Figure 13 : Schéma de Ventilation traversante.....	13
Figure 14 : Schéma de ventilation par cheminé.....	13
Figure 15 : Schéma de ventilation mono exposée.....	13
Figure 16 : Schéma de capteur à vent.....	14
Figure 17 : Ventilation naturelle par atrium.....	14
Figure 18 : fonctionnement de la façade ventilée.....	14
Figure 19 : Fonctionnement du puit Canadien en hiver.....	14
Figure 20 : propriétés réfléchissantes d'un matériau selon l'effet d'Albedo.....	15
Figure 21 : espace bureau avec façade baies vitrées.....	16
Figure 22 : façade légère.....	16
Figure 23: Fonctionnement des light shelves.....	18
Figure 24 : Le confort thermique.....	18
Figure 25 : Diagramme du confort hygrothermique.....	19
Figure 26 : Isolation acoustique.....	20
Figure 27 : qualité de l'air intérieur.....	20
Figure 28 : Le confort ergonomique.....	20
Figure 29 : Les types d'accompagnement.....	22
Figure 30 : Processus de l'innovation.....	23
Figure 31 : schéma des types des incubateurs.....	25
Figure 32 : Matériau innovant.....	27
Figure 33 : matériaux biosourcés.....	28
Figure 34 : Brique en plastique recyclé.....	28
Figure 35 : Impression 3D en construction.....	29
Figure 36 : caractéristiques de matériaux intelligents.....	29
Figure 37 : Emplacement des incubateurs en Algérie.....	31
Figure 38 : New Orleans Bio Innovation Center.....	33
Figure 39 : Situation du projet NOBIC.....	34
Figure 40 : Accessibilité du projet.....	34
Figure 41 : Situation du projet et voisinages.....	34
Figure 42 : Vue Aérienne sur le projet.....	35
Figure 43 : L'Ensoleillement sur le projet.....	35
Figure 44 : Les accès du projet.....	35
Figure 45 : Vue en perspective du projet NOBIC.....	36
Figure 46 : Plan de masse du projet.....	36
Figure 47 : Fonctionnement du projet.....	36
Figure 48 : Plan du niveau RDC.....	37
Figure 49 : Plans des étages Courants.....	37

Figure 50 : Façade Sud du projet	38
Figure 51 : Façade Ouest du projet	38
Figure 52 : Façade Nord et Est du projet	38
Figure 53 : La consommation énergétique du projet	39
Figure 54 : Design bioclimatique.....	39
Figure 55 : Vue d'intérieur sur l'espace de réunion	39
Figure 56 : Vue d'intérieur Sur le laboratoire.....	39
Figure 57 : Vue d'intérieur sur l'espace commun	40
Figure 58 : système de contrôle de ventilation	40
Figure 59 : Système de récupération des eaux pluviales.....	40
Figure 60 : Revêtement de la cour	40
Figure 61 : Incubateur D'entreprise BIPOLE Biotech.....	41
Figure 62 : Situation du projet	41
Figure 63 : Accessibilité du projet	42
Figure 64 : Vue Aérienne du projet.....	42
Figure 65 : Plan de masse du projet.....	42
Figure 66 : Nature formelle du projet	43
Figure 67 : Vue sur l'atrium centrale	43
Figure 68 : Plan RDC.....	44
Figure 69 : Plan niveau R+1	44
Figure 70 : Plan niveau R+1	45
Figure 71 : Coupe du projet	45
Figure 72 : Zoning Spatiale niveau RDC.....	45
Figure 73 : Zoning spatiale Unité de recherche	46
Figure 74 : Terrasse technique du projet	46
Figure 75 : Vue de façade principale -Ouest-.....	46
Figure 76 : Projet KAPSARC	47
Figure 77 : Situation du projet KAPSARC.....	47
Figure 78 : Situation et Voisinages du projet	48
Figure 79 : Accessibilité et conditions du site.....	48
Figure 80 : L'idée du projet KAPSARC	48
Figure 81 : vue sur le projet	49
Figure 82 : Les entités du projet	49
Figure 83 : Zoning spatiale du projet.....	49
Figure 84 : Vue du projet	50
Figure 85 : Les panneaux GRC de la façade du projet	50
Figure 86 : Stratégie de l'éclairage Naturels du projet	50
Figure 87 : Stratégie de ventilation naturelle par patio	51
Figure 88 : Stratégie de ventilation naturelle et protection solaire	51
Figure 89 : Intégration des capteurs à vents dans le projet	51
Figure 90 : Les panneaux photovoltaïques dans le projet	52
Figure 91 : Projet Al Bahar Towers.....	52
Figure 92: Vue du projet	53
Figure 93 : Zoom sur la façade	53
Figure 94 : Structure et composants de la tour.....	53
Figure 95 : étapes de production des élément dynamiques de la façade.....	53
Figure 96 : fonctionnement de la protection solaire dynamique.....	54
Figure 97 : Toit des tours	54
Figure 98 : Diagramme des types des programmes.....	57
Figure 99 : organigramme fonctionnel du projet	57
Figure 101 : Exemple hall d'accueil.....	61

Figure 102 : Vue sur un bureau administratif.....	61
Figure 103 : exemple de salle de réunion	62
Figure 104 : exemple d'un espace de rangement.....	62
Figure 105:Vue sur une salle de classe	63
Figure 106: un espace de lecture.....	64
Figure 107: exemple Open space.....	64
Figure 108 : Zone des boxes de stockage	65
Figure 109 : Zoning fonctionnel d'un laboratoire	66
Figure 111 : carte de situation administrative de la ville Ghardaïa.....	70
Figure 112 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	71
Figure 113 : schéma de l'évolution de l'agglomération du M'Zab	72
Figure 114 : la structure initiale de la vallée du M'Zab.....	72
Figure 115 : Les Ksour et Oued M'Zab.....	72
Figure 116 : Tissu Urbain pendant la période coloniale.....	73
Figure 117 : Tissu Urbain pendant la période coloniale.....	73
Figure 118 : PDAU de la ville de Ghardaïa	73
Figure 119 : Vue aérienne sur la ville de Ghardaïa	74
Figure 120 : Les zones climatiques en Algérie	75
Figure 121 : Diagramme de température mensuelle-Ghardaïa-2007/2021	75
Figure 122 : Humidité relative de Ghardaïa 2007/2021.....	76
Figure 123 : la pluviométrie de Ghardaïa	76
Figure 124 : Radiation solaire globale de la ville Ghardaïa.....	77
Figure 125 : Les radiations solaires sur plan horizontale de la ville Ghardaïa	77
Figure 126 : Type de ciel de la ville de Ghardaïa.....	78
Figure 127 : L'éclairement mensuel de Ghardaïa.....	78
Figure 128 : L'ensoleillement mensuel de Ghardaïa.....	79
Figure 129 : La rose des vents de la ville Ghardaïa.....	79
Figure 130 : La rose des vents pendant période estivale.....	79
Figure 131 : La rose des vents pendant période hivernale	80
Figure 132 : La température extérieure UTCI de la ville de Ghardaïa	80
Figure 133 : Le diagramme psychrométrique de la ville Ghardaïa.....	81
Figure 134 : Situation du site d'intervention	82
Figure 135 : Accessibilité et flux au site d'intervention	83
Figure 136 : Gabarits du voisinage de site d'intervention.....	83
Figure 137 : Voisinages du site d'intervention.....	83
Figure 138 : Les dimensions du site d'intervention.....	84
Figure 139 : La topographie de terrain.....	84
Figure 140 : Les données climatique du site.....	84
Figure 141 : état de Lieu du site d'intervention.....	90
Figure 142 : Schéma de l'idée primaire du projet	91
Figure 143 : La source de la créativité.....	91
Figure 144 : Diagramme de Voronoï.....	92
Figure 145: Matériaux et molécules.....	92
Figure 146 : Choix des accès	93
Figure 147 : Mode d'occupation de terrain	94
Figure 148 : Création d'un espace intérieur	94
Figure 149 : Types de végétation du projet.....	95
Figure 150 : Zoning des entités.....	96
Figure 151 : Zoning en élévation des entités	96
Figure 152 : Zoning extérieur du projet.....	97
Figure 153 : Les parcours du projet	97

Figure 154 : Orientation des blocs du projet.....	98
Figure 155 : Orientation des blocs	98
Figure 156 : Le diagramme de Voronoï Sur le terrain.....	98
Figure 157 : Matérialisation des concepts sur l'espace extérieur	99
Figure 158: évolution des formes avec le contexte	99
Figure 159 : Réorganisation des blocs du projet.....	100
Figure 160 : Les gabarits des blocs du projet.....	100
Figure 161 : Conception d'un espace couvert	101
Figure 162 : Plan de masse	101
Figure 163 : Vue du 3D du projet	102
Figure 164 : Vue de 3D du Projet	102
Figure 165 : Vue Sur l'entrée principale du projet	103
Figure 166 : Vue de 3D du projet.....	103
Figure 167 : Vue de l'espace de contact informelle du projet	104
Figure 168 : Vue sue l'espace Oasien couvert.....	104
Figure 169 ; Vue sue l'espace oasien couvert.....	105
Figure 170 : Plan niveau sous-sol	107
Figure 171 : Plan Niveau RDC	108
Figure 172 : Plan Niveau R+1	109
Figure 173 : Plan niveau R+2	110
Figure 174 : Plans étages courants et niveau R+5	111
Figure 175 : Plan Niveau R+6 et R+7.....	112
Figure 176 : Fonctionnement du bloc de la façade principale	113
Figure 177 : Fonctionnement du bloc des entités privé	114
Figure 178 : Façade principale du projet	115
Figure 179 : Vue en perspective de la tour.....	116
Figure 180 : L'idée conceptuelle de la façade de la tour	116
Figure 181 : élément de la tour inspiré du minaret de Ghardaïa	117
Figure 182 : La façade sud du projet.....	117
Figure 183 : Vues en 3D sur la façade sud du projet.....	118
Figure 184 : Vues en 3D sur la façade ouest du projet.....	119
Figure 185 : Les gabarits du projet	119
Figure 186 : Vues 3D sur le projet	120
Figure 187 : Vue 3D du projet	121
Figure 188 : Vue sur le passage en passerelle	121
Figure 189 : Types des poteaux mixtes	123
Figure 190 : poutre mixte avec profilé métallique partiellement enrobé	124
Figure 191 : Dalle mixte avec tôle nervurée	124
Figure 192 : Application du diagramme de Voronoï en discrétisation des surfaces structurelles	124
Figure 193 : Vues en 3D sur la structure bidimensionnelle Du projet	125
Figure 194 : Vue 3D sur le projet et le revêtement des façades	125
Figure 195 : Joint de dilatation et joint de rupture	126
Figure 196 : Application du mastic sur les joints.....	126
Figure 197 : L'application des joints au niveau du projet	126
Figure 198 : Vue sur le vitrage translucide de la couverture.....	127
Figure 199 : Les atriums du projet.....	127
Figure 200 : Fonctionnement de vitrage intelligent	127
Figure 201 : Vitrage à opacité contrôlée	128
Figure 202 : béton Translucide	128
Figure 203 : Cloisons amovibles.....	128
Figure 204 : La façade Ventilée	129

Figure 205 : Longanime de façade dynamique en GrassHopper	129
Figure 206 : Les cinq surfaces d'intégration de la façade dynamique.....	129
Figure 207 : Les façades dynamique intégrer dans la tour du projet	130
Figure 208 : Fonctionnement d'un atrium.....	130
Figure 209 : Fonctionnement tour à vent.....	131
Figure 210 : Panneaux Photovoltaïques flexibles	131
Figure 211 : Vue sur les textiles photovoltaïques des zones de stationnement	132
Figure 212 : La configuration de l'énergie cinétique par le revêtement de sol	132
Figure 213 : Les détecteurs de mouvement	133
Figure 214 : Gestion intelligentes du bâtiment	133
Figure 215 : Installation système anti-incendie	134
Figure 216 : Schéma de système sprinkler.....	134
Figure 217 : méthodologie de la recherche.....	137
Figure 218 : Indices PMV et PPD avec la zone du confort.....	138
Figure 219 : Disposition du cas d'étude (laboratoire)	141
Figure 220 : Présentation du cas d'étude.....	142
Figure 221 : Structure des outils de simulation.....	142
Figure 222 : Simulation du cas initial en Grasshopper	145
Figure 223 : Simulation du cas amélioré en GrassHopper.....	146
Figure 224 : Température opérative moyenne dans le laboratoire Cas initial.....	147
Figure 225 : Le PMV du laboratoire cas initial.....	147
Figure 226 : Le PMV du laboratoire cas amélioré.....	147
Figure 227 : Pourcentage de confort dans le laboratoire Cas 1.....	148
Figure 228 : Pourcentage de confort du laboratoire.....	148
Figure 229 : Diagramme psychrométrique du laboratoire Cas initial	149
Figure 230 : Diagramme psychrométrique du laboratoire Cas amélioré	150
Figure 231 ; Performance énergétique de climatisation du laboratoire cas initial	151
Figure 232 : La performance de climatisation du laboratoire Cas amélioré	151
Figure 233 : La performance énergétique de chauffage du laboratoire Cas 1.....	152
Figure 234 : La performance énergétique de chauffage du laboratoire Cas 2.....	153
Figure 235 : La consommation énergétique du laboratoire Cas 1.....	153
Figure 236 : La consommation énergétique du laboratoire Cas 2.....	153
Figure 237 : simulateur de concentration en dioxyde de carbone.....	154
Figure 238 : Les paramètres du cas initial, simulation qualité de l'air.....	155
Figure 239 : Concentration de CO2 cas initial.....	155
Figure 240 : les paramètres du cas amélioré, simulation qualité de l'air.....	156
Figure 241 : Concentration de CO2, cas amélioré.....	156
Figure 242 : Vue 3D sur la façade Nord-Est.....	162
Figure 243 : Vue 3D sur le lac d'eau artificiel.....	162
Figure 244 : Vue 3D sur la façade Sud du projet	163
Figure 245 : Vue 3D sur le projet.....	163
Figure 246 ; Vue en 3D sur l'accès vers le sous-Sol par une pente	164
Figure 247 : Vue 3D sur la façade principale.....	164
Figure 248 : Vue en 3D du champ d'expérimentation.....	165
Figure 249 : Vue en 3D sue les zones de stationnement	165
Figure 250 : Les pertes thermique du corps humain dépendant de 6 paramètres physique	166
Figure 251 : La température ambiante	166
Figure 252 : La température de confort dépend de la température de l'air et des parois	167
Figure 253 : taux d'humidité ambiante d'un point de vue hygiénique	167
Figure 254 : la relation entre température et vitesse de l'air.....	167
Figure 255 : température de confort pour différentes activités.	168

TABLE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Les stratégies passives de l'architecture durable	11
Tableau 2 : Programme quantitatif du projet.....	60
Tableau 3 : Programme qualitatif des espaces du projet	65
<i>Tableau 4 : Composants de l'enveloppe du bâtiment Cas initiale Source : L'auteur.....</i>	<i>144</i>
Tableau 5 : Résultat de simulation du confort thermique et hygrothermique dans le laboratoire.....	150

I. INTRODUCTION GENERAL

INTRODUCTION GENERALE :

À La fin du vingtième siècle et au le début du vingt-et-unième siècle, la planète fait face à une menace croissante due à l'augmentation des gaz à effet de serre, une réalité inévitable que nous ne pouvons pas ignorer ou contourner. L'effet de serre est un phénomène naturel qui permet à la Terre de maintenir une température favorable à la vie, Cependant, les activités humaines ont considérablement amplifié cet effet, entraînant des conséquences néfastes telles que le réchauffement climatique. L'une des principales causes de cette augmentation de l'effet de serre est la consommation énergétique mondiale, qui est en constante croissance. L'inducteur de la consommation d'énergie, et les indicateurs des émissions, des technologies, des politiques et des investissements... sont influencés par plusieurs secteurs.

Le secteur du bâtiment joue un rôle très important en tant que principal consommateur d'énergie à l'échelle mondiale (pour leur fonctionnement, notamment pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les appareils électriques). La construction et l'exploitation des bâtiments représentaient 36 % de la consommation d'énergie finale mondiale et près de 40 % des émissions de dioxyde de carbone (CO₂)¹, et en Algérie le secteur résidentiel et tertiaire consomme 34% de toute l'énergie et responsable de 31% des émissions de CO₂ total, qui affectent une influence néfaste sur les écosystèmes, provoquant des impacts majeurs et préoccupants sur l'environnement.

Dans ce sens, les efforts prometteuses sont adoptés pour minimiser l'impact des bâtiments sur l'environnement et réduire la consommation énergétique. Il vise à concevoir, construire et exploiter des bâtiments de manière environnementalement responsable et économe en énergie. Et l'un des enjeux majeurs est la création des matériaux innovants et intelligents qui participe principalement la réduction de l'impact environnemental des bâtiments, améliore la qualité de vie des occupants, et réduire la demande en énergie.

D'autre part, le monde Aujourd'hui a des mutations importantes dans les domaines de l'économie de l'internet et des TIC, qu'en connaît un essor très important grâce à la déréglementation des télécommunications et au choix incontournable des entreprises pour l'usage de ces technologies dans leurs systèmes de gestion. Pour pouvoir aider les jeunes porteurs de projet à créer des startups et des PME innovantes.

À l'échelle nationale, l'intégration des incubateurs d'entreprises Start-up dans le plan de relance économique a été l'un des principaux volets qui ont été programmés parmi les projets à venir, dans le sens d'accompagner les jeunes entrepreneurs dans la création d'entreprises dans les différents domaines.

En particulier, dans la ville de Ghardaïa, située au cœur du Sahara algérien, la construction et la rénovation des bâtiments présentent des défis uniques liés aux conditions climatiques extrêmes et à la préservation du patrimoine de l'architecture vernaculaire locale. Ainsi, l'émergence d'un incubateur dédié aux matériaux de construction innovants constitue une

¹ 2018 Global Status Report Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, dans Global Alliance for Buildings and construction.

Opportunité prometteuse pour stimuler la créativité, l'entrepreneuriat et le développement économique de la région.

I.1 PROBLEMATIQUE :

La conception de ce projet d'incubateur proposé dans la ville de Ghardaïa, connue par un climat chaud et aride à fort potentielle d'ensoleillement et une température élevée en été et basse en hiver, remet en question les conditions de confort à l'intérieurs et la consommation énergétique dans le bâtiment.

Afin de concilier entre le projet, son environnement et l'objectif de donner l'intérêt à l'aspect environnemental et à la consommation énergétique, on pose la question suivante :

- *Comment concevoir durablement dans le climat chaud et aride de la ville de Ghardaïa un projet d'incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants ? et qui pourrait fournir un environnement confortable et assurer le bien-être de ses usagers d'une part, et d'autre part réduire son impact sur l'environnement et améliore sa performance énergétique.*

I.2 HYPOTHESES :

Un incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants à la ville de Ghardaïa, doit être conçu en tenant compte de son intégration dans un contexte caractérisé par un climat chaud et aride, et en prenant en considération les mécanismes de l'architecture durable ainsi la maîtrise à la fois les impacts sur l'environnement extérieur, et l'assurance d'ambiance intérieure saine et confortable pour les usagers, et l'efficacité énergétique du bâtiment.

L'intégration des stratégies passives et environnementales, présentent un défi très important de l'architecture durable, et afin d'examiner leurs impacts, on formule les hypothèses suivantes :

- Le projet doit être conçu par la prise en charge de son intégration dans un contexte particulier caractérisé par un climat chaud et aride, et par l'intégration des concepts de l'architecture durable garantissant la maîtrise à la fois des impacts environnementaux, ainsi de l'assurance d'ambiances intérieures saines et confortables pour les usagers avec un minimum de consommation énergétique finale.

Sous hypothèses :

- L'utilisation de la végétation et les points d'eau dans ce contexte climatique particulier contribuent significativement à créer un environnement favorable et motivant pour les start-up.
- Une forme compacte associée a un espace extérieur semi ombragé peut offrir des qualités spatiales, fonctionnelles et environnementales propices au thème de notre conception du projet d'incubateur, et qui pourrait participer à minimiser l'impact de l'ensoleillement intense et des vents de sable.

- L'intégration des solutions et dispositifs passifs tels que l'Atrium et la tour à vent équipé par un système de moucharabihs, contribuent à favoriser la performance énergétique et promouvoir l'innovation architecturale locale.

- L'utilisation des nouveaux matériaux de construction innovants durables peuvent être une alternative efficace des matériaux locaux déjà utilisés et peuvent améliorer substantiellement notre vision du projet.

I.3 OBJECTIFS :

- Le but de cette mémoire est de concevoir un projet d'incubation, en adaptant des techniques et des stratégies appropriées aux contraintes environnementales (climat chaud et aride), pour répondre aux exigences de confort et énergétiques de différents espaces et aux besoins de ses usagers, ainsi que son impact sur l'environnement.

- Cette étude a pour objectif de découvrir les stratégies de conception pour assurer un confort (thermique, visuel, olfactif et acoustique) optimal en étudiant l'influence des matériaux de construction sur les ambiances intérieures et sur ses besoins énergétiques.

- Le choix de ces matériaux se fait en conséquence de sa durabilité, sa performance énergétique et son adaptabilité au contexte de Ghardaïa.

I.4 METHODOLOGIE :

Pour atteindre les objectifs de ce travail, il a été effectué une étude qui se structure en deux axes :

Le premier axe est destiné à la recherche théorique, analytique et l'analyse contextuelle, le deuxième c'est la conception architecturale et à la vérification de conditions de confort par une simulation numérique.

On commence par l'étude théorique qui nous permet de comprendre les différents thèmes et concepts et d'élaborer une série de principes et stratégies de conception fonctionnelles, contextuelles et environnementales. L'achèvement de ce volet nous aide d'entamer la conception architecturale du projet d'incubateur à travers un processus de conception basé sur les principes conceptuels. Le dernier volet c'est la simulation numérique en adoptant le logiciel Rhino pour calculer et évaluer le confort hygrothermique et respiratoire, ainsi que la performance énergétique de l'espace sélectionné à étudier.

I.5 STRUCTURE DE LA MANUSCRIT :

Le manuscrit est structuré en :

- **Introduction générale** : dans laquelle on fixe notre problématique, objectif et hypothèse et méthodologie suivie dans ce travail.

- **Chapitre thématique** : la phase théorique englobe deux volets :

Volet 1 : on va présenter une recherche axée sur Les concepts et les notions du thème «Architecture»

Volet 2 : on va clarifier et définir les concepts qui ont une relation soit avec notre thème « Incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants »

- **Chapitre Analytique** : Dans ce chapitre on va présenter et analyser 4 exemples pour extraire les principes et techniques relatives à la durabilité, des Stratégies technologiques, et de comprendre le fonctionnement et l'organisation des différentes entités et espaces d'un incubateur qui vont servir à élaborer le programme quantitatif et qualitatif de notre projet.

- **Chapitre Programmatique** : dans lequel on va définir notre projet, son objectif, ses missions et d'établir un programme quantitatif et qualitatif propre à notre incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants à la ville de Ghardaïa.

- **Chapitre Contextuelle** : Dans ce chapitre, on va analyser les conditions climatiques du contexte où notre projet sera conçu.

- **Chapitre conceptuel** : qui regroupe l'architecture et la technique ; c'est la phase de conception du projet, de définition des principes conceptuels et les idées utilisées pour arriver à l'image finale de notre projet. Également on va décrire les techniques liées à la durabilité choisies qui permettent d'assurer le confort, la stabilité, la gestion de l'énergie tels que les systèmes constructifs les matériaux des constructions, éclairage naturel et l'énergie solaire (panneaux photovoltaïques).

- **Simulation et Durabilité** : se développe en trois points :

✓ Le premier est introductif ou on va définir une problématique spécifique au confort hygrothermique et respiratoire dans un laboratoire de notre projet, les objectifs et émettre les hypothèses de travail.

✓ Le deuxième est une recherche théorique qui permet de comprendre les méthodes de son évaluation des différents paramètres.

✓ Le troisième est une phase de l'évaluation et de simulation de de l'espace de laboratoire de projet afin de montrer l'impact des matériaux de construction sur amélioration du confort hygrothermique et l'efficacité énergétique de l'espace. Et de dégager des recommandations de son utilisation pour un laboratoire dans les conditions climatiques de la ville de Ghardaïa.

- **Conclusion générale** : vient à la fin de notre travail

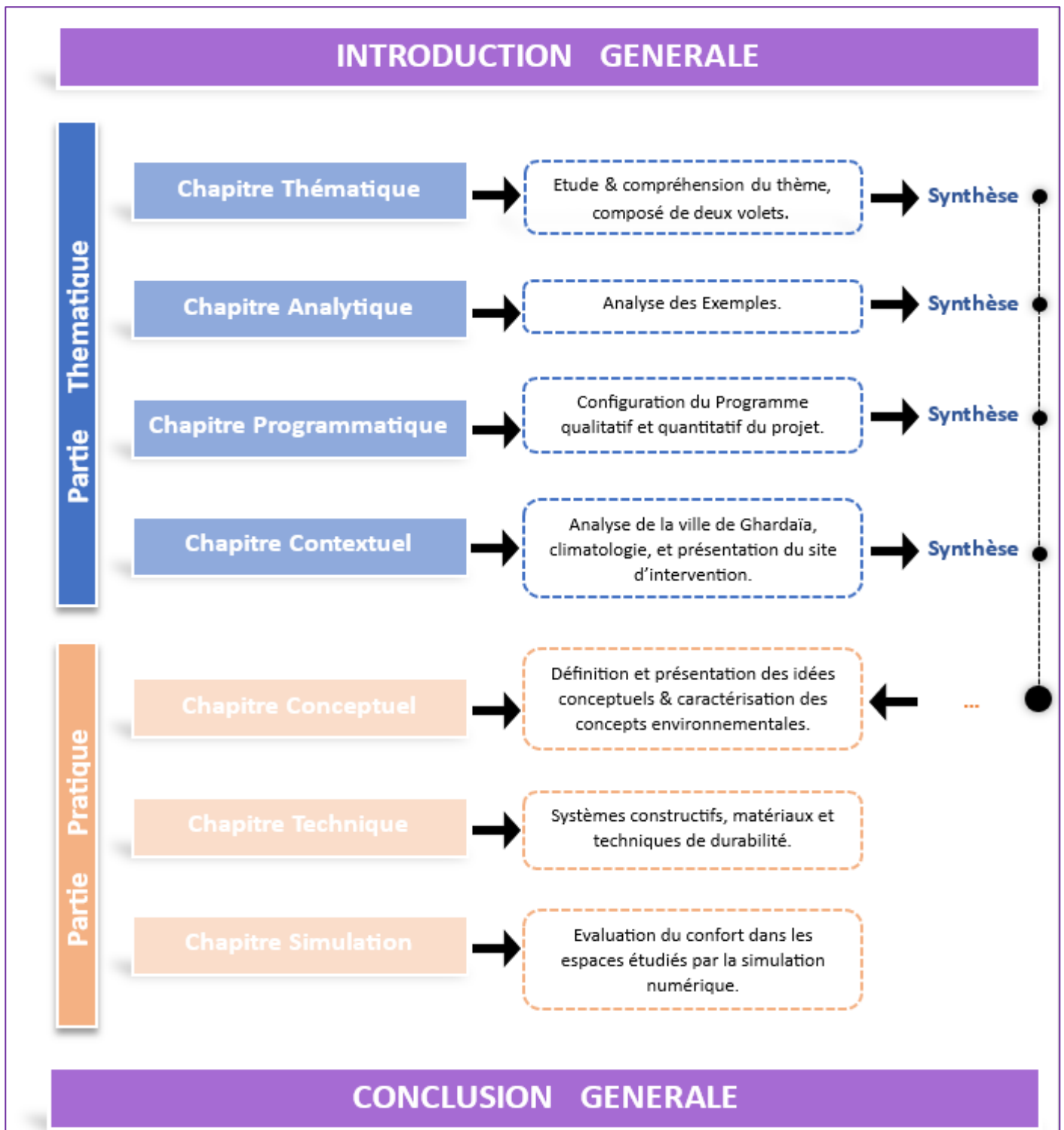


Figure 1 : Structure de la mémoire
Source : Auteur

II. Chapitre 01 : ETUDE THEMATIQUE

INTRODUCTION

Ce premier chapitre, est consacré à une étude thématique approfondi, qui présente une source très importante pour l'inspiration et la compréhension des différentes logiques de notre projet. Ce chapitre est divisé en deux volet, le premier est relatif à l'architecture durable dans lequel on présente les concepts et les notions liés à la durabilité, et le deuxième lié à l'incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants.

II.1 Volet 1 : L'architecture durable :

II.1.1 Le développement durable :

« Le développement durable permet de répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations future de satisfaire les leurs. »²

Une stratégie de développement durable doit être gagnante de ce triple point de vue, économique, social et écologique.

Le développement durable se fonde sur la recherche d'intégration et de mise en cohérence des politiques sectorielles et impose un traitement conjoint des effets économiques, sociaux et environnementaux de toute politique ou action humaine. Une telle approche d'intégration impose des démarches multi partenariales et interdisciplinaires. Son succès repose sur le partenariat et la coopération entre acteurs de disciplines différentes (économie, sociologie, écologie, etc.), de secteurs différents (transport, eau, déchets, milieu naturel, développement social, architecture, etc.), de milieux différents (entrepreneurial, associatif, institutionnel, administratif, commercial, syndical, etc.)³

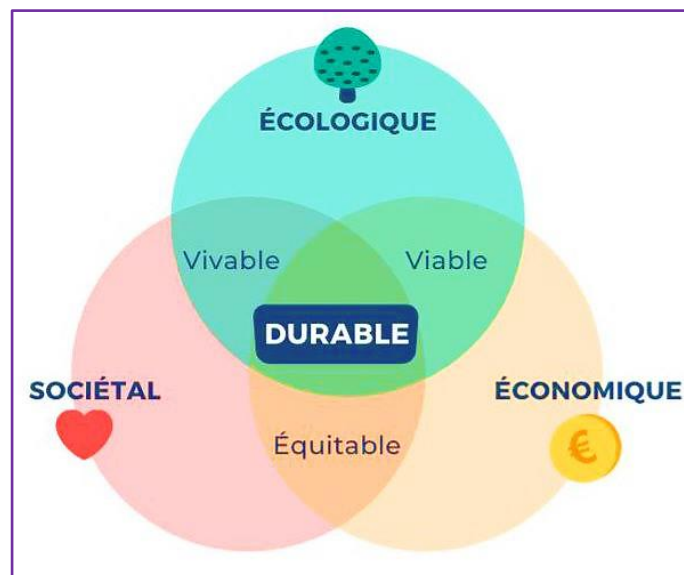


Figure 2 : Les trois piliers du développement durable
Source : www.pinterest.com

² Développement durable : rôle des institutions supérieures de contrôle (groupe de travail de la vérification environnementale l'INTOSAI)

³ Séminaire de la semaine du Développement Durable (DD)

II.1.2 Le développement durable et le secteur de bâtiment :

Le secteur du bâtiment et de la construction est l'un des secteurs les plus concernés par les enjeux du développement durable. Les chiffres sur lesquels entreprises, institutions et experts s'accordent sont en effet impressionnants : le bâtiment (la construction) représente environ 40 % des émissions de CO₂ des pays développés, 37 % de la consommation d'énergie et 40 % des déchets produits.

Et cette perspective doit s'inscrire dans le contexte d'évolution et de transformations dans le secteur du bâtiment⁴. Car il a un rôle clé dans la mise en place d'un développement réellement durable.

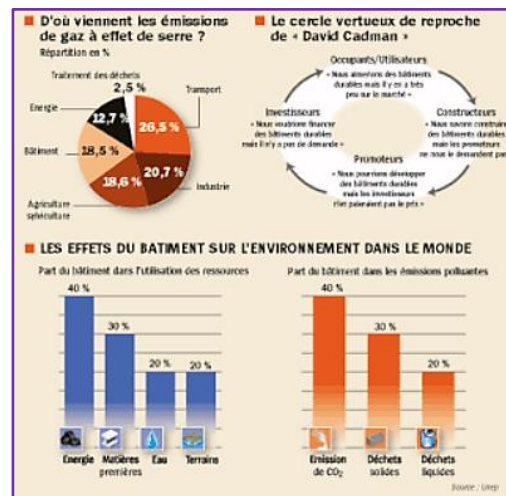


Figure 3 : L'impact du secteur du bâtiment sur l'environnement
Source : www.geaenvironnement.over-

II.1.3 Définition des concepts :

II.1.3.1 L'architecture durable :

L'architecture durable est un mode de conception architecturale et de réalisation qui recherche la meilleure adéquation possible entre l'architecture, l'environnement et l'écologie. Il existe de multiples facettes de l'architecture écologique, certaines s'intéressant à la technologie, la gestion, ou d'autres privilégient la santé de l'homme, ou encore d'autres, plaçant le respect de la nature au centre de leurs préoccupations.⁵



Figure 4 : impact de l'architecture durable
Source : www.pinterest.com

II.1.3.2 Classification des bâtiments durable :

La classification des bâtiments durables est un processus qui vise à évaluer et à catégoriser les bâtiments en fonction de leurs performances environnementales, sociales et économiques... par plusieurs systèmes de classification internationale et régionale

Du point de vue de la consommation énergétique, il est apparu plusieurs types de bâtiments durables tels que :

⁴ www.cairn.info/revue-innovations-2012-1-page-219.htm

⁵ www.scribd.com/document/Architecture-Durable-Pratique



II.1.3.3 Bâtiment à basse consommation énergétique BBC :

Est un bâtiment performant en termes de consommation énergétique, qui nécessite 50% d'énergie en moins par rapport à un bâtiment conforme à la réglementation thermique RT2005. Pour cela, il met en œuvre, entre autres, une conception bioclimatique, une bonne isolation thermique et une bonne étanchéité, le choix du mode de chauffage le plus adapté.

Figure 5 : logo label BBC
Source : site altitude-constructions

II.1.3.4 Bâtiment à énergie autonome :

Est un bâtiment énergétiquement indépendant, il produit lui-même la totalité de l'énergie dont il a besoin. Cette énergie doit être totalement compensée par l'énergie renouvelable produite sur place, par des panneaux photovoltaïques pour transformer l'énergie solaire en énergie électrique, ou par un système d'énergie solaire...



Figure 6 : Bâtiment Autonome en France
Source : lemoniteur.fr



Figure 7 : Bâtiment BEPOS en France
Source : latribune.fr

II.1.3.5 Bâtiment à énergie positive (BEPOS) :

Est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) à qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est généralement considérée sur une période lissée dans un an. Si la période est très courte, on parle plutôt de bâtiment autonome.

II.1.3.6 Les labels :

Il est également à l'initiative du constructeur pour mettre en avant un aspect précis de votre maison individuelle : l'énergie, les matériaux, l'environnement, etc. Il peut être un label d'Etat (pouvoirs publics) ou label privé (association, collectif...). La plupart d'entre eux sont certifiés par un organisme indépendant certificateur et sont alors assimilés à des certifications.⁶

En matière énergétique et environnementale, il existe une multitude d'organismes, labels ou certifications, tels que : tels que HQE, LEED, BREEAM, Minergie...

Ces labels ont comme but de d'encourager la conception, la construction et la gestion du bâtiment durable. En diminuant sa consommation énergétique.

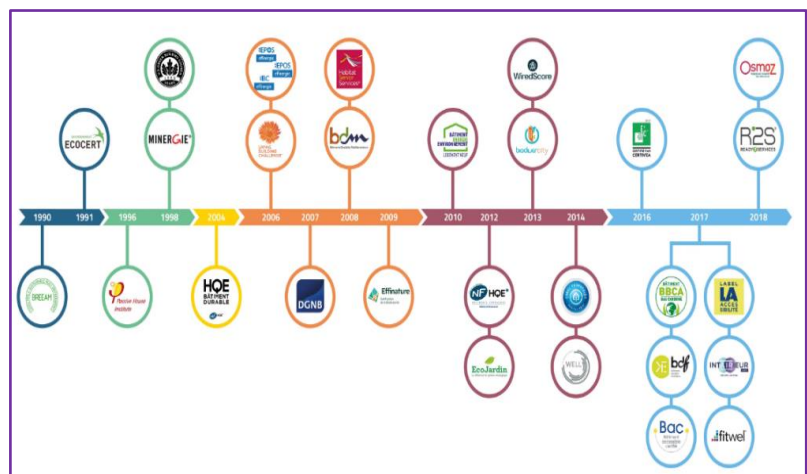


Figure 8 : les labels à travers les années
Source : alterea.fr

⁶ Le site : www.onfaitconstruire.fr

II.1.4 Enjeux de l'architecture durable :



1-L'orientation du bâtiment :

L'architecture durable tient compte des spécificités du terrain (Ensoleillement, direction des vents, l'environnement intermédiaire ...) afin d'en tirer tous les bénéfices et maximiser les apports d'énergies naturels.

2-La forme et la taille du bâtiment

En architecture durable, il est recommandé de réduire la superficie des bâtiments. Avec des constructions plus petites et plus compactes, le volume de matériaux nécessaire est réduit ainsi que la consommation d'énergie, pour chauffer ou climatiser. Un bâtiment plus petit limite donc la perte calorifique.



3-La végétation



L'architecture durable s'inscrit nécessairement dans une recherche de verdure afin de se rapprocher de la nature. Les plantes pourront être utilisées pour protéger le bâtiment du soleil et donc de la chaleur. Le choix de la végétation dépend donc du but recherché.

4-Choix de matériaux

Choisir les matériaux est une étape très importante dans l'architecture durable. En effet, en plus de protéger l'environnement ou du moins de réduire l'impact sur ce dernier, les matériaux sélectionnés doivent protéger la santé des occupants du bâtiment. L'utilisation des matériaux durables de ressources naturelle pour la construction est l'isolation c'est le plus recommandé.



5- la gestion des ressources et des déchets



Les déchets impliquent aussi une consommation d'énergie. L'architecture durable prévoit des systèmes de récupération d'eaux de pluie, des eaux usées, et déchets.... Ainsi, les pompes à chaleur permettent de chauffer l'eau et l'air propre grâce à un dispositif thermodynamique.

6-Isolation thermique

En réduisant les besoins d'énergie grâce à une isolation thermique performante. Très efficace pour diminuer les déperditions d'énergie. Le but est de réduire les pertes de chaleur l'hiver et de rafraîchir le bâtiment l'été. Le choix des matériaux a alors toute son importance puisqu'il faut s'assurer qu'ils présentent une importante inertie thermique.



7-Production de l'Energie



L'objectif est de produire de manière "verte" de l'énergie de façon à ce que le bâtiment réduise significativement ses besoins en énergie. Plusieurs modes de production peuvent être envisagés, des panneaux photovoltaïques aux chauffe-eaux à énergie solaire en passant par les éoliens domestiques...⁷

⁷ Le site BATI ADVISOR /Architecture durable.

II.1.5 Stratégies passives de l'architecture durable :

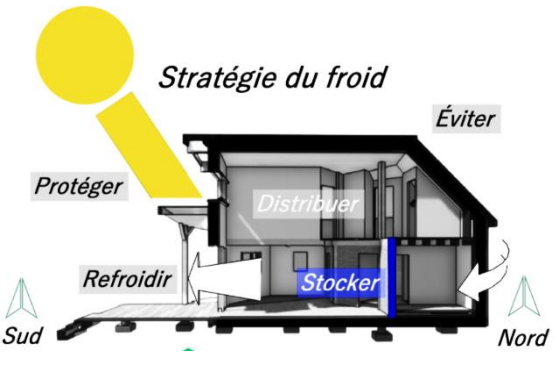
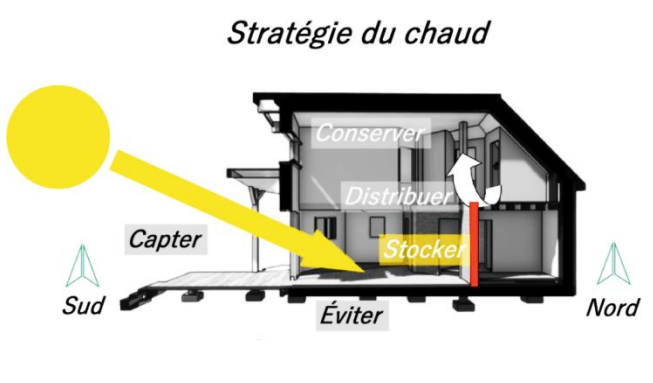
Stratégie du froid	Stratégie du chaud
	
<p>Éviter la pénétration des rayons solaires grâce à son isolation aux normes passives.</p> <p>Protéger de l'ensoleillement direct en rapportant des dispositifs architecturaux ou un écran de végétation caduque.</p> <p>Refrroidir naturellement l'air par l'utilisation des plans d'eau extérieurs.</p> <p>Stocker "la fraîcheur" dans la masse des parois.</p> <p>Distribuer la chaleur excessive accumulée à l'intérieur du bâtiment en ventilant la nuit.</p>	<p>Capter l'énergie solaire à travers les surfaces vitrées orientées au sud.</p> <p>Conserver cette énergie accumulée grâce à une meilleure capacité d'accumulation dans les matériaux des parois (inertie thermique).</p> <p>Éviter les remontées d'humidité du sol.</p> <p>Stocker "la chaleur" dans la masse des parois.</p> <p>Distribuer grâce à la ventilation.</p>

Tableau 1 : Les stratégies passives de l'architecture durable

II.1.6 Les zones chauds et arides :

Les régions continentales du globe connaissent un climat (un régime météorologique) qui dépend de leur latitude (positionnement nord-sud), de leur altitude, de la distance qui les sépare des principaux plans d'eau de la Terre (mers et océans) et de la densité du couvert végétal.

Il existe principalement 3 grandes zones climatiques dans le monde : zone polaire froide (une à chaque pôle), zone tempérée et zone intertropicale (tropicale et subtropicale chaud).

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Avec une majorité de climat désertique (dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien).

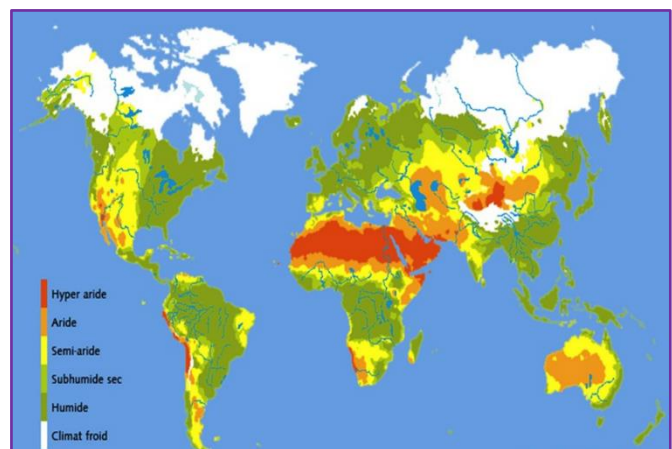


Figure 9 : Carte des zones climatiques
Source : geoparcjbelbani.com

II.1.7 Principe de conception durable dans un climat chaud et aride :

Dans les climats chauds et secs, Il est important de remarquer que si les températures sont élevées la journée, elles sont par contre relativement fraîches la nuit. L'écart (Jour / Nuit) est important ($\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$) Effet de contraste.

Le rayonnement solaire est la principale source de chaleur en ce climat, La chaleur se transmet principalement par conduction de la chaleur absorbée par les murs & toitures, la vitesse de ce phénomène dépend de la nature du matériau (conductivité thermique) et de l'état de surface du matériau (couleur & texture) ...⁸

II.1.7.1 Le confort d'été (stratégie du froid) :

1- Se protéger de l'ensoleillement direct :

-Mettre en place des protections solaires fixes ou mobiles verticales (volets, stores, brises soleil) sur les façades EST et OUEST, les plus exposées lorsque le soleil est bas.⁹

Avec un angle de montage de lames à 90° sera suffisant pour diminuer l'impact des rayonnements solaire, tout en préservant une quantité suffisante de lumière naturelle, une vue aérée et optimale dans le bâtiment.¹⁰

-Prévoir des dispositifs architecturaux bien conçus (casquettes, débords de toit...) permettent d'atténuer la majeure partie des rayons solaires indésirables en façade SUD.

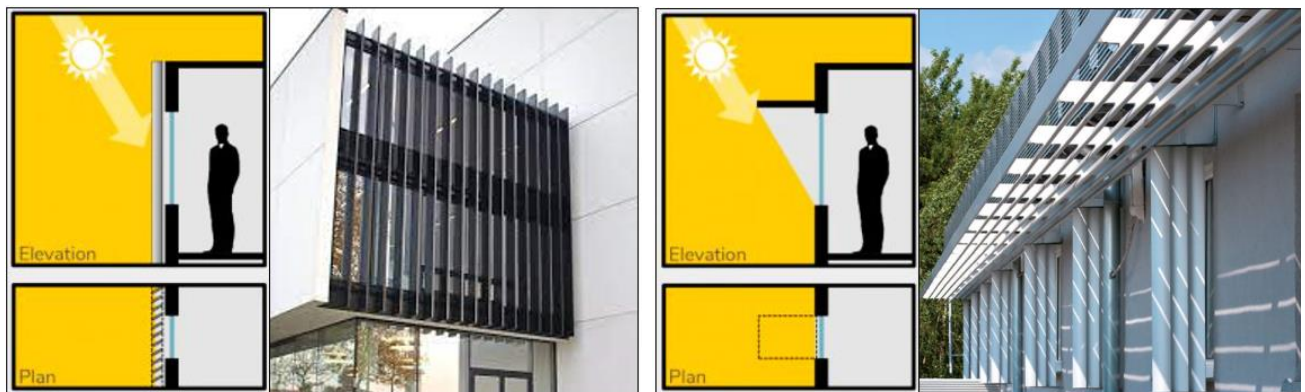


Figure 11 : Protection solaire extérieure verticale

Figure 10 : Protection solaire extérieure horizontale

-Protection solaire extérieure structurelle :

Les protections solaires extérieures structurelles présentent les caractéristiques suivantes :

- Éléments architecturaux (non déplaçables) participant souvent à l'identité du bâtiment.
- Réalisées généralement en éléments pleins (béton, bois, métal, etc.) en surimposition de l'enveloppe.
- Différents types : casquettes, débords de toit, auvents, panneaux latéraux, brises soleil...

⁸ Traité d'Architecture & d'Urbanisme bioclimatique, page (25a)

⁹ CAUE Construire, restaurer et habiter dans une maison respectueuse de son environnement.

¹⁰ www.c-sgroup.fr/products/exterior-solar-shading/external-solar-shading-systems-design-options/

- Dimensions de la protection à corrélérer avec les dimensions de l'ouverture pour une efficacité maximale.
- Utilisation adaptée pour toutes les affectations de bâtiment.¹¹

-Végétalisation des façades exposées au SUD :

Les systèmes empiriques (treille, pergola) sont les plus efficaces car le feuillage caduc protège des rayons du soleil l'été, et l'hiver le soleil peut pénétrer dans le bâtiment grâce à l'absence de feuilles. La végétation à proximité du bâtiment participe à la régulation de l'air (rafraîchissement, humidification de l'air).

La végétation apporte un ombrage et crée un microclimat par évapo- transpiration. Un arbre à feuillage dense protégera plus le bâtiment du rayonnement solaire qu'un arbre à feuillage peu ou moyennement dense.

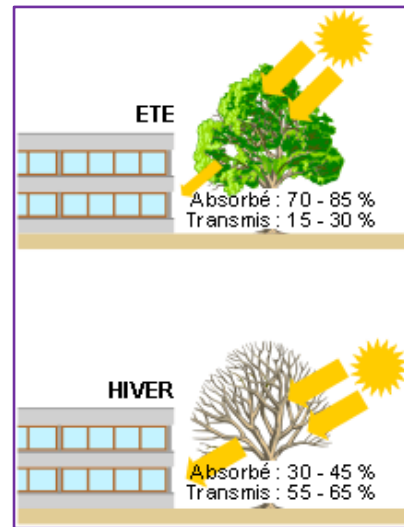


Figure 12 : protection solaire par végétation Source : site EnergyPlus

2- Favoriser une bonne ventilation naturelle :

Qui est due à une différence de pression. Cette variation est due au vent ou à un écart de température.

Pour but de Dissiper les surchauffes de l'intérieur du bâtiment, par un dispositif des baises d'entrée et d'extraction d'air assurant la canalisation des flux d'air afin d'évacuer l'air surchauffé vers l'extérieur. Par des différents types de ventilation naturelle :

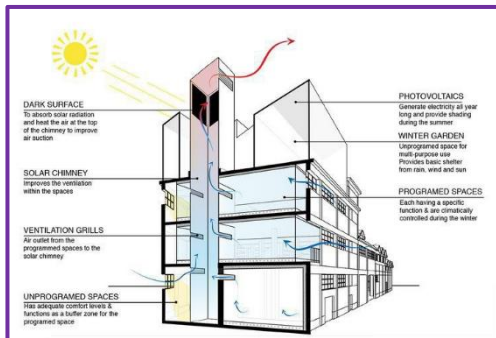


Figure 14 : Schéma de ventilation par cheminé

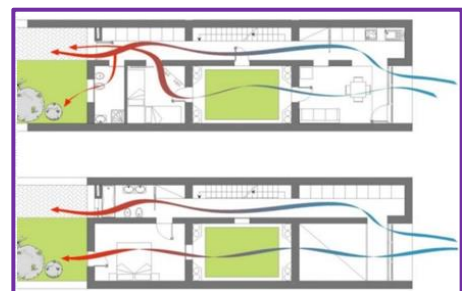


Figure 13 : Schéma de Ventilation traversante

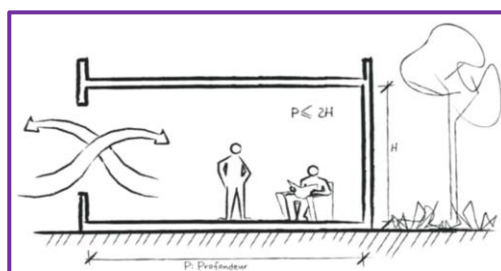


Figure 15 : Schéma de ventilation mono exposée

¹¹ www.guidebatimentdurable.brussels/protections-solaires-externes

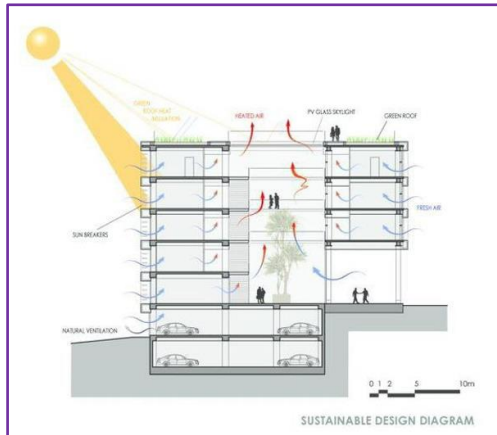


Figure 17 : Ventilation naturelle par atrium

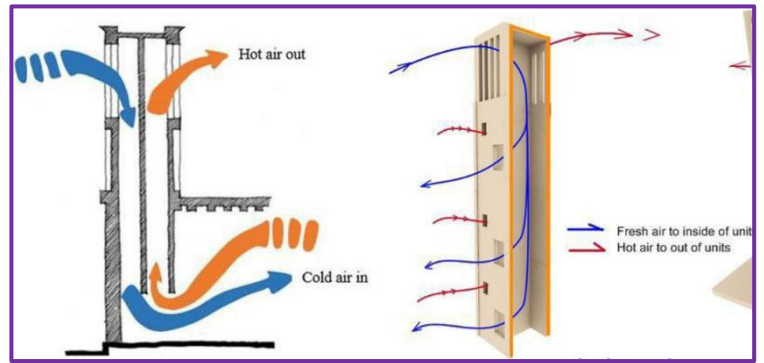


Figure 16 : Schéma de capteur à vent

- Ventilation du bâtiment par les façades ventilées :

La façade ventilée c'est le système de bardage le plus efficace pour l'enveloppe des bâtiments actuellement. Cette solution s'ajuste très bien à l'architecture durable et avec son installation est très simple. Ainsi que pour la variété de ses possibilités esthétiques et ses avantages incontestés dans l'isolation thermique et acoustique des bâtiments par l'extérieur.

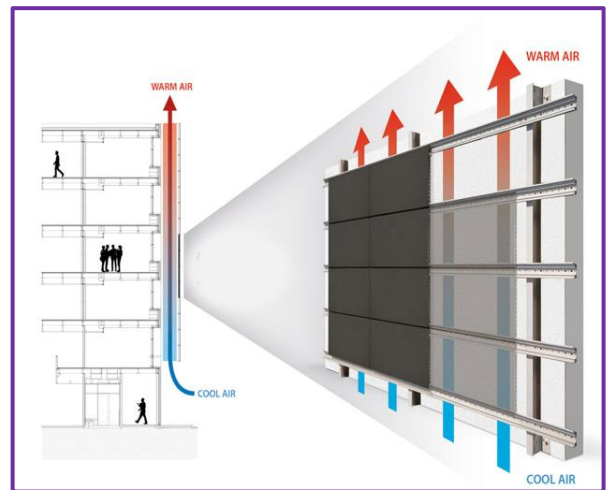


Figure 18 : fonctionnement de la façade ventilée

- Puit Canadien :

Un puits canadien permet de rafraîchir naturellement l'intérieur du bâtiment et de le réchauffer en hiver). La température du sol, au-delà de 1,50 m de profondeur, est constante au cours de l'année, quel que soit la température extérieure.

L'air extérieur est capté, passe dans une canalisation enterrée où il prend la température du sous-sol et est insufflé dans le bâtiment au moyen d'un ventilateur. Ce système, écologique (pas de fluides, pas de compresseur), est très économique et confortable. ¹²



Figure 19 : Fonctionnement du puit Canadien en hiver

Source : spiroergometrie-seminare.de

¹² CAUE Construire, restaurer et habiter dans une maison respectueuse de son environnement.

3- Favoriser les couleurs claires ou neutres, pour l'enveloppe du bâtiment (façades et toiture), présente une approche simple et relativement peu coûteuse, afin de réduire la progression du réchauffement global en augmentant la réflectivité du bâtiment. Pour le but d'amélioration du confort intérieur des usagers sans avoir l'accès à la climatisation, donc réduire la consommation énergétique du bâtiment.

Une des caractéristiques du matériau à prendre en compte est sa capacité à renvoyer les rayonnements du soleil sans les stocker. C'est l'effet d'albédo, qui présente la capacité d'une surface à renvoyer l'énergie solaire incidente ». Ce taux varie de 0 (l'ensemble de l'énergie incidente est absorbé dans le cas d'une surface totalement noire par exemple) à 1 (la totalité de l'énergie incidente est renvoyée).

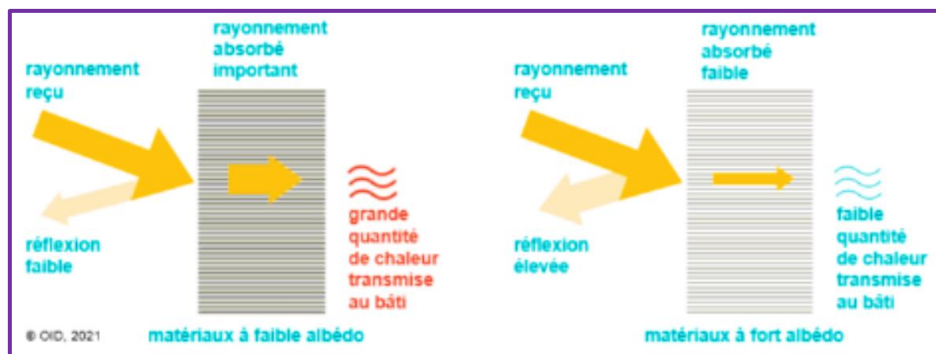


Figure 20 : propriétés réfléchissantes d'un matériau selon l'effet d'Albedo

4- Diminuer et minimiser les apports de chaleur « internes » : vise à éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements : l'éclairage artificiel, l'équipement Électrique...

Privilégier l'éclairage naturel est une mesure avantageuse pour la consommation énergétique.

II.1.7.2 Stratégie d'éclairage Naturelle :

La lumière naturelle est l'un des éléments les plus importants dans l'architecture durable. La valorisation de l'éclairage naturel dans les bâtiments répond à un double objectif : le premier est la recherche du confort visuel et de l'ambiance lumineuse, le deuxième objectif est la recherche d'efficacité énergétique et la maîtrise des consommations d'énergie (en termes d'électricité).¹³

Les raisons d'utiliser l'éclairage naturel :

- 1 Pour la santé : Favoriser la lumière naturelle dans le monde professionnel peut réellement améliorer notre santé et notre bien-être au quotidien.
- 2 Pour la sécurité : Un bon éclairage permet d'effectuer des tâches complexes et minutieuses en améliorant les conditions de vision et en limitant la fatigue, l'une des premières causes d'accidents du travail.

¹³ Thesis. Univ-biskra, La lumière naturelle dans le bâtiment

3

Pour les économies d'énergie : un bon éclairage naturel, associé à un système de régulation de l'éclairage artificiel en fonction de la lumière du jour et une maintenance efficace, entraîne une diminution considérable de la consommation énergétique totale d'un édifice.

4

Pour l'environnement : Pour un développement durable, il est essentiel de concevoir des édifices en cohérence optimale avec leur environnement. Et tirer le meilleur parti de la lumière naturelle est l'un des moyens privilégiés pour accorder un bâtiment aux rythmes naturels.

5

Pour l'apprentissage et la productivité : La lumière naturelle, qui a un impact positif sur le bien-être des salariés et des élèves, est aujourd'hui considérée comme un facteur de performance économique.¹⁴

II.1.7.2.1 Les différentes sources d'éclairage naturel :

Différents éléments peuvent être utilisés dans la construction d'un bâtiment pour favoriser son éclairage naturel. Leur choix s'effectue en fonction de l'implantation, de la typologie et de l'environnement extérieur.

1- Les solutions d'apport latéral en façade :

- **Les baies vitrées :**

Pouvant être mises en œuvre sur tout type de structure avec des produits majoritairement montés d'usine, elles reçoivent portes ou fenêtres, à châssis fixe ou ouvrant.

Le niveau d'éclairage naturel atteint varie selon :

- ✓ L'épaisseur des menuiseries
- ✓ Le type de vitrage (clair ou teinté, réfléchissant...)
- ✓ L'épaisseur des murs
- ✓ La forme de l'embrasure et La hauteur du linteau.

- **Les façades légères :**

Elles ferment l'enveloppe d'un bâtiment sans participer à sa stabilité et remplacent un mur. Il en existe différents types parmi lesquels la façade vitrée (mur-rideau largement constitué de vitrages) ou les systèmes de bardage emboîtables en polycarbonate.

2- Les solutions d'apport zénithal :

- **Les fenêtres de toit :** S'intégrant au rampant de la toiture, les fenêtres de toit, sont adaptées pour les pièces sous combles qu'elles rendent beaucoup plus lumineuses.

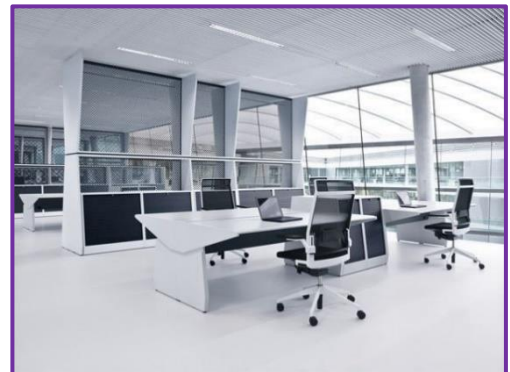


Figure 21 : espace bureau avec façade baies vitrées
Source : www.pinterest.com



Figure 22 : façade légère
Source : www.pinterest.com

¹⁴ Guide de l'éclairage naturel zénithal, par GIF Lumière.



- **Les lanternes ponctuels pour toit plat**

Ils laissent pénétrer la lumière du jour dans les bâtiments à un seul niveau ou dotés d'une toiture terrasse. Ils ont l'avantage d'éclairer naturellement une pièce et permettent de bien gérer l'homogénéité de l'éclairage naturel s'ils sont placés en quantité suffisante et répartis uniformément.

- **Les voûtes**

Les voûtes forment de vastes sources d'éclairage naturel zénithal, particulièrement adaptées aux grandes superficies comme les lignes de montage ou les entrepôts. Systèmes légers, elles ne nécessitent pas de renfort de structure pour supporter leur poids (contrairement aux verrières).



- **Les verrières**

Les verrières sont constituées d'une structure plane (en acier ou en aluminium) et d'un remplissage (généralement en double vitrage), dont la pose s'effectue toujours avec une pente. Laisant passer beaucoup de lumière naturelle, elles nécessitent une implantation optimale afin d'éviter les zones de sur-éclairage.

- **Les Sheds**

Leur forme spécifique, offrent une lumière diffuse qui limite les risques de surchauffe en été. Les sheds sont constitués d'une structure plane en acier ou en aluminium, souvent orientée au nord, et sont munis d'un remplissage en verre ou en matière plastique telle que le polycarbonate alvéolaire.



- **Les Puits de lumière**

Les puits ou conduits de lumière permettent aux pièces sombres ou sans fenêtre de bénéficier d'une source d'éclairage naturel. Équipés de tubes réfléchissants, ils captent la lumière naturelle en extérieur, qu'ils redistribuent à l'intérieur de locaux par l'intermédiaire de diffuseurs.



• **Les light shelves :**

Un light shelf est un auvent, dont la surface supérieure est réfléchissante, combiné à un bandeau lumineux, dont le rôle est de permettre la pénétration dans le local, du rayonnement solaire réfléchi sur la partie supérieure du light shelf.

L'objectif d'un light shelf est de rediriger la lumière naturelle vers le plafond, en protégeant l'occupant des pénétrations directes du soleil. Il existe diverses variantes de light shelves : horizontales ou inclinées, droites ou incurvées, situées à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre.

Les light shelves permettent de contrôler la lumière directe du soleil en réduisant l'éblouissement, tout en admettant la lumière du ciel et les rayons solaires réfléchis.

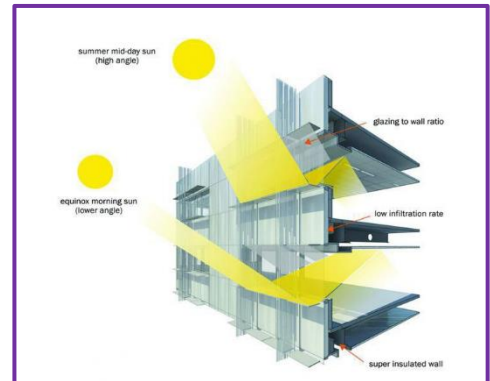


Figure 23: Fonctionnement des light shelves
Source : www.pinterest.com

II.1.8 Le confort dans le bâtiment :

John E. Crowley a proposé en 2001, la définition suivante du confort : il s'agit d'un état de satisfaction quant à la relation entre le corps et son environnement physique immédiat.

Pour Roulet, « assurer une bonne qualité de l'environnement intérieur c'est entre autres satisfaire des besoins des occupants, donc assurer leur confort ».

II.1.8.1 Types de confort dans le bâtiment :

II.1.8.1.1 Le confort thermique :

La définition du confort thermique est très complexe en raison de l'interaction de plusieurs variables environnementales et personnelles. Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort. Les conditions dans lesquelles on obtient cet équilibre, dépendant de la conjugaison de nombreux facteurs.¹⁵

Certains de ces facteurs sont d'ordre personnel (l'activité physique, le niveau d'habillement, etc....) et d'autres sont des facteurs de l'environnement tels que la température de l'air, le rayonnement solaire, l'humidité relative et le mouvement de l'air.

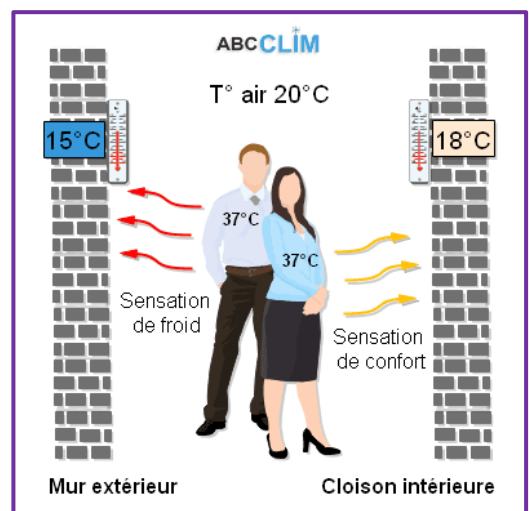


Figure 24 : Le confort thermique
Source : www.abcclim.net

¹⁵ Thèse « Ambiance et confort thermique », université de Biskra.

Le confort thermique a été défini comme l'état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.

Le confort thermique dépend du contexte et des caractéristiques individuelles. Il est conçu comme un processus adaptatif dynamique qui intègre les différents mécanismes physiques, physiologiques et psychologiques.¹⁶

II.1.8.1.2 Confort Hygrothermique :

Le confort ne dépend pas seulement du paramètre température mais aussi de l'hygrométrie de l'air ambiant. Le confort hygrothermique est défini comme étant la sensation que ressent une personne par rapport à la température et à l'humidité ambiante du local où elle se trouve. Les tentatives d'objectivation du confort hygrothermique se sont appuyées sur des approches statistiques. Il en ressort des critères physiques supposés satisfaire une majorité d'individus.

Ces critères sont principalement les températures de l'air et des parois, les variations spatiales de ces températures, l'hygrométrie de l'air, les vitesses de l'air.¹⁷

On peut définir une plage de confort associant les aspects de température et d'humidité en se référant à un diagramme tel celui établis par Fauconnier « l'action de l'humidité sur la santé dans les bâtiments tertiaires ».¹⁸

La zone de confort hygrothermique (couleur lavande) va donc :

- De 40 à 80% d'humidité relative à une température ambiante de 17°C
- Jusqu'à 30 à 50% d'humidité relative à température ambiante de 27°C.

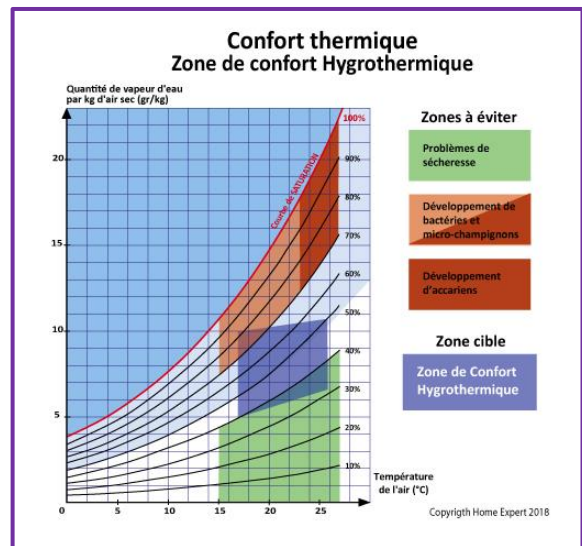


Figure 25 : Diagramme du confort hygrothermique
Source : www.home-expert.fr/le-confort-hygrothermique

II.1.8.1.3 Le Confort visuel :

Le confort d'éclairage dépend du niveau d'éclairement, de la proportion de lumière du jour et de l'éblouissement de l'occupant. La demande en éclairage varie en fonction de l'activité assignée aux espaces intérieurs. La norme NF X35-103 définit les niveaux d'éclairement en distinguant les types de bâtiments (logements, bureaux, industrie, écoles, centres 86 commerciaux, etc.) et les activités exercées à l'intérieur des espaces, pour chaque application. La conception des bâtiments tient donc compte des valeurs d'éclairement recommandées.¹⁹

¹⁶ BENBADA.Y & ELGUAIZI.B, " Initiation à La Simulation de L'environnement Intérieur d'un Habitat à L'aide de L'outil EnergyPlus ", 2020 / 2021, UNIVERSITE de OUARGLA

¹⁷ Hamdani.M, thèse "choix de l'orientation et des matériaux de construction en vue d'améliorer les performances thermique des bâtiments ", Université Tlemcen

¹⁸ www.home-expert.fr/le-confort-hygrothermique/

¹⁹ THÈSE Doctorat « Contribution à l'intégration de systèmes de gestion optimale de l'énergie pour les bâtiments intelligents » par Badr.C, 2022

II.1.8.1.4 Le confort Acoustique :

Le confort acoustique est souvent modélisé par des performances à l'échelle des éléments de l'enveloppe ou des pièces de vie, qui sont exigées selon le type de bâtiment et d'usage. Cependant, les spécificités d'un projet par rapport au site, à l'activité accueillie, etc...

Le traitement acoustique vise notamment l'isolation aux bruits extérieurs, aux bruits aériens provenant des locaux contigus, aux bruits de chocs (bruits de pas ou de déplacement d'objets dans les étages) et aux bruits générés par des équipements (chauffage, ventilation, etc.). Les niveaux d'isolation acoustique en dB.



Figure 26 : Isolation acoustique
Source www.pinterest.com

II.1.8.1.5 Qualité de l'air intérieur :

La qualité de l'air intérieur est liée principalement à trois facteurs : la qualité de l'air extérieur, les conditions de ventilation et les sources de pollution présentes dans les environnements intérieurs.²⁰

Les sources de pollution internes aux bâtiments sont ponctuelles (les occupants et leurs activités, fumée, bricolage...) ou continues (les matériaux de construction et les revêtements de sols et de murs -COV-, mobiliers, pollution extérieur...).



Figure 27 : qualité de l'air intérieur
Source : medicalexpo.fr

II.1.8.1.6 Le confort ergonomique :

Dérivé du grec ergon (le travail) et nomos (normes ou lois) = les lois du travail

Le terme « travail » est pris ici au sens large d'une activité humaine accomplie dans un but déterminé ; il dépasse le concept plus restreint de l'effort fourni en contrepartie d'une rémunération pour englober toutes les activités par lesquelles un opérateur humain rationnel poursuit méthodiquement un objectif donné.

C'est-à-dire l'adaptation de l'environnement de travail aux besoins des individus et aux capacités physiques, car pour chaque activité, il existe des plages de conditions optimales...



Figure 28 : Le confort ergonomique
Source : www.pinterest.com

²⁰ Synthèse « IMPACT DES PRODUITS D'ENTRETIEN SUR LA QUALITE DE L' AIR INTERIEUR » ADEME, avril 2019.

SYNTHESES VOLET 1 :

✓ L'approche de durabilité permet le respect de l'environnement, la maîtrise de l'énergie et le bien-être. La conception d'un bâtiment durable prend en considération plusieurs concepts tels que l'implantation, l'orientation, les matériaux de construction, ... qui présente une tâche primordiale de l'architecte de choisir les stratégies et les solutions afin de répondre aux conditions climatiques et exigences des usagers.

✓ Dans un contexte climatique chaud et aride, on doit adopter des stratégies de froid par les différentes solutions tels que, la protection des ouvertures par des systèmes fixes ou mobiles, et avec une protection de l'espace bâti par le non bâti...

✓ Pour assurer le confort à l'intérieur du projet, il est essentiel d'intégrer des systèmes de refroidissement efficaces afin d'avoir un confort estival optimal dans un climat chaud caractérisé par un long été.

✓ L'utilisation de techniques passives permet de réduire la demande à la consommation d'énergie non renouvelable pour le chauffage, l'éclairage et la climatisation.

II.2 Volet 2 : Incubateur d'entreprise et innovation

« La réussite d'un pays se fait par la réussite de ses entrepreneurs »
(Bernard Arnault, PDG du Groupe LVMH).

II.3 Définition des concepts :

II.3.1 Start-Up :

Selon Steve Blank : « Une startup est une organisation temporaire à la recherche de modèle industrialisable et permettant une croissance exceptionnelle ».

Un Mot anglais composé de « **Start** » qui désigne le commencement et de « **Up** » qui désigne Le haut ou le sommet. La Startup est donc une entreprise de petite taille en processus de construction qui ne s'est pas encore lancé dans le marché commercial.

II.3.2 Start-Up Studio :

C'est une structure aide à la création des start-ups mettant à disposition les ressources humaines et financières nécessaire. Ils interviennent avant et pendant la phase d'idéation afin de convertir une idée en une entreprise autonome avec un accompagnement poussé.²¹

II.3.3 Un Incubateur :

L'incubateur se place après la phase d'idéation, lorsque le projet est déjà validé.

Idéation	Création	Amorçage
Startup Studio		
	Incubateur	

Figure 29 : Les types d'accompagnement
Source : Le guide des incubateurs

Un incubateur est une structure d'accompagnement à la création et au développement des entreprises. La mission d'un incubateur est d'accueillir des porteurs de projet et de leur fournir les ressources dont ils ont besoin pour mener à bien ces projets. Ce peut être des ressources financières mais surtout des ressources de compétences, de formations, de mise en relation avec le tissu entrepreneurial, etc.²²

II.4 Définition de l'innovation :

Selon le petit Robert : « Action d'innover ; chose nouvellement introduite ».

Ensemble de processus qui se déroule depuis la naissance d'une idée jusqu'à sa matérialisation (lancement d'un produit), en passant par l'étude du marché, le développement du prototype et les premières étapes de la production.

²¹ Le guide des incubateurs (par Estimeo & The Machinery)

²² Le site CAPITAL avec Management

II.4.1 Le processus de l'innovation :

- Trouver une idée et de définir un concept.
- Vérifier si le projet est réalisable, viable et rentable.
- Concevoir et élaborer les solutions techniques.
- Mettre en place la production et surtout assurer sa mise sur le marché.²³

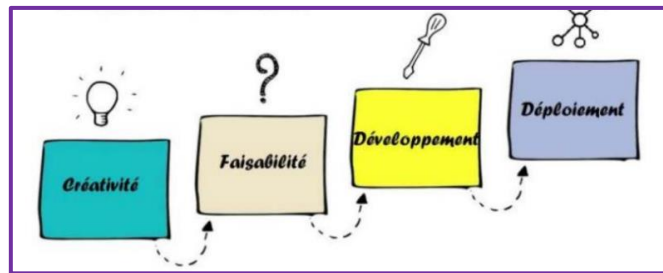


Figure 30 : Processus de l'innovation
Source : www.issu.com

II.5 Aperçu historique sur l'apparition des incubateurs :

Le concept « incubateur » a été découvert aux Etats-Unis par les chercheurs en sciences dures. L'encyclopédie Larousse (2005) indique qu'un incubateur est « un appareil servant à l'incubation artificielle des œufs de poules, de oies, etc. ».

Ainsi c'est « Action protectrice des parents, ou de l'un des parents, lorsqu'ils couvrent leurs œufs de leur corps (couvaision des oiseaux) ou les abritent dans une cavité corporelle ». Alors, cet outil est passé d'un moyen de soutien aux organismes vivants pour motiver leur croissance vers une structure de soutien aux jeunes entrepreneurs pour les accompagner dans leurs processus de création d'entreprises et dans la phase de démarrage de leurs activités.

II.6 Les caractéristiques d'un incubateur :

En fait les incubateurs pourraient être définis en fonction de six variables principales :

- 1- Les promoteurs :** il y a une très grande variété de promoteurs publics et privés qui interviennent dans le domaine de l'incubation. Et qui peuvent être :
 - ◆ États, départements ministériels.
 - ◆ Collectivités locales ou régionales.
 - ◆ Chambres de Commerce et d'Industrie.
 - ◆ Universités/Grandes Écoles.
 - ◆ Associations privées.
 - ◆ Grandes entreprises.

²³ Mémoire « INCUBATEUR DE STARTUPS DANS LE DOMAINE DES MATERIAUX INTELLIGENTS A BOUMERDES » 2020/2021

1- Les missions et objectifs :

En général, les objectifs que servent les incubateurs appartiennent aux catégories suivantes :

- ◆ la création d'emplois
- ◆ le développement d'activité économique via la création d'entreprises
- ◆ le profit
- ◆ le transfert et la valorisation de technologies
- ◆ la revitalisation de zones en difficulté ou en reconversion
- ◆ la diversification du tissu industriel
- ◆ la promotion de certaines filières d'activité
- ◆ la promotion de certaines catégories de populations.

2- Le type de projets :

- Les incubateurs peuvent être généralistes ou spécialisés dans un secteur
- Ils peuvent également s'adresser à des populations particulières : étudiants, minorités, accueil d'entreprises étrangères, salariés d'une entreprise existante, etc.
- Ils peuvent s'adresser aux entrepreneurs avant la phase de création, après la création ou en phase de croissance.

3- Les types de services offerts :

Les incubateurs peuvent offrir cinq grands types de fonction :

- ◆ l'immobilier et la gestion de cet immobilier : aménagements, installations diverses, locations de salles de réunions, etc.
- ◆ les services de base, souvent en temps partagé : secrétariat, accueil, salles de conférences, cafétéria, lignes à haut débit, etc.
- ◆ les services de conseils et d'assistance qui peuvent se rapporter aussi bien aux opérations quotidiennes (juridiques, personnel, relations bancaires, comptabilité) qu'aux aspects stratégiques : conseils, mises au point de business-plans, conseil en marketing, conseil financier, propriété industrielle, etc.
- ◆ La formation aux divers aspects du management et le coaching individuel
- ◆ La mise en relation à travers des réseaux financiers, technologiques, commerciaux qui permettent à l'entreprise d'avoir accès à des partenaires, à des clients, etc.

4- Le modèle de financement : Il s'agit des sources de financements de l'incubateur comprenant l'investissement et l'exploitation en phase de démarrage et de maturité.

5- Le contexte : Ce contexte joue un rôle très important sur la mission et la vie de l'incubateur. Un incubateur placé dans une région en reconversion, ou dans une zone industrialisée ou en zone rurale aura à faire à des conditions très différentes.²⁴

²⁴ Rapport de recherche « LES INCUBATEURS : ÉMERGENCE D'UNE NOUVELLE INDUSTRIE », par Philippe ALBERT et autres.

II.7 Les types des incubateurs :

Il existe principalement cinq types des incubateurs :



Figure 31 : schéma des types des incubateurs
Source : Auteur

II.8 Les étapes de développement d'un Start-Up : Chaîne de valeur :

La chaîne de valeur est un modèle théorique qui décrit comment sont développées les activités d'une entreprise. D'après ce concept de chaîne, celle-ci est composée de maillons formant un processus économique :

1-Maximiser les chances de succès : La valeur ajoutée d'un incubateur se fonde sur quatre points majeurs.

- Le premier est la garantie d'un meilleur taux de survie, l'objectif étant de mettre le porteur du projet dans les meilleures conditions afin de maximiser ses chances de succès.
- Par la présence d'experts et d'entrepreneurs, l'incubateur apporte une expertise sur les différents processus à mettre en place afin de dynamiser la croissance de la société.
- Il permet aussi de tester un marché en offrant la possibilité de commercialiser un produit.
- Enfin, cette structure d'accompagnement se positionne comme un tiers de confiance et permet de crédibiliser les projets incubés vis-à-vis des parties prenantes.



2-Compétences et ressources : Réseau d'experts et outils techniques :

-L'incubateur offre un support matériel en fournissant des locaux, postes de travail et matériel technique. Cet appui permet de créer un premier lieu de travail, équipé des outils nécessaires, et rend possible l'émergence d'une culture d'entreprise.

-Au niveau des compétences, l'incubateur fournit un support technique avec des professionnels forts d'expériences dans des domaines spécifiques (finance, droit, marketing, création d'entreprise etc). Afin d'optimiser les différents processus internes de la startup.



3-Partenaires stratégiques : Expertise et visibilité :

-En sollicitant écoles et universités...etc, ils profitent d'un réseau de professeurs et de chercheurs expérimentés. C'est également un terrain idéal pour dénicher de jeunes étudiants prometteurs et entrepreneurs en devenir.

-Les partenariats signés avec les groupes industriels permettent aussi de bénéficier d'un réseau de professionnels spécialisés et de profiter de l'expertise sectorielle de ces derniers.

4-Services / activités clés : Conseils et témoignages

-Un incubateur peut proposer de louer des postes de travail au sein d'un local afin de créer un premier lieu de rencontre professionnel pour l'entrepreneur.

-Le service principal de l'incubateur reste l'accompagnement personnalisé d'une startup en phase de pré ou post-crédation, sur une période définie.

-Différents consultants spécialisés apportent conseils et témoignent afin de créer ou d'améliorer les processus organisationnels nécessaires au bon développement de la société.



5-Monétisation de l'offre : Accompagnement et hébergement

-La principale source de revenu de l'incubateur est un loyer mensuel en échange de l'hébergement et de la mise à disposition d'un poste de travail avec accès aux outils informatiques. Il peut également demander un loyer mensuel plus élevé en échange d'un pack comprenant l'hébergement et l'accompagnement. L'incubateur peut également facturer des frais de prestations pour des services de formations.

6-Canaux de communication : Newsletter et événement

-La mise en place d'événement dynamise la visibilité de la startup auprès de partenaires potentiels. Les articles de presse quant à eux permettent de gagner en visibilité auprès des professionnels. Ainsi que les réseaux sociaux qui vont permettre de conserver une visibilité constante et de rester connecté avec les nombreux utilisateurs.

-Une fois la stratégie de communication mise en place, il convient de définir une méthode de distribution de l'offre.²⁵



II.9 Les matériaux de construction innovants :

II.9.1 Définition :

- Action de production d'un nouveau matériau adapté à un environnement donné.

Les matériaux innovants sont souvent des matériaux composites, ils consistent en une combinaison de deux matériaux de natures différentes, se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément.²⁶



Figure 32 : Matériau innovant
Source : buildinggreen.com

II.9.2 Les enjeux des nouveaux matériaux :

L'enjeu commun à toutes les recherches actuelles menées sur les matériaux de construction est le développement durable. L'objectif est d'intégrer, dès le départ, dans les étapes de fabrication du matériau une optimisation de l'efficacité et du coût énergétique des procédés, une économie et un recyclage des matières premières. Cet enjeu est représenté par les stratégies :

- Réduire, dès la production, la quantité de ressources susceptibles de finir en déchets.
- Réutiliser les produits usagés constitués de matériaux pour leur donner une deuxième vie.
- Recycler les matériaux en mettant en œuvre une filière de retraitement avec un tri sélectif des matériaux afin de les transformer en nouvelles matières premières qui pourront être réutilisées pour fabriquer de nouveaux matériaux.

²⁵ Le guide des incubateurs (par Estimeo & The Machinery)

²⁶ Cour - Centre Universitaire Abd-Elhafid Boussouf -MILA « matériaux innovants »

Ainsi que d'autres enjeux liés à la santé des usagers.

Et des enjeux pour l'énergie : Au cœur du processus d'innovation des systèmes énergétiques, les matériaux du futur devront répondre à des spécifications toujours plus exigeantes en termes de sûreté, d'économie d'élaboration, de résistance, de durabilité, d'impact environnemental et de capacité de recyclage.²⁷

II.9.3 Types de matériaux de construction innovants :

Il existe de nombreux types de matériaux de construction innovants qui sont développés pour répondre aux besoins croissants de durabilité, d'efficacité énergétique et de construction plus rapide, voici quelques exemples :

II.9.3.1 Matériaux innovants d'origine naturels (Biosourcés) :

Définition : On appelle matériaux biosourcés, l'ensemble des matériaux dont l'un au moins de leurs composants est issu de la biomasse.

Cette dernière regroupe toute matière première d'origine biologique végétale telle que bois, chanvre, paille, bambou, coco, bananier, bagasse, lin, etc ou d'origine biologique animale telle que comme peau, graisse, etc, à l'exception des matières de formation géologique ou fossile. La biomasse est connue comme la source d'énergie renouvelable et idéale susceptible de remplacer les combustibles fossiles.²⁸



Figure 33 : matériaux biosourcés
Source : Site CoE BBE

II.9.3.2 Matériaux innovants d'origine matières recyclés :

Ce sont des matériaux qui ont été récupérés à partir des déchets ou de produits en fin de vie (naturels ou synthétique...). Qui sont ensuite transformés et utilisés pour la fabrication de nouveaux matériaux de construction. Ces matériaux peuvent être utilisés dans la construction de bâtiments, d'infrastructure, isolations ou autres ..., offrant des solutions durables et respectueuses de l'environnement.

Par exemple, On constate des taux de recyclage élevés dans les secteurs du verre et de certains métaux, Les aciers, en particulier, sont recyclés avec des taux supérieurs à 90 %, L'aluminium et le cuivre...²⁹

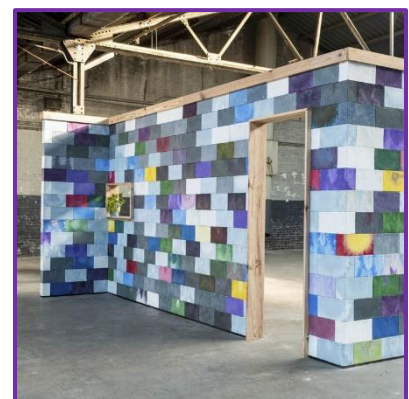


Figure 34 : Brique en plastique recyclé
Source : Site Design Wanted

²⁷ Le site : www.cea.fr

²⁸ Mémoire « Etude comparative des techniques de rafraîchissement passif utilisant les matériaux de construction biosourcés » 2021/2022

²⁹ « Matériaux pour la transition énergétique : importance du recyclage » par Régis Olives, et autres, 2022

II.9.3.3 Les matériaux innovants dédiés à l'impression 3D :

L'impression 3D existe depuis 30 ans dans l'industrie de la construction, et ce n'est que récemment que les chercheurs ont mis à l'essai différents matériaux de construction dédiés à cette technologie. Cela a poussé les chercheurs sur le développement de matériaux pour l'impression 3D à être faite en se basant sur les propriétés requises selon les étapes du processus.³⁰

Ces matériaux innovants dédiés à l'impression 3D permettent la création de prototypes rapides, de pièces sur mesure, de structures complexes

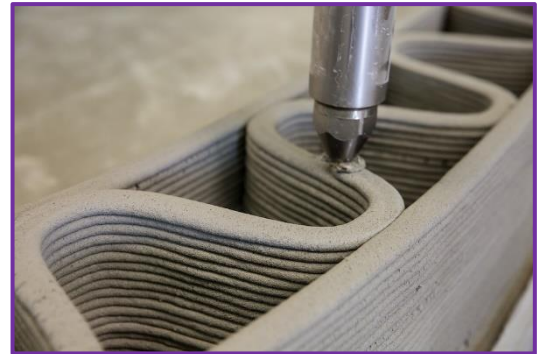


Figure 35 : Impression 3D en construction
Source : batimag97.com

II.9.3.4 Les matériaux intelligents :

Les matériaux intelligents sont sensibles, adaptatif et évolutif. Ils possèdent des fonctions qui leur permettent de se comporter comme un capteur (détecter des signaux), un actionneur (effectuer une action sur son environnement) ou parfois comme un processeur (traiter, comparer, stocker des informations). Ce matériau est capable de modifier spontanément ses propriétés physiques, par exemple sa forme, sa connectivité, sa viscoélasticité ou sa couleur, en réponse à des excitations naturelles ou provoquées venant de l'extérieur ou de l'intérieur du matériau.³¹

On peut classer les matériaux intelligents en – Piézoélectrique, Électrostrictif, Magnétostrictif, - Alliage à mémoire de forme, Fibres optiques –

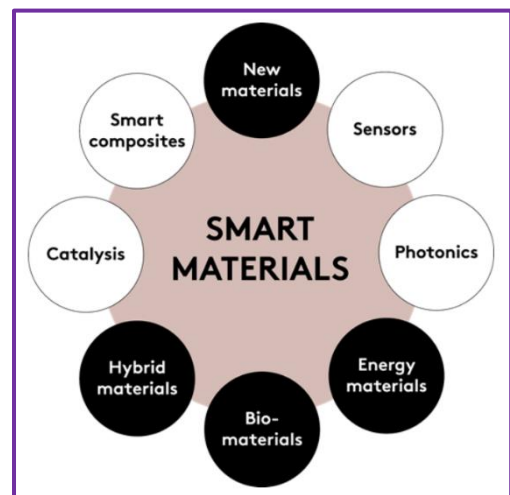
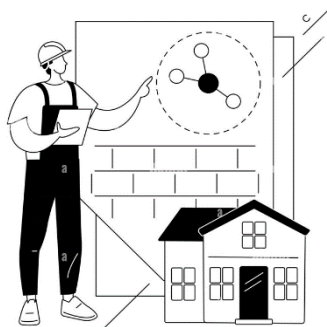


Figure 36 : caractéristiques de matériaux intelligents
Source : Site www.sdu.dk

II.10 Incubateur d'entreprise de matériaux de construction innovants :



Un lieu de rencontres et d'échanges entre les fournisseurs qui veulent faire découvrir leurs matériaux, procédés ou systèmes innovants et les professionnels de la création (designers, architectes, stylistes, décorateurs, scénographes, artisans, agences...) qui cherchent des solutions techniques ou esthétiques pour se démarquer.³²

³⁰ THESE DE DOCTORAT « Comportement rhéo-mécanique des matériaux cimentaires adaptés pour une mise en place par impression 3D » Mars 2023

³¹ Mémoire « la façade intelligente comme solution de la performance énergétique dans les bâtiments touristique » par Allili.M, 2021/2022

³² <https://www.archistorm.com/innovateque-incubateur-dinnovation/>

II.11 Les incubateurs en Algérie :

- En Algérie, le secteur de l'entrepreneuriat en technologies de l'information et de la communication (TIC) commence à prendre de l'ampleur, il devrait, en principe, générer des revenus importants dans les prochaines années.³³
- On va assister à la création des emplois directs et indirects et des richesses pour le pays. Les jeunes entrepreneurs issus des universités, de grandes écoles et même des écoles de formation professionnelle auront beaucoup d'opportunités parce que le terrain est vierge.

II.11.1 Le Décret officiels des incubateurs en Algérie :

Décret exécutif n° 21-170 du 16 Ramadhan 1442 correspondant au 28 avril 2021 fixant les conditions et les modalités d'octroi des avantages fiscaux accordés aux entreprises disposant du label « start-up » ou du label « incubateur ».³⁴

II.11.1.1 Les décisions les plus importantes :



- La société ne doit pas avoir plus de 250 employés



- Une présentation des différents programmes de formation et d'encadrement proposés par l'incubateur



- Est éligible pour le label « Incubateur », toute structure publique, privée ou en partenariat public-privé qui propose un appui aux start-ups et aux porteurs de projets innovants, en ce qui concerne l'hébergement, la formation, le conseil et le financement.

L'incubateur postulant au label « Incubateur » a pour mission d'accompagner les start-ups incubées durant toute la période d'incubation. A ce titre, il s'engage :



À domicilier les start-ups incubées et à leur offrir un espace de travail aménagé



À mettre à disposition des porteurs de projets, des moyens logistiques, tels que les salles de réunion, le matériel informatique et bureautique et la connexion à internet à haut débit



À assister les start-ups pour la réalisation des prototypes.

II.11.1.2 Emplacement des incubateurs en Algérie :

Sur le schéma ci-dessous, on présente la distribution des incubateurs d'entreprises spécialisées (en un ou plusieurs domaine) au niveau du territoire algérien.

³³ <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/7143>

³⁴ https://www.douane.gov.dz/IMG/pdf/decret_executif_no_21-170_du_16_ramadhan_1442.pdf

Les incubateurs universitaires sont créés au niveau des toutes les universités en vue de faciliter leurs rencontres et de lancer des Start-Up. (Cette démarche intervient conformément à l'arrêté ministériel n°1275 du 27 septembre 2022, portant sur le mécanisme « un diplôme, une startup »).

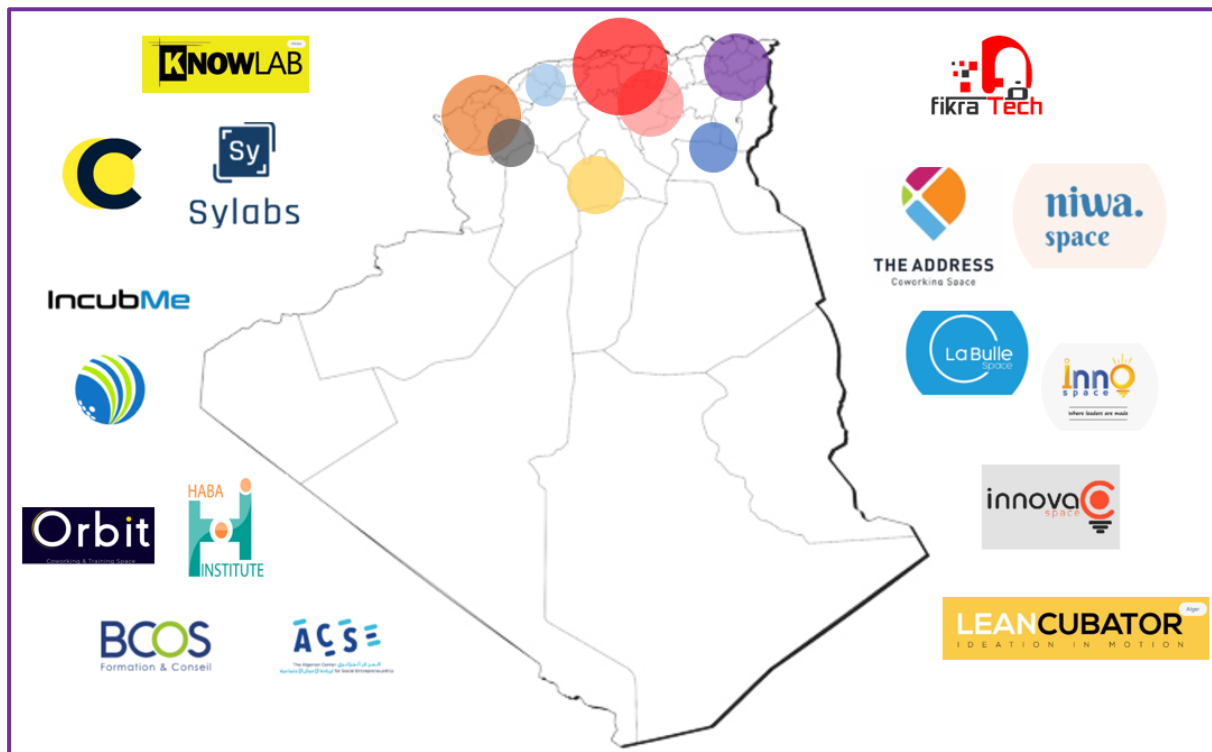


Figure 37 : Emplacement des incubateurs en Algérie
Source : Auteur

D'après la présentation des incubateurs d'entreprises en Algérie on trouve qu'il y'a un manque des répartitions des incubateurs au sud de l'Algérie et aussi un manque des incubateurs spécialisés dans un domaine précis.

SYNTHESE VOLET 2 :

- ✓ Les incubateurs jouent un rôle essentiel dans la maturation d'un projet innovant. Présents à la fois en amont de la création et au cours de la vie de l'entreprise, ils mettent à disposition des porteurs de projet et des chercheurs une multitude de services leur permettant de se lancer dans les meilleures conditions.
- ✓ La formation, la compétence, et la mise en relation avec le tissu entrepreneurial ... Présente la fonction et le rôle principale d'un incubateur.
- ✓ L'innovation dans le secteur des matériaux de construction s'impose plus que jamais pour les entreprises industrielles.
- ✓ En 2022, l'Algérie a franchi de grands pas dans le cadre de la création des incubateurs d'entreprises, et autant qu'étudiant on s'intéresse à la formation à travers la conception d'un incubateur à l'échelle nationale qui forme des chercheurs et des Start-Up dans le but de participer à l'amélioration de domaine de des matériaux de construction innovants.

III. CHAPITRE 02 : ETUDE ANALYTIQUE

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, on analyse des exemples de projet réalisés, choisis selon le thème d'incubateur, et la durabilité, et selon leurs contexte... afin d'obtenir les bonnes pratiques, et les approches, et d'identifier les approches et les stratégies de durabilité, et les aspects techniques et technologiques. Et de point de vue de fonctionnement, on peut identifier de cette analyse les entités mères d'un projet d'incubateur, leurs fonctionnements, et aussi le programme...

On a choisi d'analyser deux exemples relatifs au thème incubateur d'entreprise (New Orleans Bio Innovation Center (NOBIC) et Incubateur D'entreprise BIPOLE Biotech), un projet lié au thème durabilité et contexte (Centre KAPSARC par ZaHA Hadid), et un exemple lié la technologie (Al Bahar Towers).

III.1 Analyses Des Exemples :

III.2 EXEMPLE 1: New Orleans Bio Innovation Center (NOBIC)

III.2.1 Fiche technique :

- **Projet:** New Orleans Bio Innovation Center (NOBIC)
- **Emplacement :** 1441, rue Canal/ La Nouvelle-Orléans Louisiane 70112, Etats-Unis
- **Architecte soumissionnaire :** Eskew + Dumez+Ripple
- **Date d'achèvement du projet :** août 2011
- **Surface du projet :** 5600m²
- **Climat :** un climat subtropical humide chaud sans saison sèche
- **Critère de Choix :** Fonctionnel & Environnementale.



Figure 38 : New Orleans Bio Innovation Center
Source: www.aiatopen.org

III.2.2 Présentation du projet :

Le New Orleans BioInnovation Center (NOBIC) de - Laboratoires & Bureaux - est un incubateur pour les startups biotechnologiques ; aider les idées conçues localement à devenir des emplois et des industries locales.

_Ce centre de recherche **LEED-Or** est conçu comme « l'acupuncture urbaine », un projet modeste qui a contribué à déclencher la revitalisation de la ville

III.2.3 Situation du Projet :

- L'incubateur est situé dans un milieu urbain de la ville Louisiane.
- Une structure implantée au quartier 1441, rue Canal La Nouvelle-Orléans, LA 70112 en États-Unis

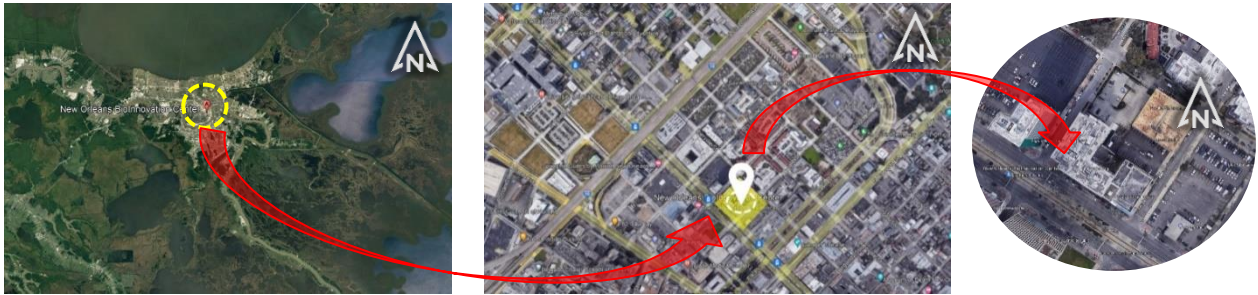


Figure 39 : Situation du projet NOBIC ... Source : Google Earth, Traité par l'auteur

III.2.4 L'aspect contextuelle :

III.2.4.1 Accessibilité :

- NOBIC est nettement urbain, avec les principales lignes de tramway et de bus s'arrêtant à sa porte d'entrée, à quelques pas des institutions collaboratrices
- La proximité de 5 lignes de transport en commun.
- Un environnement de vie et de travail accessible à pied pour tous les revenus devient une réalité.
- Le projet est bien desservi par le système routiers, avec un Pourcentage d'occupants utilisant les transports en commun, le vélo ou la marche : **26%**

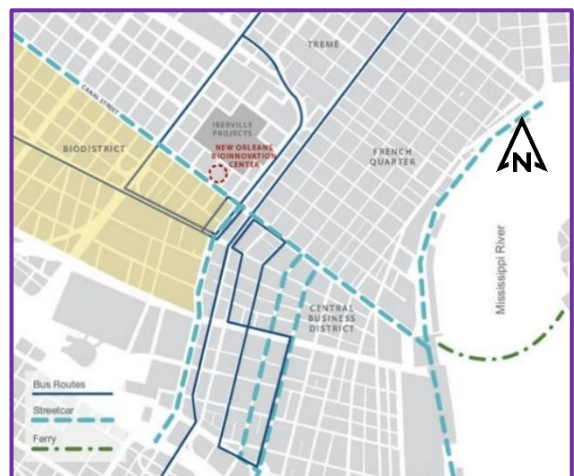


Figure 40 : Accessibilité du projet
Source : www.aiatopten.org, Traité par l'auteur



III.2.4.2 Voisinages :

-Le projet est situé dans un milieu urbain, entouré principalement par des équipement scientifique, résidentiels, et commerciales ... où on trouve :

- Dans le côté Sud : L'Hôtel "the Jung"
- Dans le côté Ouest : le campus universitaire médical
- Dans le côté Nord : La quartier de Tremé
- Dans le côté Est : au quartier français

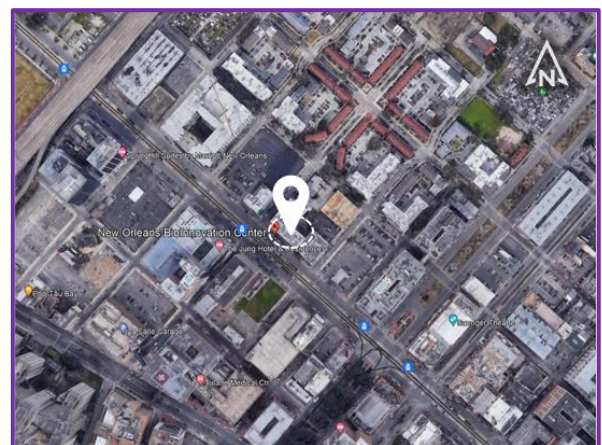


Figure 41 : Situation du projet et voisinages
Source : Google Earth

Historique de la Nouvelle-Orléans.

III.2.4.3 Gabarits :

- Le projet est de Gabarit R+4.
- Du côté Ouest un équipement résidentiel -Marais appartements- de R+15
- Et du côté Sud-Ouest L'Hôtel -The Jung- de R+21.
 - ✓ Ces deux équipements ont des ombres portées sur le projet qu'était une solution de ne pas utiliser une protection de la façade Ouest.
 - ✓ Le projet est très bien exposé au soleil du Sud et de l'Est.



Figure 42 : Vue Aérienne sur le projet
Source : Google Earth, Traité par l'auteur

III.2.4.4 L'enseillement :

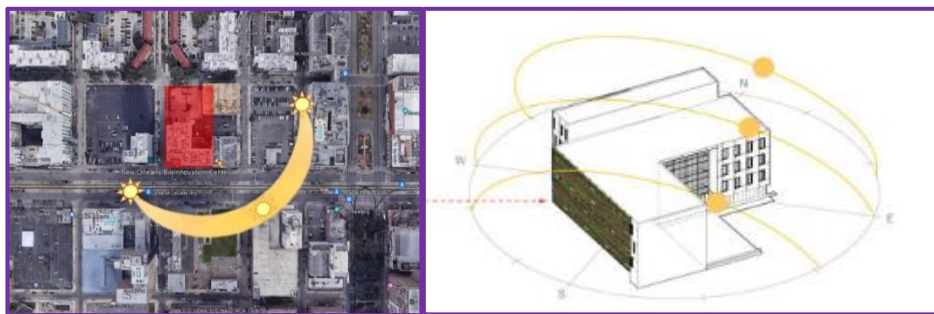




Figure 43 : L'Ensoleillement sur le projet
Source : www.aiatopten.org & google Earth, traité par l'auteur

III.2.5 L'Aspect Architecturale et fonctionnel :

III.2.5.1 Les accès :

-Le terrain est délimité par :

-  Une voie mécanique principale du côté Sud-Ouest.
-  Deux voies secondaires du côté Ouest et Nord.

-Le projet d'Incubateur a :



-  Un accès piéton principale au niveau de la façade principale.
-  Deux accès mécaniques des façades postérieures.



Figure 44 : Les accès du projet
Source : www.aiatopten.org, traité par l'auteur

III.2.5.2 Volumétrie :

- La forme du projet suit du terrain qui est en forme de "L", et conditionné par l'alignement urbain.
- La volumétrie du projet est compacte, simple et Minimaliste.

- Le volume est composé par l'intersection de deux blocs parallélépipèdes.
- Un bloc orienté Nord-Sud, perpendiculaire sur le bloc orienté Est-Ouest, configurée pour fournir une cour protégée.
- Emboîtement d'un parallélépipède au niveau de façade principale... un auvent sur des pilotés au niveau du RDC pour but de marquer l'entrée.



Figure 45 : Vue en perspective du projet NOBIC
Source : www.aiatopten.org

III.2.5.3 Occupation du terrain :

La surface du terrain est de 3300 m²

Le Cadre Bati du projet : 40%

Le Cadre non Bati du projet : 60%

Le non bâti est protégé par le bâti.

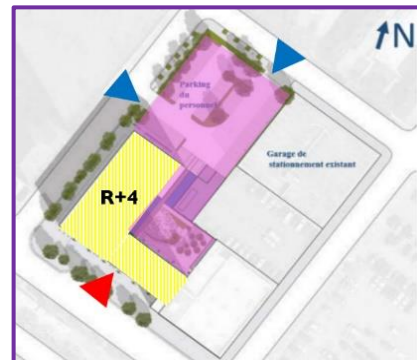


Figure 46 : Plan de masse du projet
Source : www.aiatopten.org, traité par l'auteur

III.2.5.4 Lectures et analyse des plans :

Ce projet d'incubateur NOBIC, accueillera sur 4 étages une fonction principale de la recherche ainsi que la gestion, par une distribution hiérarchique des espaces du public au privé ...

✓ Au niveau du RDC :

- Un hall d'accueil et de réception
- Soutien du bâtiment tels que les espaces techniques, Un foyer, et les espaces sanitaires.
- Les espaces communs et de réunions.
- Les bureaux administratifs.

✓ Au niveau des 3 étages courants :

- Les laboratoires de recherche
- Les salles de réunions.
- Les bureaux administratifs.
- Des espaces flexibles selon le besoin des locataires.

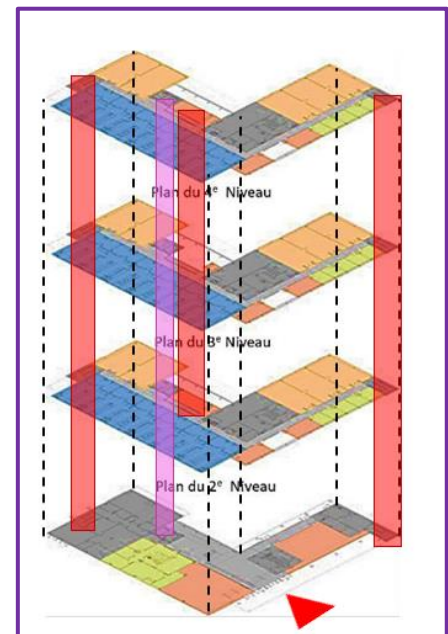


Figure 47 : Fonctionnement du projet
Source : www.aiatopten.org, Traité par l'auteur

La circulation verticale entre ces 4 niveaux est assurée par :

Des cages d'escaliers

- Deux cages d'escaliers du niveau RDC au 4^{ème} niveau, d'une position périphérique et qui en un accès de l'extérieur.
- Un escalier entre les 3 niveaux supérieur.

Un ascenseur

Qui a une position centrale.

III.2.5.4.1 Organisation spatiale du RDC :

Ce niveau est réservé principalement pour deux entités :

-L'entité public qui est accessible de la voie façade principale par :

- ▶ Une entrée piétonne principale
- ▶ Une entrée piétonne secondaire.

-L'entité technique et de service qui a des accès du parking par :

- ▶ Entrée piétonne des personnels.
- ▶ Entrée de service à un atelier technique.

---▶ Et aussi deux sorties de secours

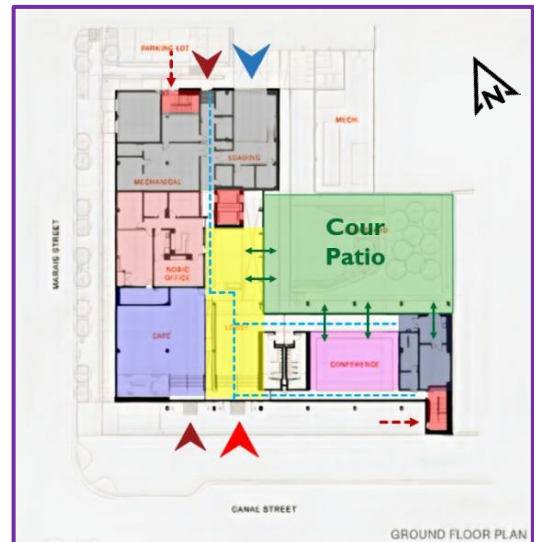


Figure 48 : Plan du niveau RDC
Source : www.aiatopten.org, Traité par l'auteur

Le RDC abrite principalement les espaces suivants :

- | | |
|---|---|
| Hall de D'accueil. | Espace de consommation. |
| Salle d'exposition et de vente. | Bureaux de conseils & d'Orientation. |
| Espace commun. | Ateliers techniques. |

➤ Un hall et des coursives assurant la circulation Horizontale.

III.2.5.4.2 Organisation spatiale des 3 étages courants :

Les trois étages courants regroupent les espaces liés à la recherche, et à la gestion administratifs du projet et des Start-Up.

➤ Entité de recherche contient des :

- Laboratoires donnant à la façade Ouest du projet
- Des espaces flexibles peuvent accueillir des laboratoires, ou des bureaux selon les besoins des locataires. Donnant sur la cour patio.
- Espaces de stockage.
- Espace de détente donne sur le vide sur RDC

➤ Entité administrative :

- Bureaux Individuels, donnant à la façade sud
- Espace commun et salles de réunion.

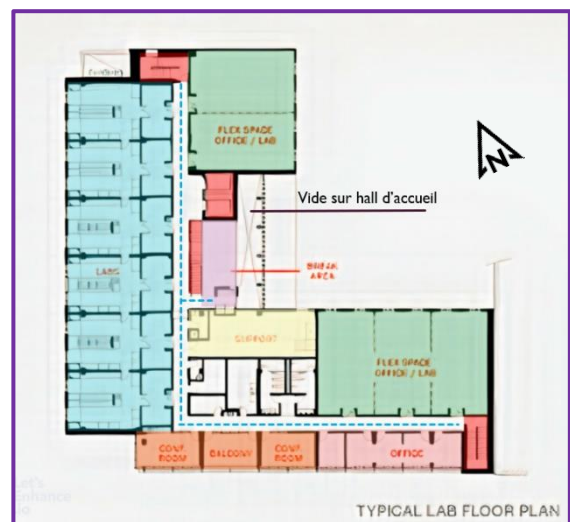


Figure 49 : Plans des étages Courants
Source : www.aiatopten.org, Traité par l'auteur

- La circulation horizontale est assurée par un couloir avec distribution bilatérale des espaces.
- Position linéaire des espaces.
- Les laboratoires sont de forme rectangulaires, posés perpendiculairement de la façade
- Passage d'un étage à un autre par escalier et ascenseur.

III.2.5.5 Analyse des façades :

III.2.5.5.1 La façade - Sud - :

- Présente la façade principale du projet, qui abrite l'entrée principale.
 - Le rapport du vide représente une majorité, donnent l'aspect de la légèreté.
 - Entrée apparente par la transparence du RDC, ainsi par le volume en auvent.
 - Une façade oblongue, composés de trois unités (un début, un rythme, et une fin).
 - Le Rythme est composé des éléments linéaires munie de brises soleil horizontaux.
 - Des éléments verticaux aux extrémités de ma façade, afin de briser l'horizontalité.
- **Principe de conception** : Inspiration des volets traditionnels de la nouvelle-Orléans.



Figure 50 : Façade Sud du projet
Source : www.aiatopten.org

III.2.5.5.2 La façade - Ouest - :

- Un traitement de Façades linéaires, compose des ouvertures rectangulaires, d'une position linéaire et perpendiculaire pour briser l'Horizontalité de la façade.
- Façade stable et rigide.
- Rapport du plein 60, vide 40
- Un Toit plat.



Figure 51 : Façade Ouest du projet
Source : www.aiatopten.org

III.2.5.5.3 La façade Est et Nord donnant sur la Cour :

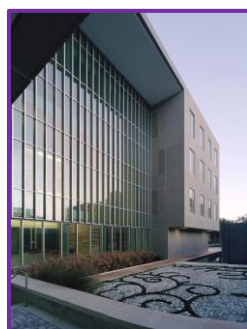
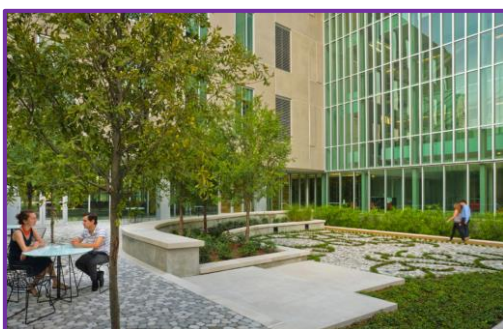


Figure 52 : Façade Nord et Est du projet ... Source : www.aiatopten.org

III.2.5.6 L'aspect de durabilité :

Le principe de conception intégrée que les choix de conception durable ont plus d'impact et moins de coûts lorsqu'ils sont intégrés au début d'un projet.

• **Consommation énergétique :**

Le projet a pu obtenir la certification **LEED Or** et une consommation d'énergie inférieure à **92 %** des bâtiments de laboratoire comparables avec de légères modifications des documents.

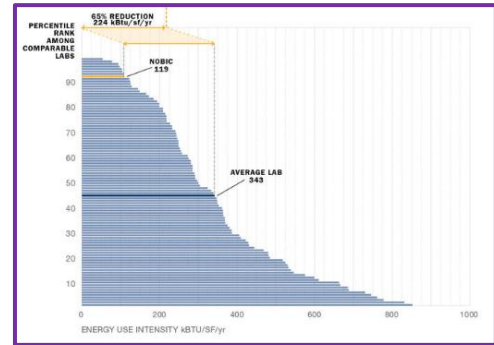


Figure 53 : La consommation énergétique du projet
Source : www.aiatopten.org

• **Le confort thermique :**

- Les choix de vitrages permettent un lien fort avec la ville et la cour paysagée tout en limitant les apports solaires. Alors que le bâtiment dans son ensemble a un rapport fenêtre/mur de 35 %.
- Les persiennes déployées de manière ludique permettent à la façade sud-ouest d'être en verre à 63 % tout en bénéficiant du gain solaire d'été d'une façade avec seulement 20 % de verre.

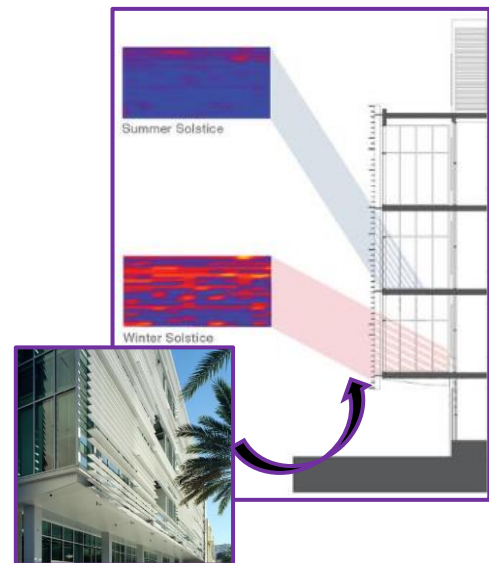


Figure 54 : Design bioclimatique
Source : www.aiatopten.org

• **Eclairage Naturelle :**

Façade en verre permet de profiter l'éclairage naturel pendant toute la journée.



Figure 55 : Vue d'intérieur sur l'espace de réunion
Source : www.aiatopten.org



Figure 56 : Vue d'intérieur Sur le laboratoire
Source : www.aiatopten.org

L'unité de laboratoire standard également une zone d'entrée à faible luminosité pour localiser les équipements sensibles à la lumière tels que les microscopes.

Tous les espaces de réunion et communs ont de vastes vues sur l'extérieur, tout comme les bureaux dédiés faisant face au boulevard principal.

• **Qualité de L'air dans les laboratoires :**

- Les laboratoires nécessitent également des niveaux de température et d'humidité contrôlés pour des expériences reproductibles.
- Ce qui rend les fenêtres ouvrantes pour les laboratoires généralement inappropriées.
- Chaque laboratoire cellulaire est équipé d'un contrôle indépendant du débit d'air et de la température, permettant à chaque chercheur de choisir le niveau de ventilation approprié à son type de recherche.

• **Récupération des eaux pluviales :**

- La biofiltration, la recharge, et stockage des eaux pluviales pour l'ensemble du site
- La pièce d'eau de la cour, capte l'eau de pluie du toit et la diffuse dans les plantes et les sols du site, sur place
- La filtration par les plantes des marais . . . Il s'agit de l'écosystème régional eau/plantes/sols.
 - ✓ Pourcentage de réduction de l'eau potable réglementée : 40 %

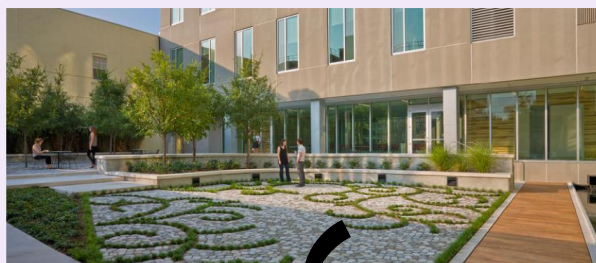


Figure 60 : Revêtement de la cour
Source : www.aiatopten.org



Figure 57 : Vue d'intérieur sur l'espace commun
Source : www.aiatopten.org



Figure 58 : système de contrôle de ventilation
Source : www.aiatopten.org

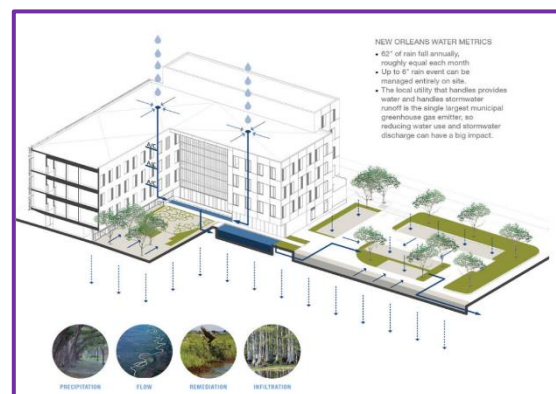


Figure 59 : Système de récupération des eaux pluviales
Source : www.aiatopten.org

L'utilisation du béton caverneux ou béton drainant qui est un béton de ciment à structure ouverte permettant l'infiltration de l'eau de pluie. Le nom de ce béton provient des vides qu'il contient qui ressemblent à des cavernes. Ces vides ont une dimension allant de 10 à 30 mm.

III.2.5.7 Aspect Structurelle :

- La première stratégie pour réduire les impacts sur les matériaux de tout projet consiste à construire uniquement la quantité de bâtiments dont vous avez besoin.
- Un système structurel en acier léger a été sélectionné pour minimiser les exigences de fondation, et qui conçue pour un démontage et un recyclage facile.
- Le système de revêtement extérieur fabriqué en système hybride composé d'un mince panneau mural en béton préfabriqué (béton locaux) stabilisé par un cadre intérieur.

III.3 EXEMPLE 02 : Incubateur D'entreprise BIOPOLE Biotech

III.3.1 Fiche technique :

- Architectes : Périphériques Architectes
- Superficie : 6220 m²
- Année de construction : 2014
- Situation : 6 Rue Pierre Joseph Colin, 35000 Rennes,
- Pays : France
- Climat : hivers assez doux et pluvieux et des étés assez chauds.
- Critère de choix : Fonctionnel



Figure 61 : Incubateur D'entreprise BIOPOLE Biotech
Source : www.archidaily.com

III.3.2 Description du projet

Le besoin ambivalent de créer un programme préservant la confidentialité des entreprises tout en assurant une bonne isolation des façades conduit à une sorte d'architecture « fortifiée » qui est à l'opposé de l'espace de travail convivial recherché.

Description textuelle fournie par les architectes *“Le côté que nous avons pris dans l'implantation urbaine ainsi que dans l'expression architecturale consiste en un grand quadrilatère autour d'un atrium-patio.”*

III.3.3 Situation du projet :

Le projet est implanté dans un quartier périphérique dans le côté Ouest de la ville Rennes, - le quartier 6 Rue Pierre Joseph Colin, 35000 Rennes -

La structure est adjacente à un ensemble de projets de fonctions similaires (Maison Co-working, Spaces Rennes . . .) et d'autres (Hôtel, Salle de sport . . .)

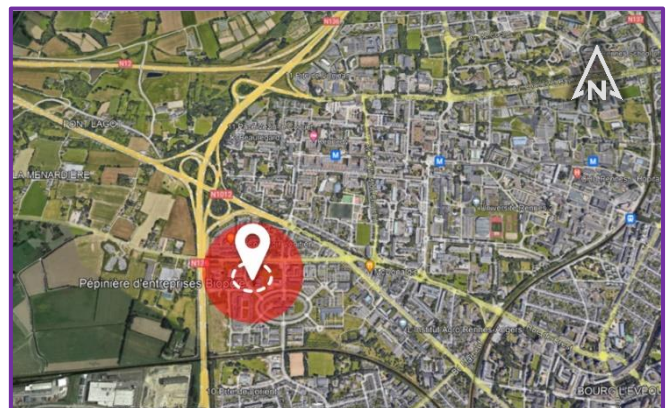


Figure 62 : Situation du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

III.3.4 L'aspect contextuelle :

III.3.4.1 Accessibilité du projet :

- L'Incubateur est situé dans un environnement de travail & d'innovation.
- Accessible par une voie mécanique et accessible grâce à plusieurs Arrée de Bus pas loin de l'entrée du projet.

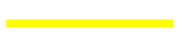
Le projet



L'Accès principale



Voie mécanique principales



Voie mécanique secondaire



Les arrêts de transport commun

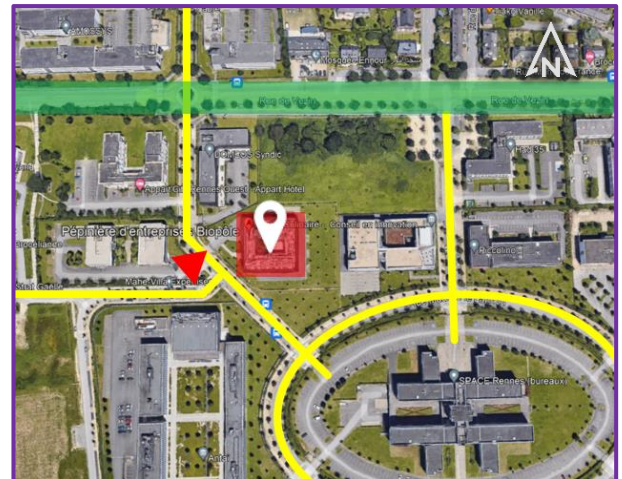


Figure 63 : Accessibilité du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

III.3.4.2 Voisins et gabarits :

Le bâtiment est de gabarit R+3, présente un ajout important à son quartier, où on trouve des équipements administratifs, de Co-working, et aussi résidentiels... :

- Du Nord : L'agence Domeos Syndric (R+2)
- De l'Ouest : une agence d'assurance, maison de Co-working de (R+2) et une résidence hôtelière de (R+3)
- Du sud : Antia administration locale (R+3)
- De l'Est : Centre Culinaire en innovation (R+2)



Figure 64 : Vue Aérienne du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

III.3.5 L'aspect architecturale et fonctionnel :

III.3.5.1 Les accès :

Le projet a un seul accès de l'extérieur



Accès Principale.



Entrée piétonne.



Accès mécanique.

III.3.5.2 Mode d'occupation de La parcelle :

- L'espace bâti : 25%
- L'espace non bâti : 75%
- La masse bâtie est protégée par le non bâti du côté Sud et de l'Est.



Figure 65 : Plan de masse du projet
Source : archidaily, traité par l'auteur

III.3.5.3 Nature formelle du projet :

- Le projet est de forme statique, d'une forme quadrilatère de (39 x 39m), de même gabarit R+3 avec un toit plat.
- Les deux étages supérieurs reposent sur des pilotés au niveau du RDC, qui permettant une sensation de flottement et de légèreté du bâtiment.
- L'espace sous les pilotés est réservé pour les zones de stationnement.
- Création d'un atrium patio de forme rectangulaire de (19 x 9m) créer au centre du volume.
- La Structure est orientée d'un angle de 45° par rapport à l'axe de la voie mécanique.
- Le projet est minimaliste et simple.

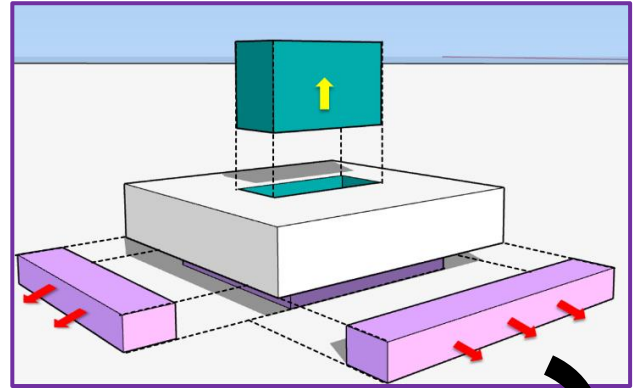


Figure 66 : Nature formelle du projet
Source : Auteur

III.3.5.4 Lecture et analyse des plans :

Principe d'organisation spatiale des plans :



Figure 67 : Vue sur l'atrium centrale Source : www.archidaily.com

- Une organisation linéaire, autour d'un patio partiellement végétalisé situé au premier étage.
- Compte tenu de la bonne orientation, cet espace serait à la fois un accès vers l'entrée du projet, ainsi qu'un espace de détente et une source d'éclairage et de ventilation naturelle.

• Plan niveau RDC :

► L'accès piéton et mécanique sont associés par une seule entrée de l'extérieur, vers :

Un parcours piéton avec deux entrées







- L'un vers un hall au niveau du RDC
- L'autre vers le Hall d'accueil du R+1

Un parcours mécanique, Vers



- Un accès de service et de livraison.
- Les zones de stationnement

Le RDC abrite les espaces liés à l'entité technique du projet, tels que :

-  Ateliers technique (qui ont un accès vers l'extérieur)
-  Espaces de stockage
-  Laboratoires pour recyclage et récupération des déchets.
-  La Circulation Horizontale assurée par des halls et couloirs.

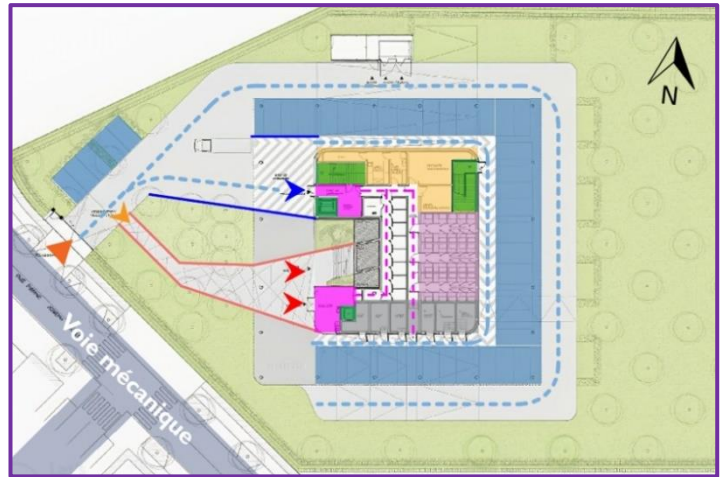










Figure 68 : Plan RDC

Source : www.archidaily.com, traité par l'auteur

-  La Circulation Verticale assurée par  deux escaliers  et deux ascenseurs.

• **Plan niveau R+1 :**

- L'entrée d'accueil des usagers du projet est située à ce niveau, ouvrant sur le patio central, ce qui donne l'aspect d'intimité
- Ce niveau R+1 abrite les espaces communs :
 -  Hall D'accueil
 -  Espaces de consommation et salle de réunion et regroupement.
- Et aussi il regroupe les espaces dédiée à la recherche, tels que :
 -  Les Laboratoires
 -  Les bureaux de chercheurs.
 -  Les espaces annexes de la recherche

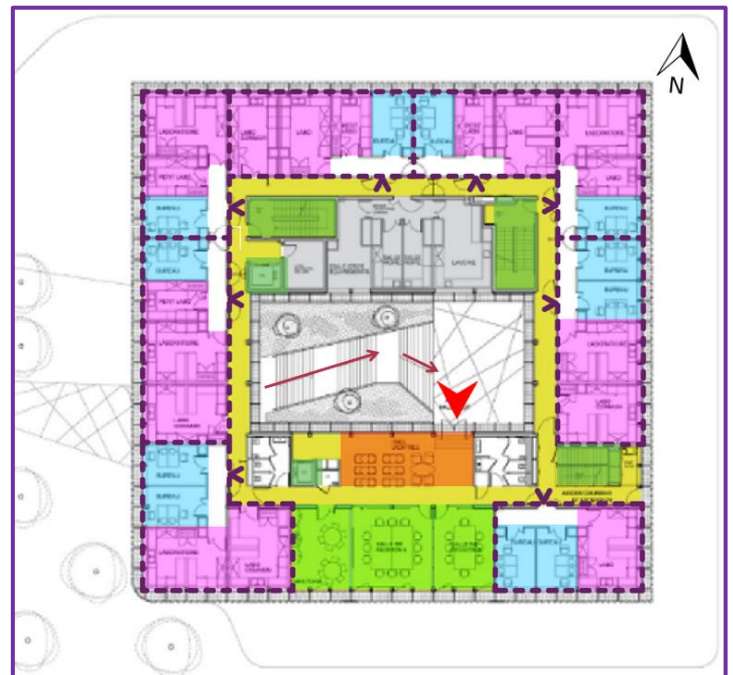






Figure 69 : Plan niveau R+1

Source : www.archidaily.com, traité par l'auteur

- Les espaces de recherche sont divisés sur plusieurs unités de recherche spécialisés, distribués linéairement par rapport aux quatre façades
 -  Les unités sont reliées par une coursive principale de façon unilatérale.
 -  Chaque unité a une entrée de la coursive.
 -  Une unité est composée de 1 ou 2 Bureaux et de 2 à 3 Laboratoire.

-  La circulation verticale est assurée par deux escaliers et deux ascenseurs du RDC, ainsi qu'une cage d'escalier commence du R+1 jusqu'au R+2.

• **Plan niveau R+2 :**

- Ce niveau R+2, regroupe principalement les espaces dédiés à l'entité de recherche :

- Les Laboratoires
- Les bureaux de chercheurs.
- Les espaces annexes de la recherche

La circulation horizontale est assurée par une coursive principale qui mène aux unités de recherche.

La circulation verticale est assurée par les escaliers et les ascenseurs.

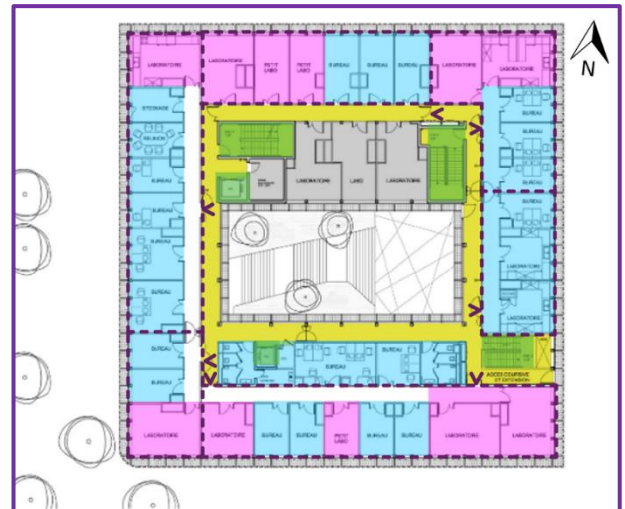


Figure 70 : Plan niveau R+1
Source : www.archidaily.com, traité par l'auteur

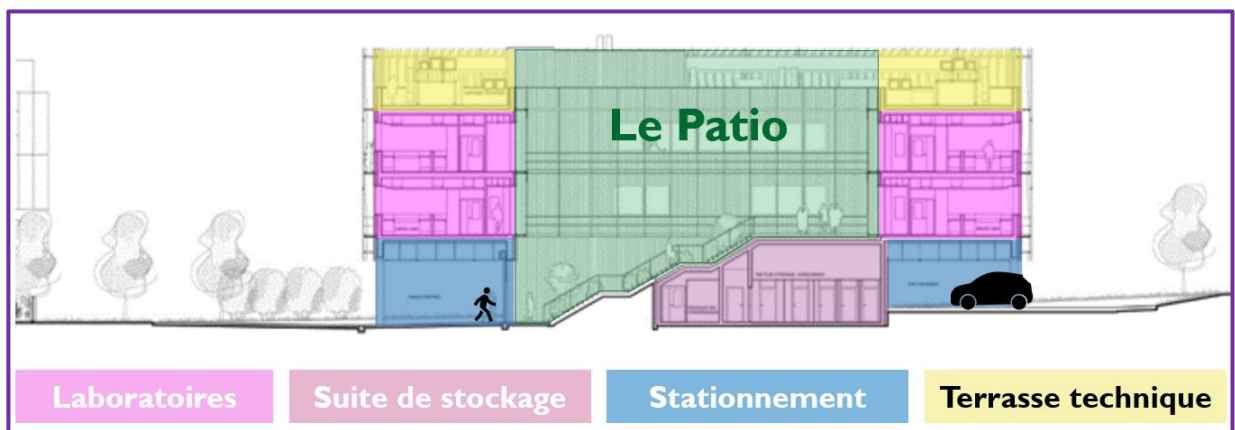


Figure 71 : Coupe du projet ... Source : www.archidaily.com, traité par l'auteur

• **Zoning spatiale du niveau RDC :**

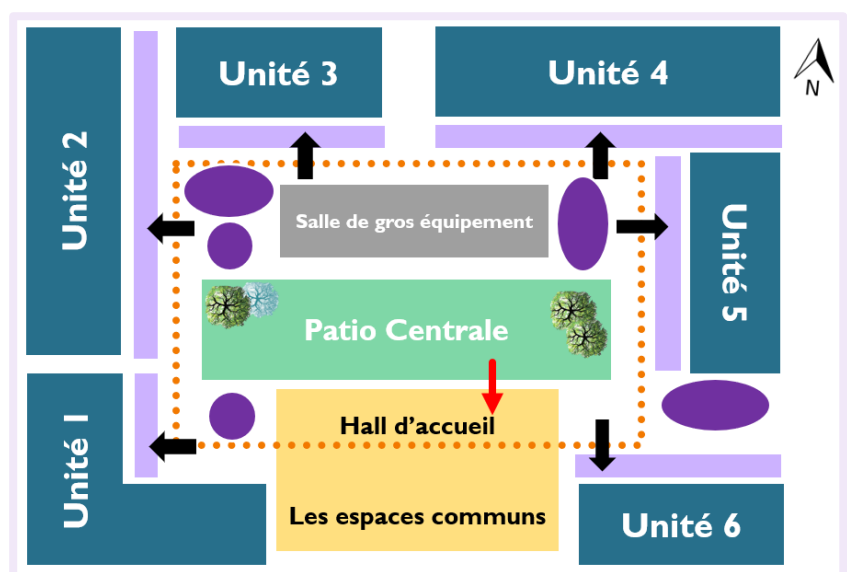
-La circulation horizontale :

- Coursive principale.
- Coursive secondaire.

-La circulation verticale :

- Un escalier.
- Un ascenseur.

Figure 72 : Zoning Spatiale niveau RDC
Source : Auteur



• **Zoning spatiale d'une unité de recherche :**

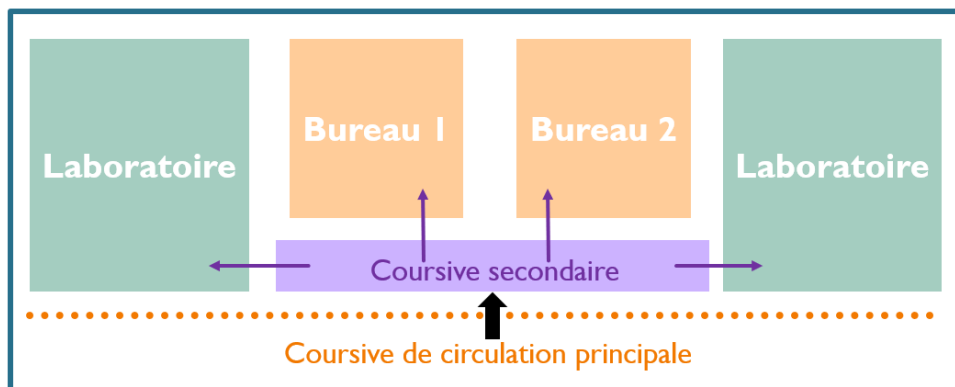


Figure 73 : Zoning spatiale Unité de recherche ... Source : Auteur

• **La terrasse technique :**

Intégration des installations de Systèmes CVC (chauffage, ventilation & climatisation) mécaniques.

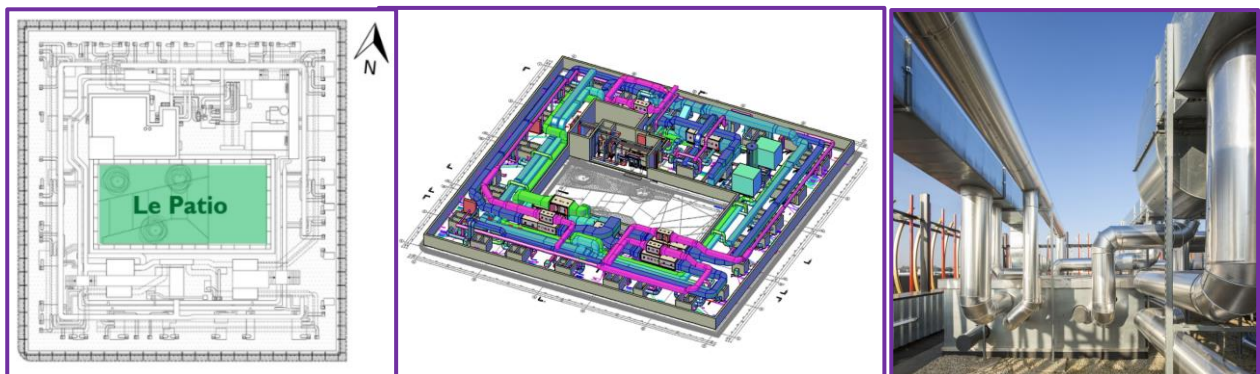


Figure 74 : Terrasse technique du projet ... Source : www.archidaily.com

• **Lecture des façades :**

- Une façade oblongue de 4 étages et un toit plat, recouverte d'une enveloppe architecturale de protection et de filtrage.
- Les montants sinusoïdaux en aluminium anodisé (forme dynamique) pour briser la rigidité et la stabilité de la façade ; forment une peau sensible et épaisse.
- Montants verticaux droit en aluminium couleur rouge, pour briser l'horizontalité de la façade.

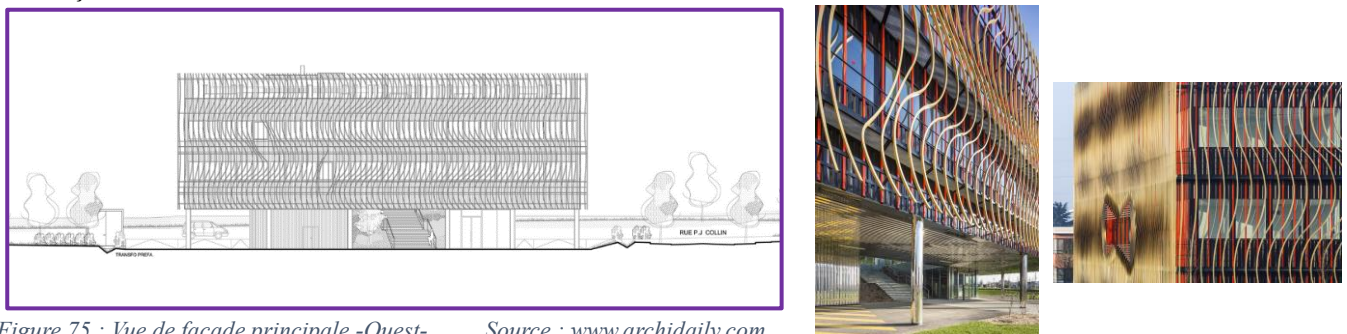


Figure 75 : Vue de façade principale -Ouest- ... Source : www.archidaily.com

III.4 EXEMPLE 03 : Centre de recherche pétrolière du roi Abdallah (KAPSARC)

III.4.1 Fiche technique :

- Architectes: Zaha Hadid Architects
- Surface: 70000 m²
- Année de Réalisation : 2017
- Lieu : VPGC+7W7, King Khalid International Airport, Riyadh
- Pays : Saudia Arabia
- Climat : un climat méditerranéen chaud avec été sec
- Critère de Choix : Environnementale & contextuelle



Figure 76 : Projet KAPSARC
Source : www.archidaily.com

III.4.2 Description du projet

- KAPSARC (King Abdullah Petroleum Studies and Research Center) est une institution à but non lucratif pour la recherche indépendante sur les politiques qui contribuent à l'utilisation la plus efficace de l'énergie pour assurer le bien-être social à travers le monde.
- Développe des politiques et des cadres économiques qui réduisent l'impact environnemental et permettent des solutions pratiques basées sur la technologie pour utiliser l'énergie plus efficacement.
- Premier projet de ZaHA à recevoir la certification **LEED Platine** du US Green Building Council, le centre est conçu en réponse aux conditions environnementales du plateau de Riyadh afin de minimiser la consommation d'énergie et de ressources.



III.4.3 Situation :

- Le projet est implanté dans le désert, dans le côté Nord de la ville du Riyadh.
- Un site péri-urbain éloigné des autres bâtiments de la ville.

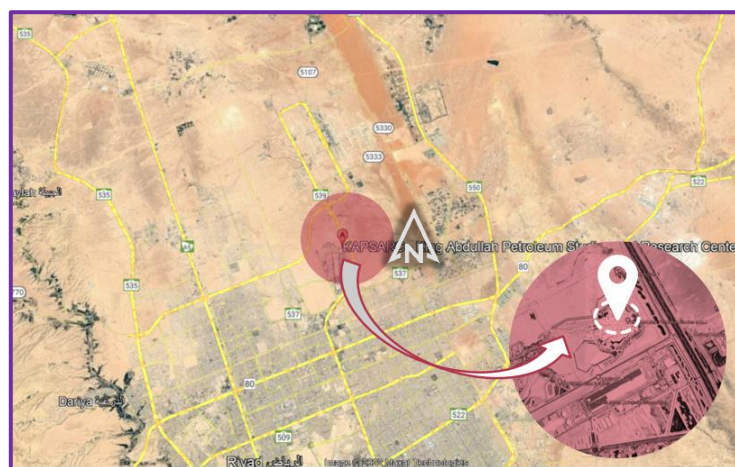


Figure 77 : Situation du projet KAPSARC
Source : Google Earth, traité par auteur

III.4.4 L'aspect Contextuel :

III.4.4.1 Voisinage du projet :

-Le projet est situé dans un milieu péri-rurale éloigné, où on trouve :

- Dans le côté Sud : L'Université de la princesse Noura Bint Abdulrahman
- Dans le côté Est : l'Hôtel Holiday Inn business district
- Dans le côté Nord : L'Aéroport internationale " King Khaled " à distance de 7 Km
- Dans le côté Ouest : Un quartier d'Habitation individuel

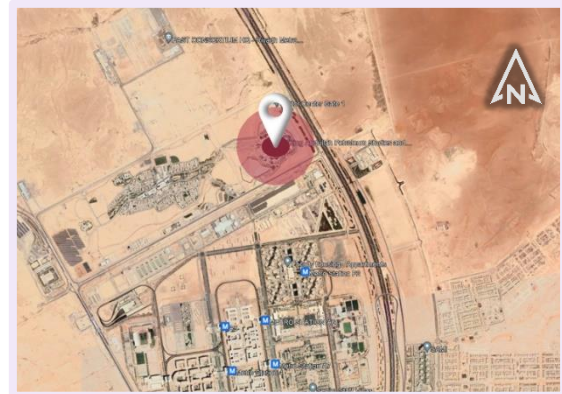


Figure 78 : Situation et Voisines du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

III.4.4.2 Accessibilité du projet :

- Voie mécanique Principale – Airport Road –
- Voie mécanique Principale
- Voie mécanique Secondaire
- Entrées Principales
- Entrée secondaire.



Figure 79 : Accessibilité et conditions du site
Source : Google Earth, traité par l'auteur

III.4.5 L'aspect architectural et fonctionnel :

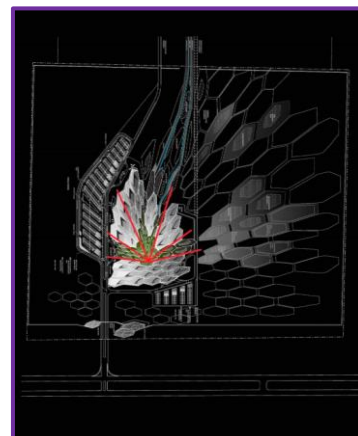
III.4.5.1 L'idée Conceptuel du projet :

L'adéquation contextuelle est obtenue par le langage formel, qui est tiré des cristaux de sable du désert, et la cohérence entre les bâtiments et la planification du site.

La principale stratégie d'organisation de la conception est un système cellulaire, partiellement modulaire, qui intègre différents bâtiments départementaux en un seul ensemble avec des espaces publics interconnectés.



Figure 80 : L'idée du projet KAPSARC
Source : www.archidaily.com



Une coque solide et protectrice à l'extérieur qui protège des conditions météorologiques extrêmes, l'architecture de KAPSARC est poreuse à l'intérieur.

Il apparaît de l'extérieur comme d'énormes blocs de pierre qui protègent ce qui est à l'intérieur, tandis qu'à l'intérieur il contient des patios perméables à l'air extérieur.



Figure 81 : vue sur le projet
Source : www.archidaily.com

III.4.5.2 Les entités du projet :

Les cinq bâtiments de KAPSARC se différencient par leur taille et leur organisation pour s'adapter au mieux à leur usage. Chaque bâtiment est divisé en fonction de ses composants et peut être adapté pour répondre à l'évolution des besoins ou des méthodes de travail.



Figure 82 : Les entités du projet ... Source : www.researchgate.net

- Le cadre bâti du projet présente **15%** du surface totale du terrain.
- Le mode d'organisation des entités est en monoblocs.

III.4.5.3 Zoning spatiale :

- ▶ Entrée principale ▶ Entrée secondaire
- ▶ Les accès piétons

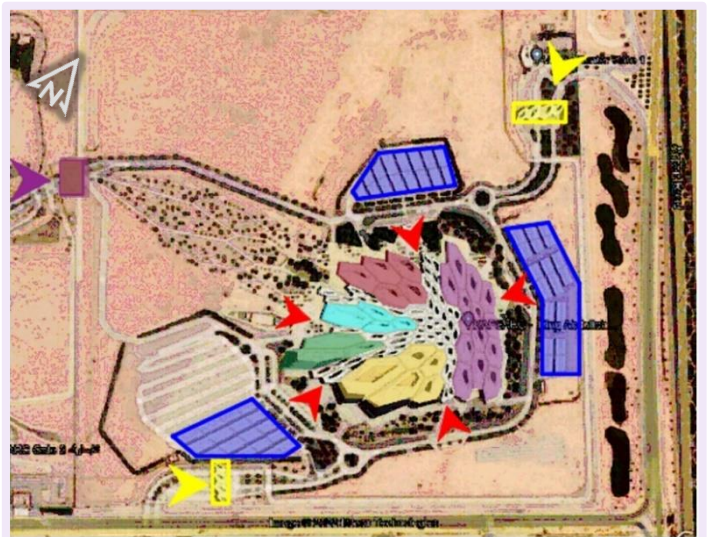


Figure 83 : Zoning spatiale du projet
Source : Google Earth, traité par l'auteur

- Les 5 entités sont interconnectées par des modules cellulaires, pour symboliser l'idée d'échange, et de communication... ainsi que pour bénéficier l'utilisation de la surface comme des espaces de détente et de regroupement

Cette solution permet de protéger les usagers des conditions climatique défavorables.

III.4.6 L'aspect structurel :

- Type de structure utilisée est Structure métallique tridimensionnel
- Les structures en nid d'abeille prismatiques hexagonales utilisent le moins de matériau pour créer un réseau de cellules dans le volume.
- Ce principe structurel et organisationnel a déterminé la composition de KAPSARC comme un amalgame de formes cristallines émergeant du paysage désertique, évoluant pour mieux répondre aux conditions environnementales et aux exigences du programme interne.



Figure 84 : Vue du projet
Source : www.archidaily.com

III.4.7 L'aspect technique :

III.4.7.1 Les façades :

- Les façades sont principalement revêtues de 47.000 unités GRC (Glass Reinforced Concrete shell), toutes avec une géométrie unique. Les ouvertures vitrées, telles que les fenêtres et les lucarnes sont intégrées dans la conception.³⁵
- Les façades en teinte claire (dons d'un Albedo élevé) qui permet de réfléchir les rayons solaires, et refroidir le bâtiment.



Figure 85 : Les panneaux GRC de la façade du projet
Source : www.archidaily.com

III.4.8 L'Aspect de Durabilité :

KAPSARC a également été nommé le bâtiment « le plus intelligent » d'Arabie saoudite dans le cadre du programme Honeywell Smart Building Awards. Sur la base de critères qui incluent la durabilité :

Environnementale

La Productivité

La Sécurité

- ✓ KAPSARC a reçu des scores exceptionnels dans les trois catégories.

III.4.8.1 L'éclairage Naturel :

Les cellules hexagonales qui composent le projet ne sont pas de forme uniforme ou répétitive, mais leur forme est conçue en fonction de leur position parmi elles pour répondre aux exigences de l'environnement et de la distribution interne grâce à une stratégie de formation d'espace, Qui se porte volontaire pour former les espaces internes des composantes du projet et les répartir aux endroits appropriés à leur fonction

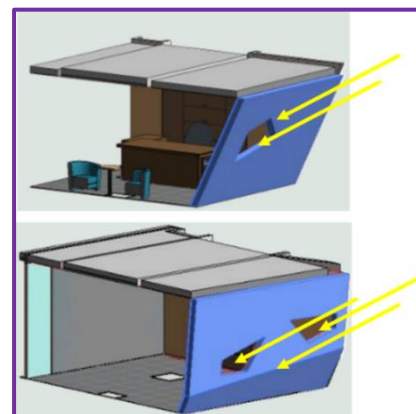
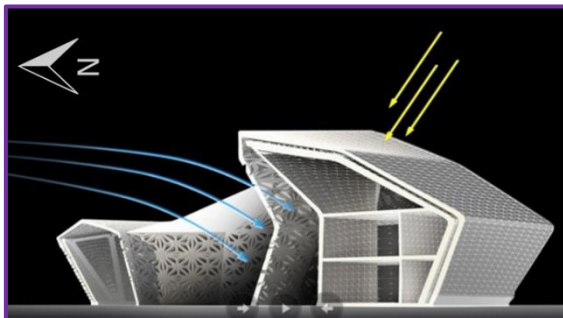


Figure 86 : Stratégie de l'éclairage Naturels du projet

³⁵ <https://koltayfacades.com/news/kapsarc-ready>

III.4.8.2 La ventilation naturelle :

Le campus KAPSARC s'ouvre au nord et à l'ouest ; encourager les vents dominants du nord à refroidir la cour pendant les mois tempérés ...



- Les Rayons solaires directes du Sud
- Les vents dominants du Nord

Figure 87 : Stratégie de ventilation naturelle par patio
Source : albenaamag.com

Les formes cristallines des cellules architecturales prismatiques sont orientées en hauteur vers le sud, l'ouest et l'est pour protéger les espaces intérieurs de la lumière directe du soleil, tandis que les cours intérieures sont orientées vers le nord et le nord-ouest pour apporter une lumière indirecte du soleil dans les Espaces ci-dessous.

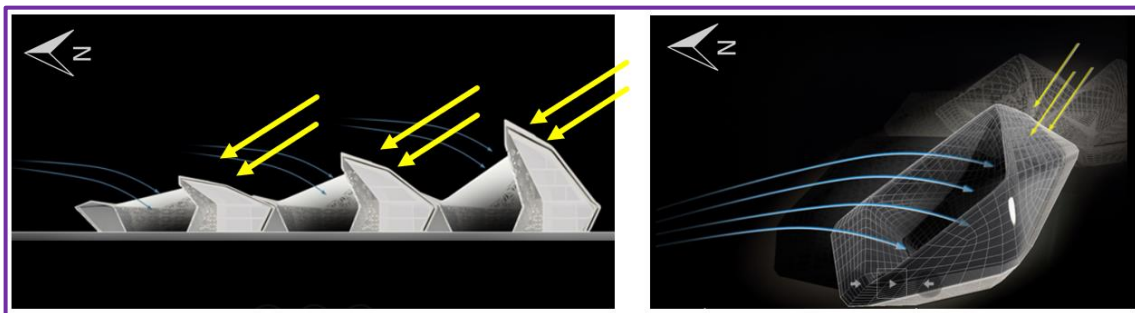


Figure 88 : Stratégie de ventilation naturelle et protection solaire ... Source : albenaamag.com

Ainsi que l'intégration des « **capteurs de vent** » dans les profils de toit sur les côtés sud de chaque cour attrapent les vents dominants du nord, refroidissant chaque cour.

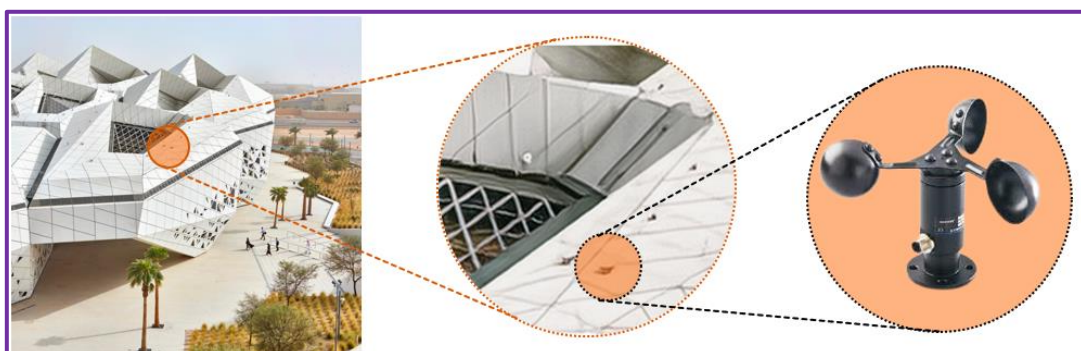


Figure 89: Intégration des capteurs à vents dans le projet ... Source : www.archidaily.com

III.4.8.3 L'énergie solaire :

- Intégration de 1620 modules de panneaux photovoltaïques, couvre une surface de 2582 m² du toit, situé sur le toit du centre de conférence orienté au sud.
- Ainsi qu'une centrale solaire située sur le terrain, composée de 12 684 modules Suntech et couvre une surface de 55 000 m².



Figure 90 : Les panneaux photovoltaïques dans le projet

III.4.9 La certification LEED du bâtiment :

- ✓ Une réduction de 45 % de la performance énergétique (par rapport aux normes de base de l'ASHRAE) obtenue grâce à la masse et à l'orientation du bâtiment de KAPSARC, à l'optimisation de la façade, à la sélection du système et au panneau solaire photovoltaïque situé sur le toit du centre de conférence orienté au sud
- ✓ Toute l'eau potable de KAPSARC est recyclée et réutilisée sur place et 100% de l'eau d'irrigation provient de sources non potables.
- ✓ 40 % des matériaux de construction de KAPSARC proviennent de moins de 800 km et 30 % des matériaux sont fabriqués à partir de contenu recyclé.
- ✓ 98% de tout le bois certifié par le Forest Stewardship Council (FSC).

III.5 EXEMPLE 04 : Al Bahar Towers

III.5.1 Fiche technique :

- Lieu : Abu Dhabi, Emirats Arabes Unis
- Architectes: Abdulmajid Karanouh & Aedas Architectos.
- Conçu en 2008, Réalisation : 2009-2012
- Hauteur du toit : 145,1 m
- Hauteur du dernier étage : 120,0 m (27 étages)
- Superficie terrain : 100.080 m²
- Superficie : 56.000 m²
- Façade : Façade dynamique intelligente
- Critères de choix : Environnementale & technologique.



Figure 91 : Projet Al Bahar Towers
Source : www.researchgate.net

III.5.2 Présentation De La Tour :

La composition de ces deux tours est simple : les étages sont empilés sur 149 mètres de haut. Une structure de forme hexagonale vient soutenir une première peau extérieure composée entièrement de panneaux photovoltaïques.

Ces derniers sont équipés de systèmes de motorisations qui s'adaptent aux intensités solaires et qui, en captant les rayons du soleil, permettent d'ouvrir et de fermer de manière autonome les alvéoles en bois. Ce système de filtre solaire, permet ainsi d'apporter l'intensité lumineuse nécessaire aux bureaux, tout en réduisant le taux de consommation énergétique de près de 50%.



Figure 92: Vue du projet
Source : www.researchgate.net



Figure 93 : Zoom sur la façade
Source : le site So921

- Fermés, ils évitent de faire monter la température à l'intérieur des tours et évite d'avoir recours à la climatisation (énergivore).
- Ouverts, ils permettent à la lumière d'inonder les tours, et de ne pas avoir recours à l'éclairage artificiel en plein jour.

III.5.3 La Façade de la tour :

Il est intéressant de voir que les formes sont en fait l'accumulation de triangles, qui bougent ensemble, grâce à un point de déplacement vertical qui se situe au centre de ces derniers. En se déplaçant vers le haut, les triangles vont se recroqueviller et ainsi laisser passer la lumière du soleil. En faisant le mouvement inverse, les triangles vont s'étaler et devenir totalement opaque à la lumière.

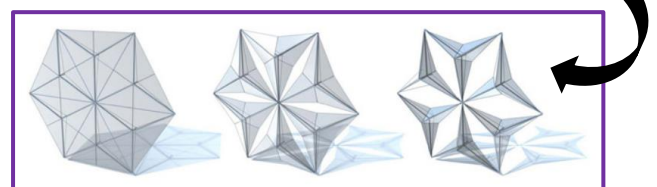
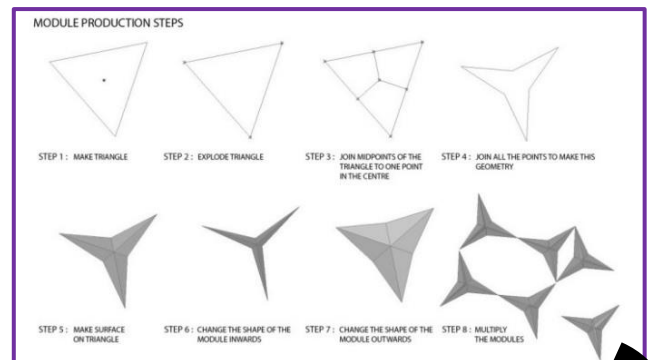


Figure 95 : étapes de production des éléments dynamiques de la façade
Source : Le site So921

Figure 94 : Structure et composants de la tour



III.5.3.1 Principe De Fonctionnement :

- ✓ Le bâtiment collecte les données à l'aide des capteurs de suivi du soleil qui contrôlent l'ouverture du dispositif selon la position de soleil et des capteurs de radiation solaire qui assurent l'ouverture de ces dispositifs dans le cas de ciel couvert de nuage.
- ✓ Ces données sont traitées par le SGB qui, à son tour, transmet les données à la façade qui les transforme en réaction. Celle-ci se ferme ou s'ouvre pour optimiser le confort visuel, en assurant la visibilité, recevant ou diffusant les rayons solaires selon les besoins

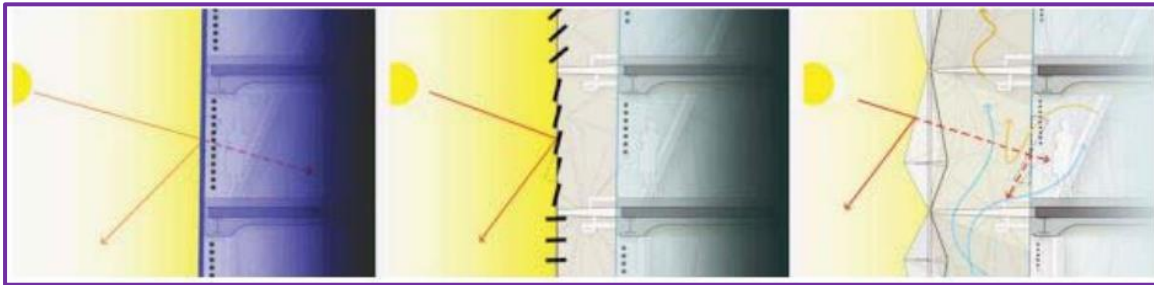


Figure 96 : fonctionnement de la protection solaire dynamique ... Source : www.issuu.com

III.5.4 La toiture des tours :

Les toits orientés au sud de chaque tour incorporer des cellules photovoltaïques qui alimentent le système d'entraînement des écrans solaires et génèrent environ 5% de l'énergie totale nécessaire :



Figure 97 : Toit des tours

RECOMMANDATIONS :

● **Le site :** -Doit-être dans un milieu urbain.

-Un site accessible par les différents moyens de transport urbain.

-À proximité des projets de fonctions complémentaire (scientifique, administratif...)

● **Plan de masse :** -Protection de la masse bâtie par le non bâti.

-Plusieurs accès pour assurer la fluidité du projet et d'organiser les flux.

-Circulation mécanique intérieure limités par les zones de stationnement.

-Occupation rationnelle du terrain (le bâti inférieur du non bâti).

-Favoriser l'espace vert afin de créer un microclimat à l'intérieur du projet par une trame bleu-vert.

-Forme compacte – Monoblocs.

Orientation : -Pour une meilleure exploitation des rayons solaires, l'orientation Nord/Sud est favorable.

-Orientation de la façade principale vers la voie mécanique principale.

Plans : -Un hall d'accueil centrale, qui présente un élément structurant et assure la distribution aux différents espaces.

-Hiérarchisation des espaces publics au privé en horizontalité et en verticalité.

-Les patios et les atriiums comme des stratégies passifs pour l'ambiance intérieure de la lumière naturelle, et la ventilation des espaces.

-Intégration des ascenseurs et des monte-charges.

-Prévoir un sous-sol pour les locaux techniques et de stockage.

Façade : -Des façades bien orientées afin d'assurer une bonne visibilité au projet

-Des nouvelles techniques de protection tels que les façades dynamique – intelligentes.

-Assurer la continuité visuelle vers l'extérieur.

-Transparence et légèreté.

Durabilité : -Intégration des systèmes d'énergies renouvelables appropriés aux conditions climatiques du contexte.

-Utilisation des matériaux durables.

-Des stratégies passifs et actifs pour optimiser la performance énergétique du projet.

-Diminuer l'albédo par l'utilisation de la végétation et les couleurs claires.

IV. CHAPITRE 03 : ETUDE PROGRAMMATIQUE

INTRODUCTION

L'approche thématique nous a permis de cerner le nouveau concept d'incubateur de startup. Nous avons pu dégager les principaux composants de l'incubateur, son fonctionnement, son organisation ...

A travers l'étude des exemples, nous avons pu définir les entités constituant l'incubateur et l'esprit qualitatif des espaces afin d'établir un programme spécifique pour notre projet.

L'incubateur se compose de plusieurs entités à savoir : administrative, pédagogiques (pré-incubation), de recherche (Incubation), service, hébergement, et une autre pour loisir et divertissement.

Le projet architectural peut être considéré comme la concrétisation d'un Programme établi qui répond à des exigences d'ordre qualitatif (Caractéristiques des espaces et exigences fonctionnelles) et quantitatif (Surface de chaque espace et entités).

IV.1 Types des programmes :

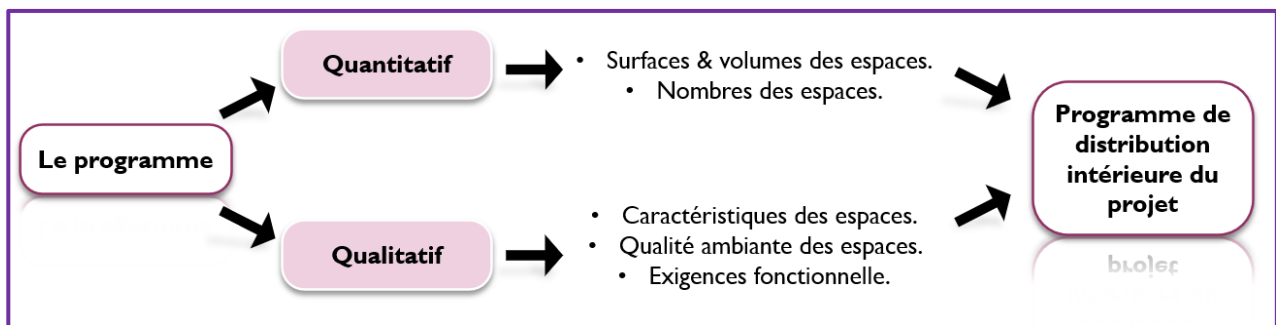


Figure 98 : Diagramme des types des programmes.

IV.2 Organigramme fonctionnelle des entités :

Les principales entités d'un incubateur des matériaux de construction innovants sont : entité d'accueil – Entité Administratif – Entité Pédagogique et de Recherche – Entité de décontraction – et de service

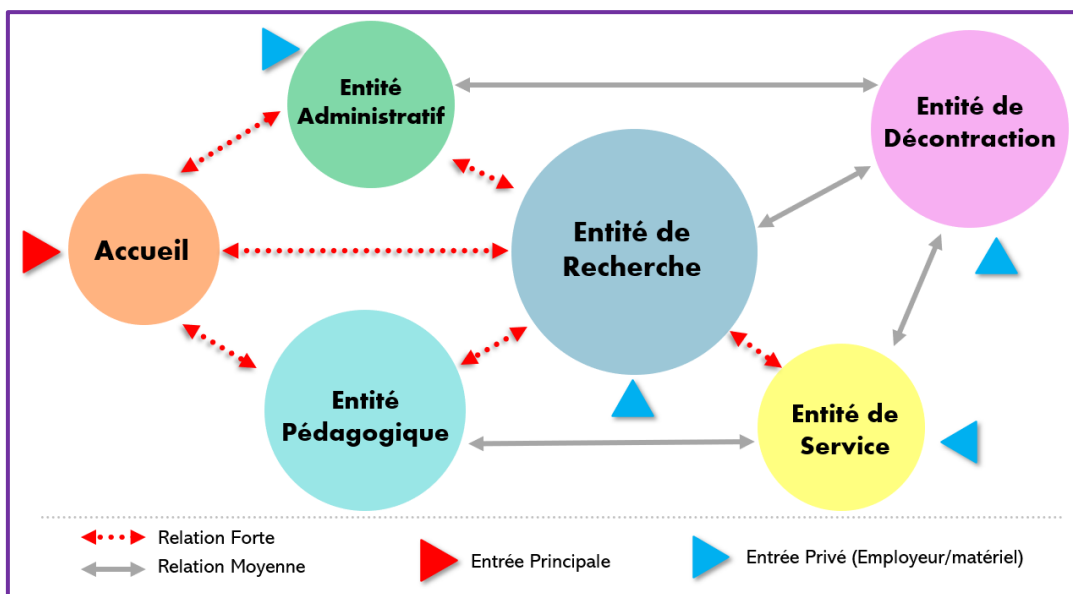


Figure 99 : organigramme fonctionnel du projet

IV.3 Programme Quantitatif :

Pour le but de reprendre aux objectifs et au bon fonctionnement de l'incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants, nous avons élaboré le programme surfacique ci-dessus :

	<i>L'Espace</i>	<i>Surface m²</i>	<i>Nombre</i>	<i>Surface totale m²</i>
Entité D'accueil	Hall d'accueil	150 m ²	1	150 m ²
	Espace d'attente & réception	60 m ²	1	60 m ²
	Sanitaire	40 m ²	1	40 m ²
	Circulation			20 %
Totale : 300 m²				
Entité Administratif	Bureau directeur	45 m ²	1	45 m ²
	Bureau secrétariat	16 m ²	1	16 m ²
	Bureau sous-directeur	35 m ²	1	35m ²
	Bureau paysager	60 m ²	1	60 m ²
	Bureau service commercial	16 m ²	3	48 m ²
	Bureau service Juridique	16 m ²	2	32 m ²
	Bureau service comptabilité	16 m ²	2	32 m ²
	Bureau de Marketing et de management	16 m ²	3	48 m ²
	Espace de rangement et d'archive	20 m ²	1	20 m ²
	Salle de réunion	60 m ²	1	60 m ²
	Box de travail VIP	10 m ²	7	70 m ²
	Sanitaire	30 m ²	2	60 m ²
	Circulation			15 %
Totale : 600 m²				

Entité pédagogique (Pré -Incubation)	Salle de classe	55 m ²	6	330 m ²
	Salle de projection	60 m ²	1	60 m ²
	Bibliothèque	190 m ²	1	190 m ²
	Auditorium	370 m ²	1	370 m ²
	Open-space start Up	75 m ²	1	75 m ²
	Pause coffee	70 m ²	1	70 m ²
	Espace d'exposition	80 m ²	1	80 m ²
	Espace d'exposition virtuelle	75 m ²	1	75 m ²
	Espace de tirage	30 m ²	1	30 m ²
	Bureau enseignants	30 m ²	2	60 m ²
	Salle de prière	25 m ²	1	25 m ²
	Stockage	25 m ²	1	25 m ²
	Sanitaire H-F	20 m ²	4	80 m ²
	Circulation			15 %
Totale : 1690 m²				

Entité de recherche (Incubation)	Laboratoire	65m ²	8	520 m ²
	Atelier	50 m ²	4	200 m ²
	Bureaux de recherche	20 m ²	4	80 m ²
	Laboratoire de simulation	80 m ²	1	80 m ²
	Chambre noire	20 m ²	2	40 m ²
	Big data	16 m ²	1	16 m ²
	Bureau de responsable	15 m ²	1	15 m ²
	Bureau technique	15 m ²	1	15 m ²
	Vestiaire	25 m ²	2	50 m ²
	Espace de stockage	260 m ²	1	260 m ²
	Co-working	75 m ²	1	75 m ²
	Espace de repos	210 m ²	1	210 m ²
	Infirmierie	20 m ²	1	20 m ²
	Atelier de construction innovant	110 m ²	1	110 m ²
	Espace flexible	130 m ²	1	130 m ²
	Sanitaire H-F	30 m ²	2	60 m ²

	Circulation			20 %
Totale : 2260 m²				
Consommation	Réfectoire cuisine	70 m ²	1	70 m ²
	Foyer	80 m ²	1	80 m ²
	Chambre froide	20 m ²	1	20 m ²
	Buanderie	30 m ²	1	30 m ²
	Sanitaire	30 m ²	1	30 m ²
	Circulation			15 %
Totale : 265 m²				
Service	Poste transformateur	40 m ²	1	40 m ²
	Atelier de maintenance	30 m ²	1	30 m ²
	Groupe électrogène	30 m ²	1	30 m ²
Totale : 100 m²				


Tableau 2 : Programme quantitatif du projet.

Surface Totale du projet : 5215 m²


IV.4 PROGRAMME QUALITATIF :

IV.4.1 Entité d'accueil :

L'entrée principale :	
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - On distingue l'accès principale public du projet utilisé par ses usagers ou les visiteurs - Située dans un point stratégique choisi après une étude de l'accessibilité et les flux environnants du site. - Un repère visuel pour l'ensemble du bâtiment par sa grandeur et sa hauteur. - Un élément symbolique qui peut être référence au thème ou à des éléments contextuels locales.

Hall D'accueil						
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Réception et orientation. - Le premier contact du public avec l'incubateur. - Un espace de coordination entre l'extérieur et les fonctions du projet, qui permet la distribution aux différentes espaces. 					 <p>Figure 101 : Exemple hall d'accueil Source : www.pinterest.com</p>
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Une continuité visuelle vers l'extérieur souhaitable. - Un espace généreux en double hauteur, permettent une bonne ventilation. - Une grande quantité de lumière naturelle pour créer une ambiance lumineuse. - Mettre un sas intermédiaire au hall d'entrée afin de limiter les déperditions de chaleur ou de fraîcheurs à chaque ouverture de la porte. - Traitement de couleur et des matériaux harmonieux et moderne. 					
Confort d'ambiance	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>	<i>Éclairage</i>	<i>Niveau acoustique</i>	<i>Consigne CO2</i>	
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	700 à 800 Lux	40 dB	894 ppm	

IV.4.2 Entité Administratif :

Bureaux administratifs						
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Lieu du travail des personnels d'administration pour assurer le bon fonctionnement de l'incubateur et des Start-Up. 					 <p>Figure 102 : Vue sur un bureau administratif</p>
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Un endroit calme qui est invisible par le public dès hall d'accueil et des espaces commun. - Un volume suffisant pour un équipement de bureau et pour la circulation intérieure, avec une hauteur minimale de 2,80 m. - Des ouvertures à hauteur des yeux offrent une vue vers l'extérieur. - Orientation optimale pour les bureaux Est ou Sud-Est. - Utilisation des couleurs pâles pour favoriser la concentration et le calme. 					
Confort d'ambiance	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>	<i>Éclairage</i>	<i>Niveau acoustique</i>	<i>Consigne CO2</i>	
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	400 Lux	40 dB	894 ppm	

Salle de réunion					
Fonction	- Espace de conversations et de travail des administrateurs en groupe.				
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Espace fermé à proximité du bureau directeur et des bureaux administratifs - Endroit calme, avec un bon éclairage - Un aménagement assure la fonction (regroupement autour d'une table). - La salle de réunion besoin aussi d'équipements supplémentaires tels que des tableaux blancs, des projecteurs, etc. - Utilisation des couleurs chaudes pour favoriser le dynamisme et la communication. 				
Confort d'ambiance	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>	<i>Éclairage</i>	<i>Niveau acoustique</i>	<i>Consigne CO2</i>
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	300 Lux	40 dB	894 ppm



Figure 103 : exemple de salle de réunion

Salle d'archive					
Fonction	- Un Espace pour préserver et de protéger l'archive des risques extérieurs, qu'ils soient naturels ou humains.				
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Un endroit isolé des espaces public et de regroupement - Une surface spacieuse et équiper par des étagères - Une bonne isolation des parois pour éviter les influences extérieures - Assurer un bon renouvellement d'air pour Éviter l'humidité - Un éclairage seulement artificiel. 				
Confort d'ambiance	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>	<i>Éclairage</i>	<i>Degré hygrométrique</i>	<i>Consigne CO2</i>
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	200 Lux	55%	894 ppm





Figure 104 : exemple d'un espace de rangement

IV.4.3 Entité Pédagogique :

Salle de cours					
Fonction	- Espace de la pré-incubation des start-ups pour l'apprentissages et l'étude.				
Exigences	- Ordinairement les salles de classes sont rectangulaires, avec un tableau mural sur la largeur - Organisation rationnelle par rapport aux aménagement et circulation intérieure - Un endroit calme inaccessible par le public - Favorisation de l'orientation Nord (afin d'éviter les rayons solaires gênants) - Eclairage naturel et artificiel suffisant, uniforme et répartie.				
Confort d'ambiance	<i>Température</i>	<i>Humidité relative</i>	<i>Éclairage</i>	<i>Niveau acoustique</i>	<i>Consigne CO2</i>
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	500 Lux	35 dB	942 ppm

Figure 105: Vue sur une salle de classe
Source : www.pinterest.com

Auditorium	
Fonction	- Un espace de contact entre le public et les chercheurs, abrite les activités de diffusion de documentaires, projections et des conférences nationales dans le domaine de construction et les matériaux.
Exigences	- Un espace visible, et accessible des différentes entités avec une sortie vers l'extérieur - Un grand espace en hauteur surtout pour la partie de la scène - Une surface étroite en longueur avec une pente dirige la vue vers la scène - Angle de vision de 110° depuis le 1 ^{er} rangé, de 60° médiane et 30° depuis dernier rangé - Des sas au niveau des accès, et des couloirs de circulation et rangés de siège démontable - Isolation thermique et acoustique, et un Eclairage ponctuel direct et indirect minimal contrôlé - Chaque personne occupe une surface de 0.5m ² .

Confort d'ambiance	Température	Humidité relative	Éclairage	Niveau acoustique	Consigne CO2	
	21 à 26 °C.	30 m ³ /h/pers	300 Lux	33 dB	1872 ppm	
Bibliothèque						
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Un lieu de conserver et lire une collection organisée de livres. - Composé de deux parties : espace de rayonnage et salle de lecture 					 <p>Figure 106: un espace de lecture Source : www.pinterest.com</p>
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Un grand espace avec une hauteur importante - Un aménagement adéquat permet le travail en groupe ou individuel. - Une Orientation Nord souhaitable. - Utilisé des matériaux insonorisés pour offrir le calme. - Choix d'aménagement, de couleur, et de matière spécifique aux conditions de confort des lecteurs. - Dans la salle de lecture, la surface nécessaire pour une personne : 1.70x2.20=3.74m². 					
Confort d'ambiance	Température	Humidité relative	Éclairage	Niveau acoustique	Consigne CO2	
	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	500 Lux	35 dB	942 ppm	
Open - Space						
Fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Un espace de rencontre et de travail partagé qui encourage l'échange et l'ouverture 					 <p>Figure 107: exemple Open space Source : www.pinterest.com</p>
Exigences	<ul style="list-style-type: none"> - Un espace d'une surface importante. - Continuité visuelle vers l'extérieure ou vers un patio - Accessibilité aux entités de recherche, de formation, et administratif avec une Fluidité de l'espace - Une bonne qualité de l'air - Utilisation des couleurs chaudes (orange, rouge, jaune) pour favoriser le dynamisme et la communication. 					
	Température	Humidité relative	Éclairage	Niveau acoustique	Consigne CO2	

Confort d'ambiance	21 à 26 °C.	20 m ³ /h/pers	500 Lux	40 dB	1305 ppm	
---------------------------	-------------	---------------------------	---------	-------	----------	--

Tableau 3 : Programme qualitatif des espaces du projet

IV.4.4 Entité de recherche :

Locale de stockage :

- Sa fonction est de réceptionner et de stocker les différents matériel et produits chimiques, afin de les utiliser pour les essais des matériaux de constructions innovants.
- Il doit être situé pas loin des laboratoires, avec une facile accessibilité (relation forte)
- Une surface équipée par des boxes de stockage.
- Prévoir un isolement thermique des murs, et les ouvertures avec double vitrage.
- Intégration de système de traitement d'air à la poussière, et assure un renouvellement d'air 2 fois par heure.



Figure 108 : Zone des boxes de stockage
Source : www.pinterest.com

Les laboratoires :

Fonction : Un local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherche scientifique, ou le cadre industriel

Un laboratoire de recherche dans le domaine des matériaux de constructions innovants, dispose d'équipements permettant la caractérisation physique, chimique, rhéologique, minéralogique et microstructurale d'un matériau

Ces essais et analyses pour but de vérifier la durabilité, le comportement mécanique et rhéologique des matériaux de construction usuels et innovants. ³⁶

Exigences :

Confort ergonomique :

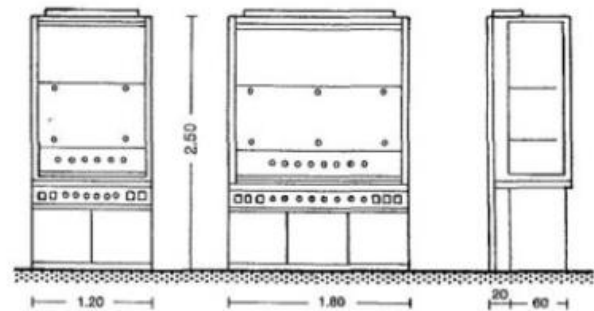
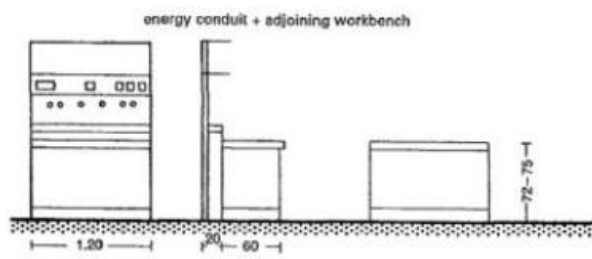
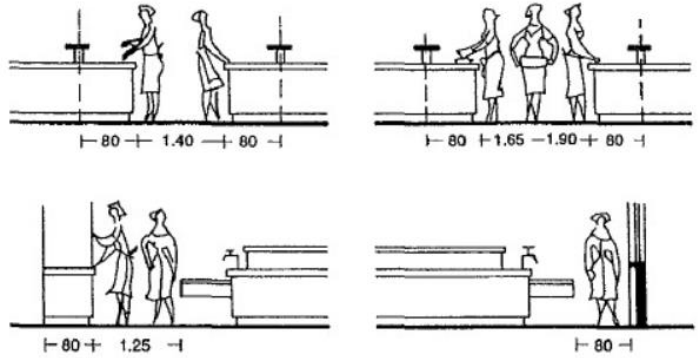
Dimensions des postes de travail : 60 x 120 à 75 x 150 cm ; Cela donne selon des compartiments de dimensions différentes :

- Profondeur 5.75, 7.00, 8.25 m ((couloirs + bassins + postes de travail)).
- Largeur 3.5 m ((tables avec barrières + un couloir central)).
- Hauteur 3.3 à 3.7 m

³⁶ <https://heig-vd.ch/rad/instituts/insit/laboratoires/mat%C3%A9riaux>

La largeur de passage minimale entre les postes de travail, afin de prévenir et réduire les risques de contamination croisée, tel que le chercheur circule dans le laboratoire pendant les phases pré-analytique, analytique et post-analytique.

Le laboratoire devrait aussi être assez spacieux pour permettre la circulation des personnes et des chariots.



Zoning fonctionnel d'un laboratoire :

Pour une organisation optimale du laboratoire il faut étudier :

- **zone des activités du laboratoire :** et aussi un lave œil délimitation et regroupement des activités liées en un même endroit, en tenant compte le processus de préparation des échantillons.
- **La localisation de la laverie et de la stérilisation :** doivent être situées dans une zone centrale afin de minimiser les distances et faciliter la circulation du matériel, des échantillons et des autres objets.
- **la localisation des activités ayant des exigences spécifiques :** positionnée dans un endroit approprié pour la réception et la maintenance des nouvelles machines ou matériels.
- **L'approvisionnement en électricité :** envisager la stabilisation du courant pour le matériel sensible, et prévoir un système de secours ou un générateur d'urgence en cas de coupure d'électricité au laboratoire.

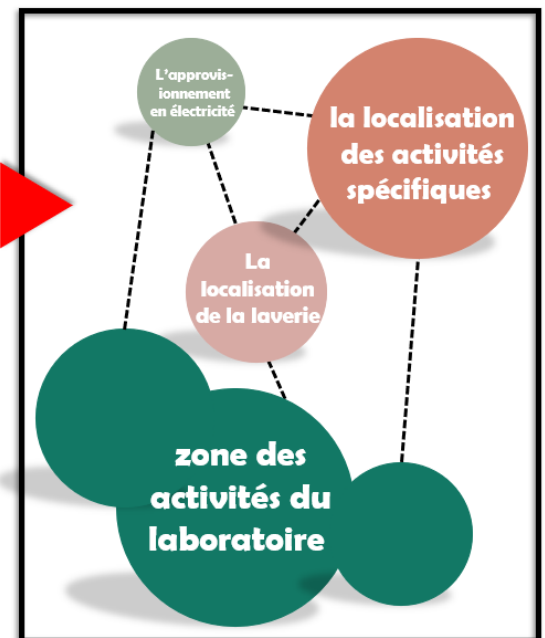


Figure 109 : Zoning fonctionnel d'un laboratoire
Source : Auteur

- Prévoir un isolement thermique par des murs en brique avec un isolat et les ouvertures en double vitrage (Le vitrage des baies participe au dispositif de protection solaire, et à faible émissivité).
- L'éclairage artificiel des laboratoires est assuré par des appareils de type fluorescent, afin d'éviter les zones d'ombres.
- Le niveau d'éclairément dans les zones de travail (paillasse) 500 lux.



- Les paillasses de laboratoire devraient être construites à partir de matériaux durables et faciles à désinfecter, tels que la céramique.
- Les murs en peinture brillante et lavable ou recouverts d'une matière qui puisse être lavée et désinfectée

- Le sol doit être insensible aux produits chimiques et contenir peu de joints, ainsi qu'un isolant électrique.
- Le sol doit être Imperméable à l'eau, Facile à nettoyer et à entretenir.



- Intégration d'un système de contrôle indépendant du débit d'air, de l'humidité, et la température approprié au type des essais par le chercheur.
- Il est nécessaire de prévoir une installation d'enlèvement et de traitement des déchets produits des laboratoires, séparée de ceux du reste du projet.
- Il peut être nécessaire de prévoir à proximité de l'emplacement de l'entité de recherche un poste de travail spécialement équipé pour effectuer la récupération et le transvasement de ces déchets, dans de bonnes conditions de sécurité.

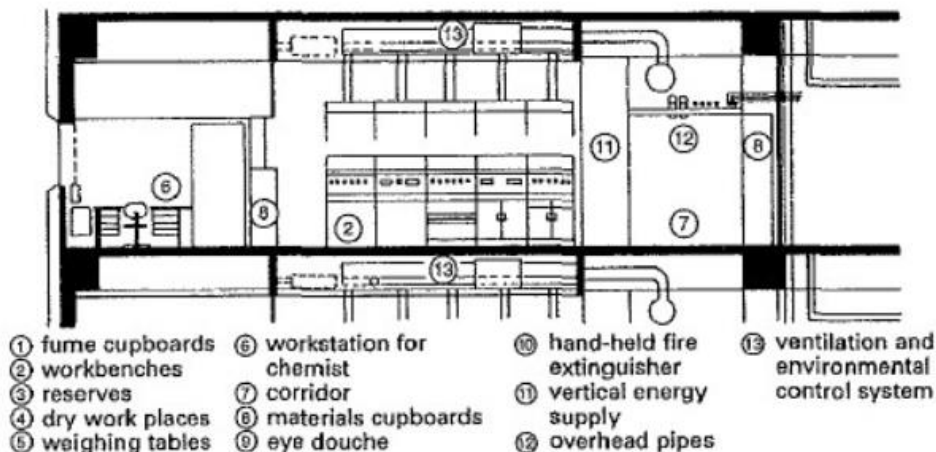


Figure 110 :

SYNTHESES :

✓ 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.

✓ Un programme spatial et fonctionnel optimal a été élaboré dans cette étude, prenant en compte les contraintes, les normes et les exigences des utilisateurs. Pour un objectif principal était de garantir le bon fonctionnement de l'incubateur des matériaux de construction innovants.

✓ L'intégration de nouveaux espaces qui sont dédiés à un projet d'incubateur tels que : Open-Space, un espace de Co-working, les boxes de travail VIP, ainsi que les espaces flexibles...

✓ L'adaptation des exigences de confort des espaces de ce programme dans un contexte chaud et aride nécessite l'intégration des stratégies et des solutions passives et environnementales.

V. CHAPITRE 04 : ETUDE CONTEXTUEL

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, on va faire une étude contextuelle et climatique de la ville de Ghardaïa qui va réceptionner notre projet.

Une étude approfondie du contexte s'impose avant l'élaboration de tout projet architectural, dans la vue d'une meilleure compréhension du milieu dans lequel il s'insère.

Afin de choisir un site d'intervention capable aux programmes et ses exigences, (selon le mode du développement et la nouvelle extension de la ville) qui présente un facteur important avant d'entamer la phase programmatique et conceptuelle, pour avoir la notion de durabilité et l'intégration environnementale.

Motivation du choix de la ville :

- La ville de Ghardaïa, l'une des importantes wilayas en Algérie, un joyau culturel et architectural classé par l'UNESCO sur la liste patrimoine universel de l'humanité depuis 1982.
- Sa proximité des champs d'hydrocarbures (Hassi R'mel et Hassi Messaoud), donne à Ghardaïa un rôle de centre de transit pour les travailleurs et des chercheurs.
- En outre, le M'Zab a aussi une vocation touristique et commerciale. L'ensemble de ces atouts, permet à Ghardaïa de jouer un rôle à dimension régionale.



V.1 Présentation générale de La ville Ghardaïa :

V.1.1 Situation géographique :

- La wilaya de Ghardaïa, située dans le centre du Sahara septentrionale (Région programme Sud / Est)

- La ville de Ghardaïa est le chef-lieu de la wilaya, située à 600 km au sud de la capitale. Elle assise sur une superficie de 24 395 km² (représentant 1.02 % de la superficie totale du territoire)

V.1.2 Situation astronomique :

- **Altitude** : 566 mètres.
- **Latitude** : 32° 29' 00" nord.
- **Longitude** : 3° 41' 00" Est.



Figure 111 : carte de situation administrative de la ville Ghardaïa

V.1.3 Les limites de la wilaya :

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km)
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km)
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (200 Km)
- Au Sud par la Wilaya de El Meniaa
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km)
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad (350 Km).

V.1.4 Les limites communales de la ville :

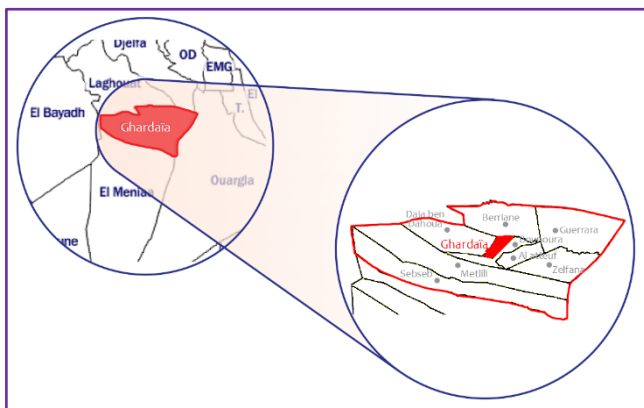


Figure 114 : Limites communales de la ville de Ghardaïa
Source : google image, Traité par l'Auteur

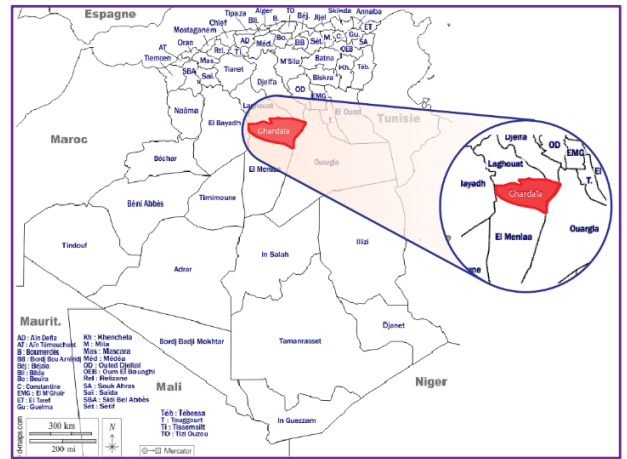


Figure 112 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa
Source : google image, traité par l'auteur

- Au Nord par la commune par Berriane.
- A l'Est par la commune par Zelfana.
- Au Sud par la commune par Mansoura.
- A l'Ouest par la commune par Metlili et Daya.

V.1.5 Accessibilité de la ville Ghardaïa :

La ville de Ghardaïa est considérée comme un trajectoire très important Nord-Sud, Par :

➤ Une Accessibilité routières :

La route Nationale 1 (RN1) : reliant la capitale Alger au sud passant par Ghardaïa.

Et un réseaux routiers diversifiés :

- CW 105 : relie Ghardaïa à El Atteuf.
- CW 147 : relie Ghardaïa à Daïa Ben Dahoua.
- CW 106 : relie Ghardaïa à Noumérat,

Et aussi les voies d'évitements.

➤ Une Accessibilité Aérienne :

Par un aéroport situé à 19 km au Sud-Est de la ville.



Figure 115 : Réseau voirie de la ville Ghardaïa
Source : Google maps, Traité par l'Auteur

V.2 Les Phases Historiques Du Développement De La Ville :

L'Evolution de l'agglomération de la vallée du M'Zab (Ghardaïa, Daïa ben Dahoua, Bounourra, El Atteuf) est passée par 3 phases principale :

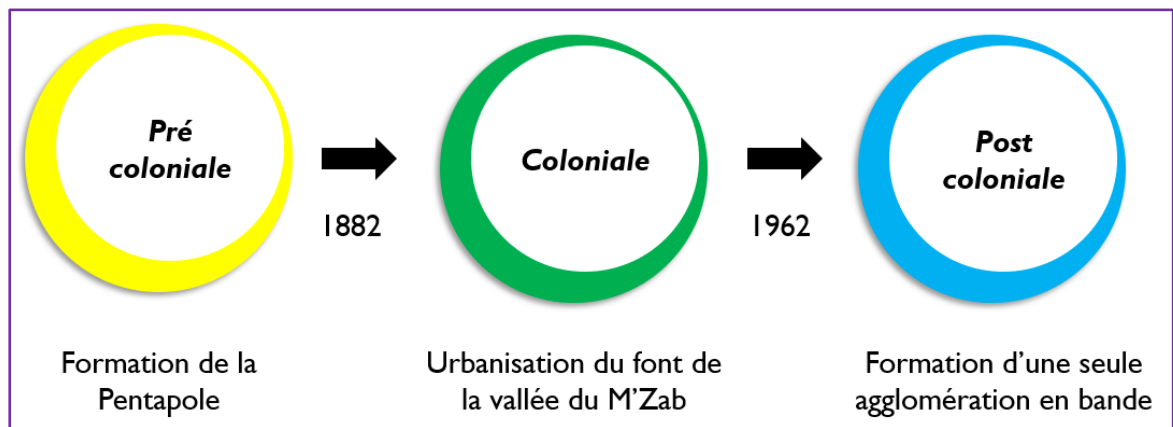


Figure 113 : schéma de l'évolution de l'agglomération du M'Zab
Source : L'Auteur

V.2.1 La formation de la pentapole :

La structure initiale implantée dans la vallée du M'Zab, se présente comme une multiplication successive d'un module. Celui-ci comprend deux éléments complémentaires, constituant le ksar (cité), très concentré et renfermé dans ses remparts, d'autre part, la palmeraie, espace d'agriculture doté d'un système complexe de puits et de structures hydrauliques.

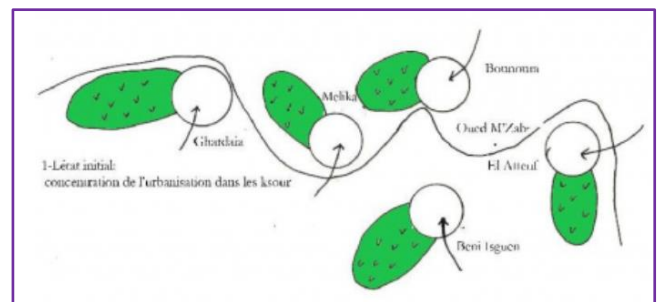


Figure 114 : la structure initiale de la vallée du M'Zab
Source :

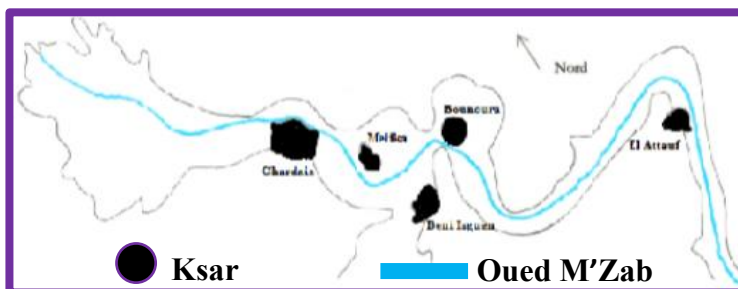


Figure 115 : Les Ksour et Oued M'Zab

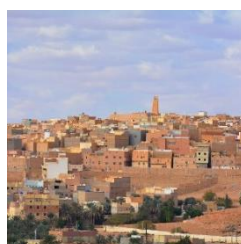
Il s'agit donc d'une reproduction de ce module cinq fois au long de l'oued

Ghardaïa (1053), → Melika (1124),
→ Ben isguen(1347), → Bounourra(1046),
→ El Atteuf(1012)

Ksar Ghardaïa



Ksar Melika



Ksar Ben isguen



Ksar Bounourra



Ksar El Atteuf



V.2.2 L'urbanisation du fond de la vallée :

L'action coloniale a commencé par une structuration permettant un meilleur contrôle du territoire. Il s'agit de la réalisation d'un réseau routier, qui comprend deux principaux axes. La route Est-Ouest, relie toutes les villes de la vallée et la voie Nord-Sud qui croise le premier axe, constitue une limite de côté Est du tissu ancien de la ville de Ghardaïa.

V.2.3 Une seule agglomération en bande :

L'urbanisation de la vallée déjà entamée en période coloniale, continue après l'indépendance avec un rythme accéléré. Le développement intense de tissu urbain, se fait principalement sur la ligne de croissance (l'axe de l'oued).

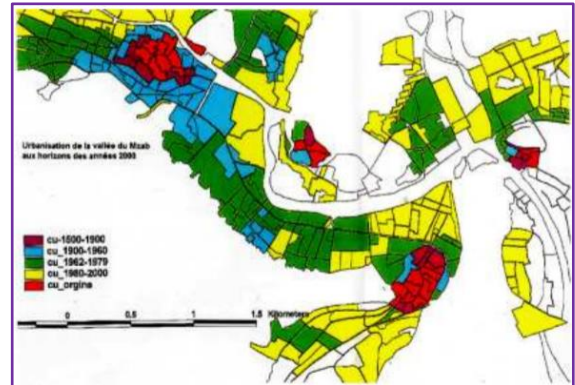


Figure 116 : Tissu Urbain pendant la période coloniale

V.2.4 Le tissu Urbain Actuel :

Et Ces dernières décennies la ville de Ghardaïa a connu une extension, plusieurs pôles sont créés en allant vers le Sud-Est. Tel que nouveau pôle universitaire.

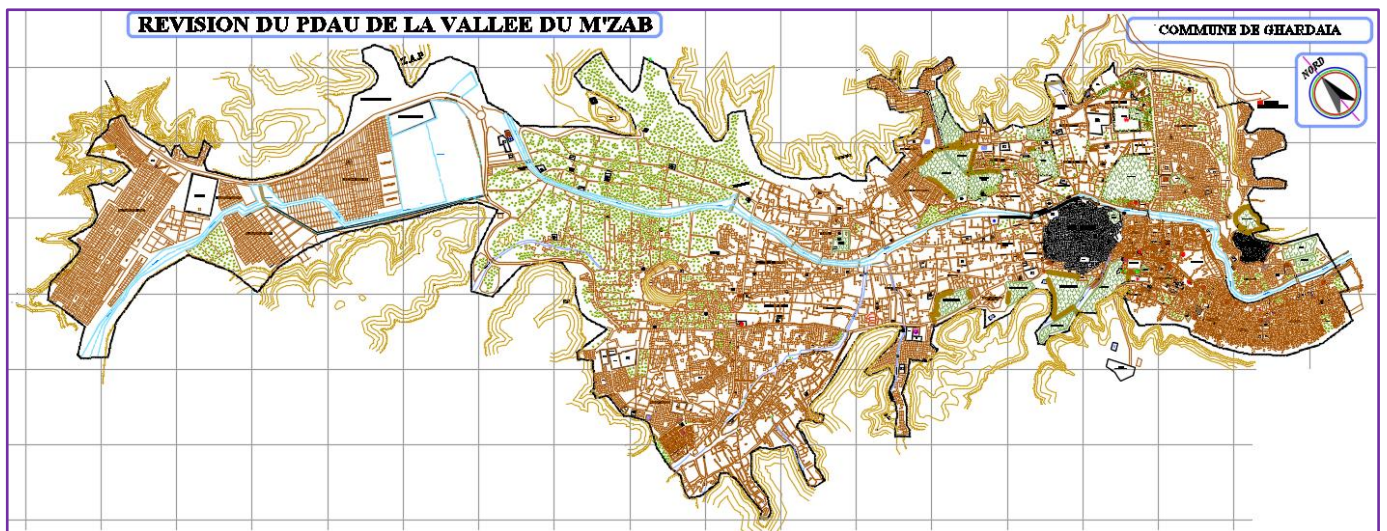


Figure 118 : PDAU de la ville de Ghardaïa

V.3 Le style architectural du contexte :

Voici quelques éléments architecturaux :

Patio a west el-dar :

-Une pièce centrale « ammas an tadart » en arabe « west-el-dar », perce zénithalement d'une ouverture assurant la double fonction d'éclairage et de ventilation -Elle protège du bruit et de la poussière.



L'Humidification :

Il semblerait que les habitants du Mزاب, pour pallier à la faible ou presque nulle teneur en eau de l'air, se soient servi, aujourd'hui encore d'outres en peau de chèvre suspendues à un crochet pendant les chauds mois de l'été L'eau contenue dans ces outres en contact avec l'air est rafraichie. Inversement. L'air au contact du récipient poreux se charge en humidité et circule dans la maison aucun autre système, à notre connaissance n'est utilisé pour l'humidification de l'air, ceci probablement à cause de la préciosité et de la rareté de l'eau



L'absence d'angles droits :

C'est l'une des caractéristiques distinctives de l'architecture de la région du M'Zab, à laquelle Ghardaïa appartient. Au lieu des angles droits typiques de nombreuses architectures, l'architecture de Ghardaïa privilégie les lignes courbes et les formes arrondies. Cette absence d'angles droits est liée à plusieurs facteurs culturels, religieux et climatiques, tels que :

- Adaptation au climat : L'absence d'angles droits permet de réduire la force des vents et facilite la circulation de l'air, créant ainsi une ventilation naturelle.

- Harmonie avec l'environnement : Les formes courbes et les lignes arrondies donnent une impression d'harmonie et de douceur, s'accordant avec les collines et les courbes naturelles du terrain.



Figure 119 : Vue aérienne sur la ville de Ghardaia
Source : generationvoyage.fr

Cette approche architecturale contribue à l'identité et au charme distinctif de la région du M'Zab.

V.4 LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA VILLE GHARDAÏA :

V.4.1 La zone climatique :

La ville de Ghardaïa, zone retenue dans cette étude, est classée dans la zone climatique d'été (E3) qui se caractérise par des étés très chauds et très secs. Et celle d'hiver (H3a), d'altitude comprise entre 500 et 1000 mètres, est caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour.

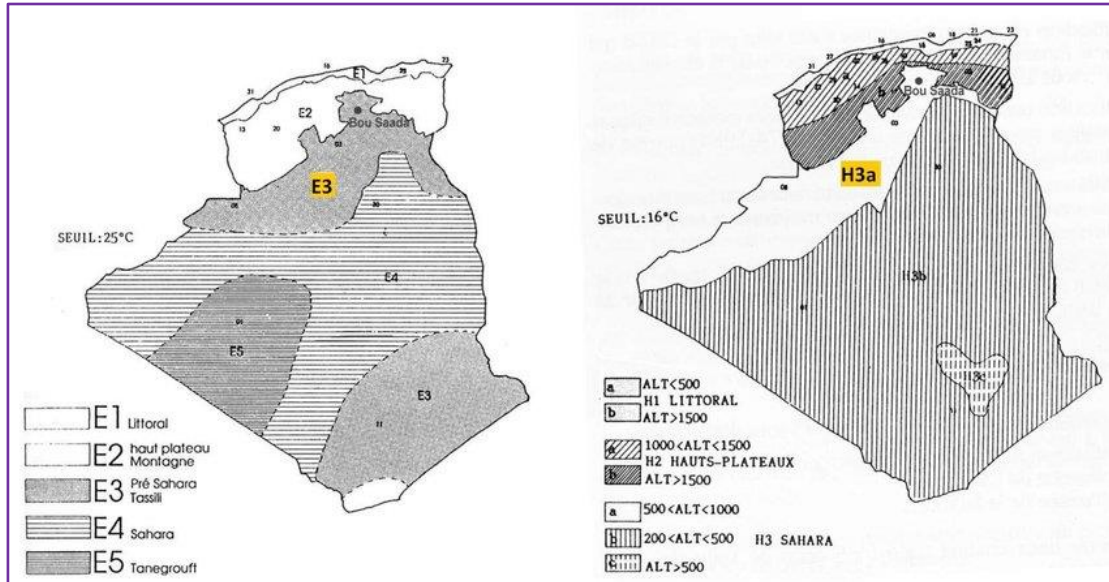


Figure 120 : Les zones climatiques en Algérie

Donc la ville de Ghardaïa, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe où l'inconfort est fortement ressenti.

V.4.2 Climatologie de Ghardaïa :

V.4.2.1 La température :

Le graphique montre la température annuelle (maximale, moyenne, et minimale) de la ville de Ghardaïa, en fonction d'une zone de confort déterminée du 20°C à 24°C.

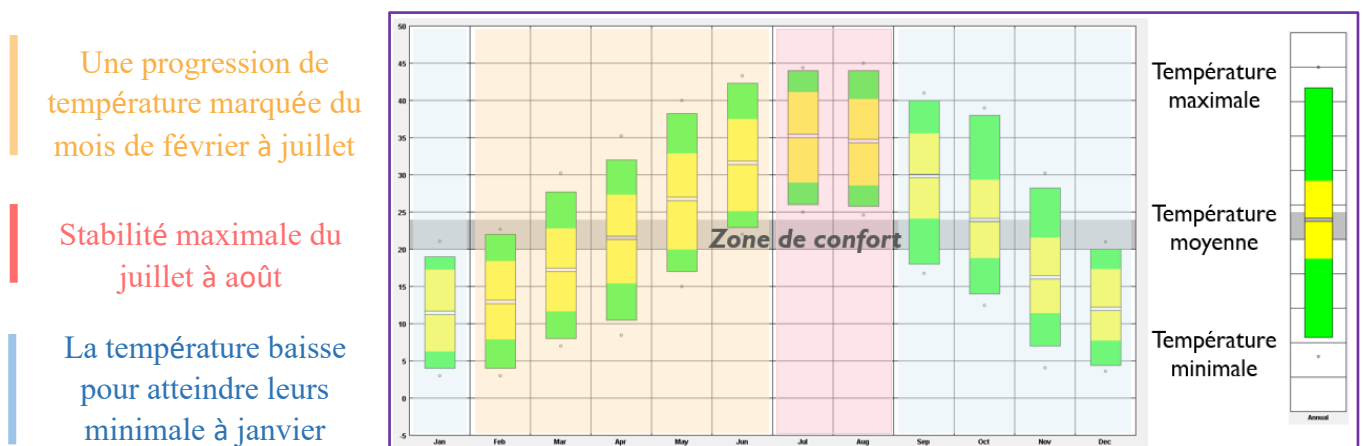


Figure 121 : Diagramme de température mensuelle-Ghardaïa-2007/2021

Source : Climate Consultant 6.0, traité par l'auteur.

- Une température torride qui touche le 46°C en mois de juillet et aout avec une moyenne de 36°C
- Un hiver doux avec température moyenne de 12°C et un minimum 2°C

NB

	Confort	Froid	Surchauffe
Période	4 mois Octobre, novembre et mars, avril	3 mois Du décembre au février	5 mois Du mai à septembre

V.4.2.2 Humidité Relative :

La figure ci-dessous présente le pourcentage d’humidité relative à Ghardaïa, annuel en fonction des mois, où on marque :

- Une humidité basse atteint 10% du mars jusqu’au mois d’octobre, et surtout pendant la période estivale.
- Un taux d’humidité jusqu’au 83% en décembre et janvier, en fonction du taux de précipitations (qui est de moyenne 2-6 mm)
- Donc le climat est très sèche

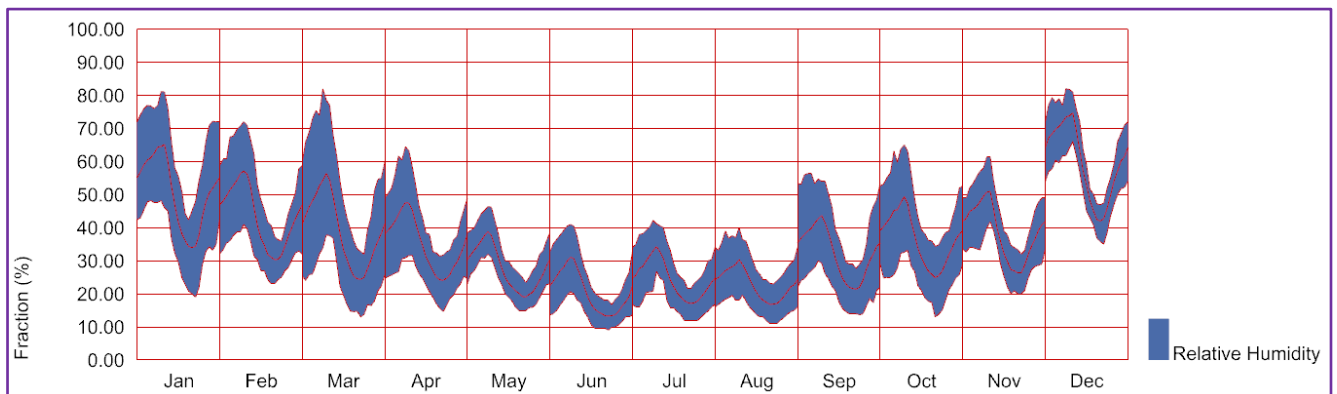


Figure 122 : Humidité relative de Ghardaïa 2007/2021
Source : Grasshopper + Ladybugtools

V.4.2.3 Précipitation :

Ghardaïa connaît une variation saisonnière minime en termes de fréquence des jours de précipitation (c'est-à-dire les jours connaissant une précipitation d'eau ou mesurée en eau supérieure à 1 millimètre). La fréquence varie de 1 % à 6 %, avec une valeur moyenne de 4 %.

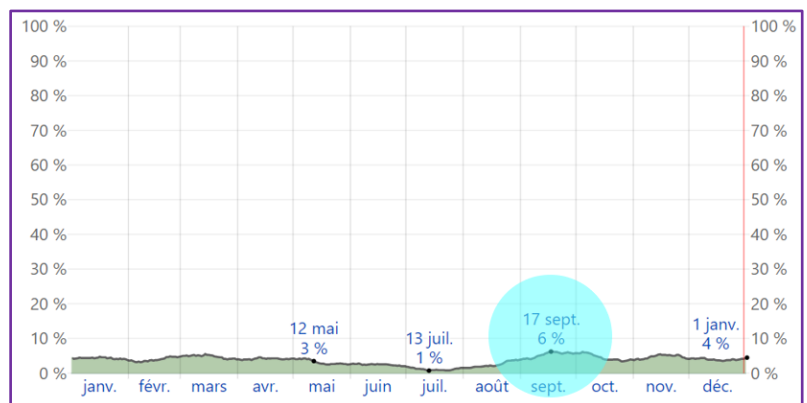


Figure 123 : la pluviométrie de Ghardaïa

- Le mois avec le plus grand nombre de jours est septembre, avec une moyenne de 1,6 jour.

NB

Il n'y pas besoin d'utiliser un système de récupération d'eau de pluie car il aura un faible rendement.
Intégration d'un microclimat (utilisation des arbres & des lacs d'eau) pour humidifier et rafraichir l'air

V.4.2.4 Les radiations solaires :

V.4.2.4.1 Radiation solaire globale :

- Un maximum de radiation solaire directe sur les surface -verticales/horizontales- (jusqu'au 1000 Wh/m²) en mois hivernale (du novembre à février)
- Une moyenne de 800 Wh/m² du mai à octobre.

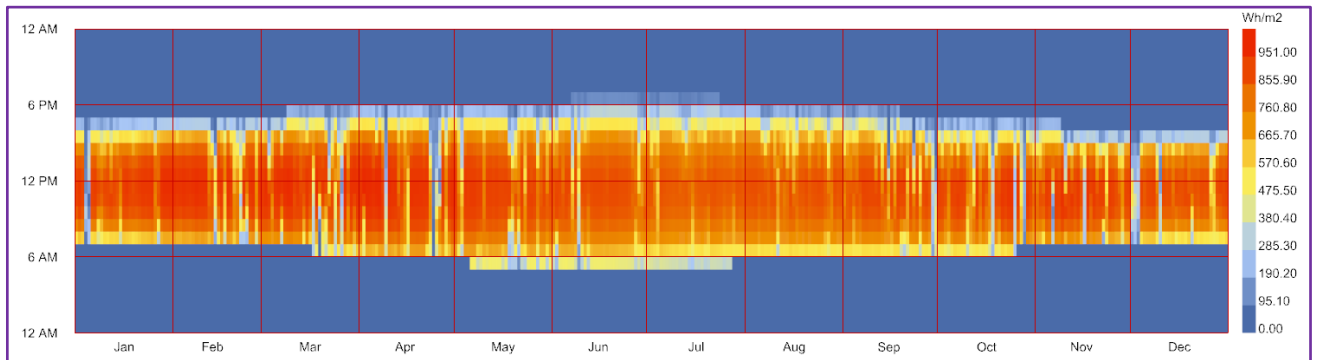


Figure 124 : Radiation solaire globale de la ville Ghardaïa
Source : Grasshopper + Ladybugtools

V.4.2.4.2 Sur les surfaces horizontales :

Les radiations solaires sont présentées en Wh/m², en fonction des mois ; on distingue :

- Les radiations solaires directes sur une surface horizontale dépassent 1000 Wh/m² (du mai à Aout)
- Une moyenne de 500 Wh/m² du 15 novembre à 15 février.

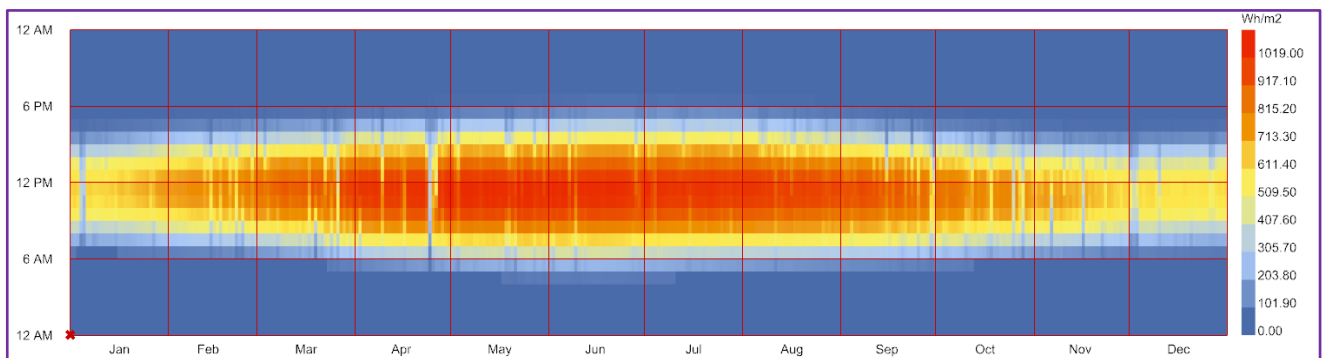


Figure 125 : Les radiations solaires sur plan horizontale de la ville Ghardaïa
Source : Grasshopper + Ladybugtools

NB

- Les valeurs de radiation solaire directe sur une surface verticale ou horizontale du bâtiment; en une influence directe avec latitude du soleil et des saisons
- Capter les radiation solaire en hiver par des systèmes intégrés sur les surfaces verticales orientées au sud (un chauffage passif)
- Protection des surfaces horizontales pendant la période estivale pour minimiser l'exposition directe aux radiations solaires

V.4.2.5 Type du ciel :

Le type du ciel est présenté en pourcentage moyen mensuel, qui connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année

On peut distinguer que :

- ✓ La période *la plus dégagée* de l'année à Ghardaïa commence du juin à aout (ne dépasse pas 20 %)
- ✓ La période *la plus nuageuse* de l'année est septembre et octobre, durant lequel le ciel est *couvert en 80 %*
- ✓ Du novembre à mai, le ciel est partiellement nuageux par une moyenne de 20 à 30 %.

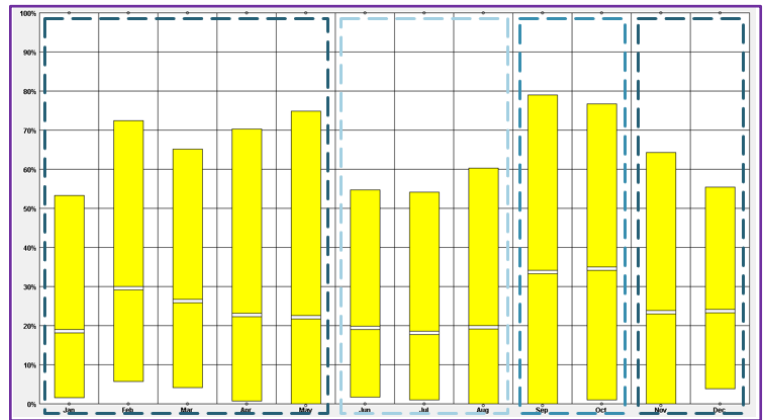


Figure 126 : Type de ciel de la ville de Ghardaïa
Source : Climate consultant 0.6

V.4.2.6 L'éclairément :

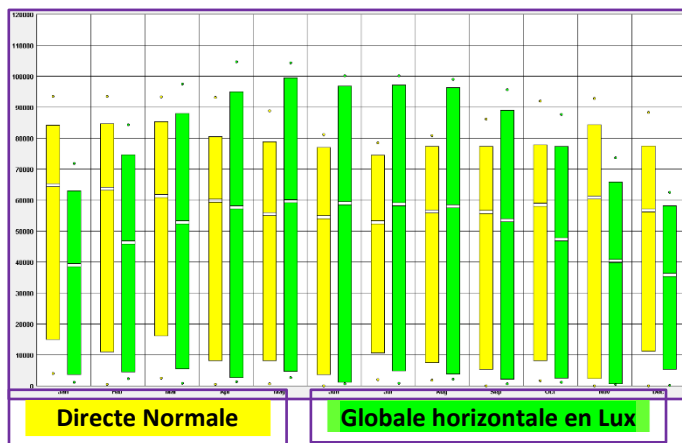


Figure 127 : L'éclairément mensuel de Ghardaïa
Source : Climate consultant 0.6

- ✓ La présentation graphique présente la moyenne mensuelle de la quantité de lumière captée, en LUX, qui a une influence directe par type de ciel, par moment de l'année, et par heure.
- ✓ La lumière est composée de lumière directe du soleil, et de lumière diffusée du ciel, pour donner le globale horizontale.
- ✓ Un éclairément élevé qui peut atteint le maximum (100 000 Lux) d'avril à aout.

V.4.2.7 L'Ensoleillement :

La longueur du jour à Ghardaïa varie considérablement au cours de l'année. En 2022, le jour le plus court est le 21 décembre, avec 10 heures et 1 minute de jour ; le jour le plus long est le 21 juin, avec 14 heures et 17 minutes de jour.

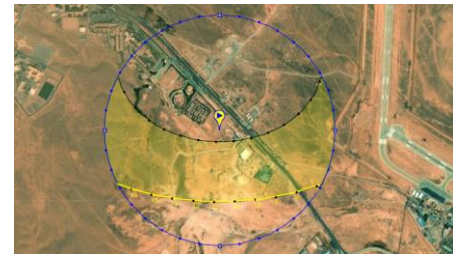
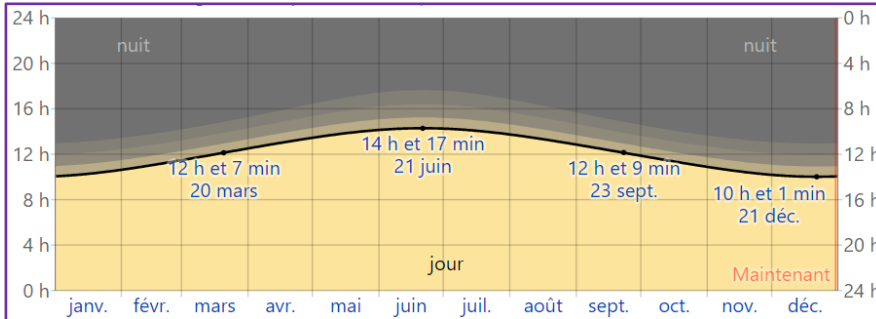


Figure 128 : L'ensoleillement mensuel de Ghardaïa

V.4.2.8 La rose des vents :

La présentation graphique dans la figure, montre la température et la vitesse des vents à la ville de Ghardaïa annuelle ; on observe :

- ✓ Un mouvement des vents dominants (pendant 285 jours) du Nord-est, avec une vitesse importante jusqu'au 14 m/s.
- ✓ 23,31% de l'année (environ 1990 h) souffle des vents calmes (de 0.3 à 1.4 m/s).
- ✓ Les vents de sable violents du Sud-Ouest interviennent durant 20 jours par an surtout en mars, avril et mai.

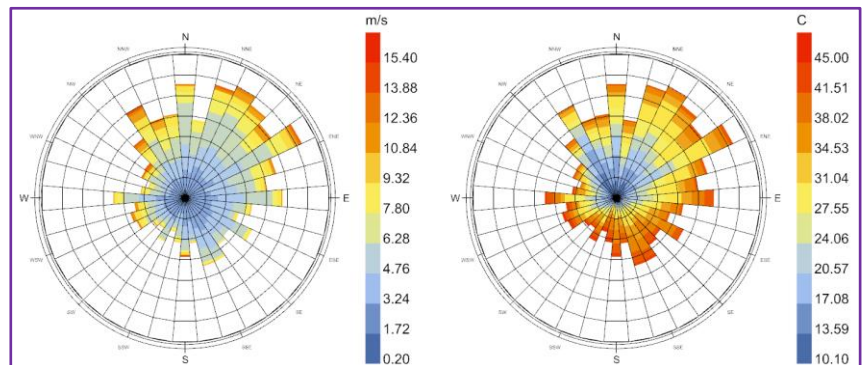


Figure 129 : La rose des vents de la ville Ghardaïa
Source : Grasshopper + Ladybugtools

V.4.2.8.1 La période estivale :

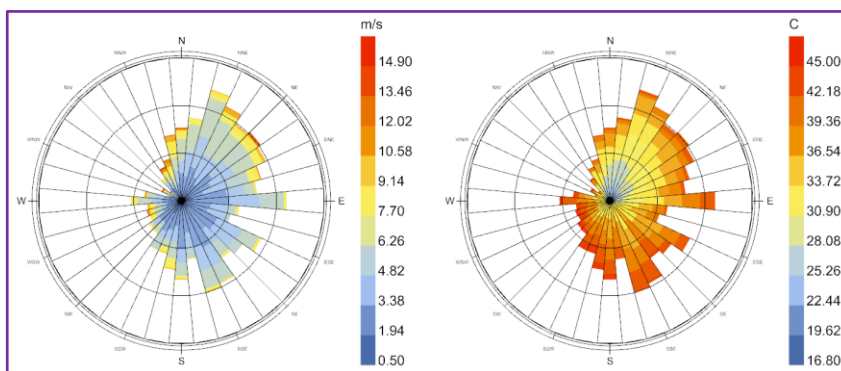


Figure 130 : La rose des vents pendant période estivale
Source : Grasshopper + Ladybugtools

Pendant la période estivale, on distingue :

- ✓ Des vents dominants sirocco (chaud et sec) d'origine désertique avec une température jusqu'au 45°C, venant du sud-Est.

V.4.2.8.2 La période hivernale :

Pendant la période hivernale :

- ✓ Des vents froids d'une baisse température de 25°C, venant du Nord-Est

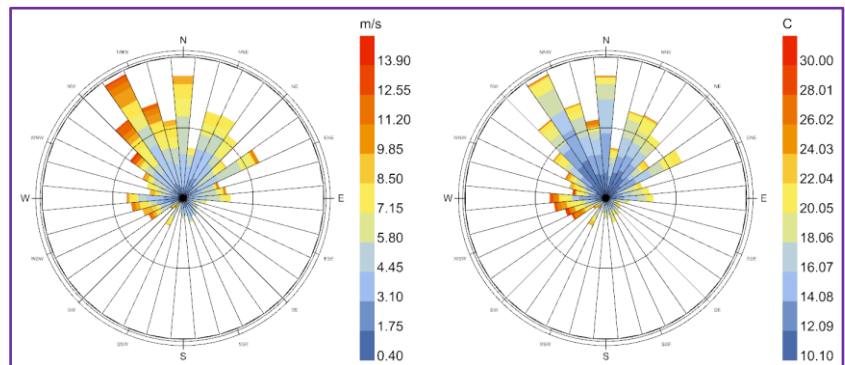


Figure 131 : La rose des vents pendant période hivernale
Source : Grasshopper + Ladybugtools

NB

Exploitation du vent pour une ventilation naturelle
L'utilisation des arbres pour filtrer le vent de sable
Créez un lac d'eau artificielle pour refroidir les vents chauds du Sud-est

V.4.2.9 La Température Extérieure UTCI :

Le diagramme présente le confort extérieur annuelle dans la ville de Ghardaia, en fonction des heures, où on peut distinguer :

- ✓ Une période remarquable de la forte chaleur ressentie à l'extérieur pendant la majorité de la journée du mois de mai jusqu'au octobre.
- ✓ Le confort extérieur est atteint pendant la journée (du 10h du matin à 7h du soir) du mois de décembre au mars et pendant les nuits d'avril à octobre.

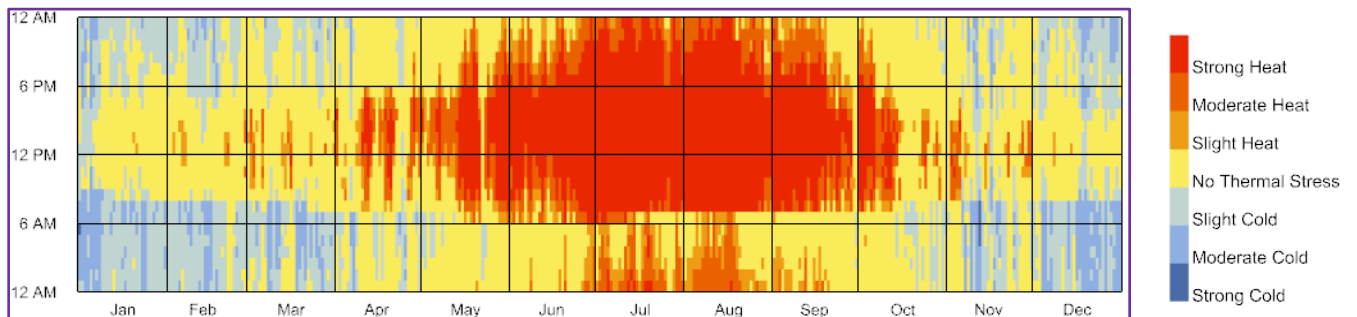


Figure 132 : La température extérieure UTCI de la ville de Ghardaia
Source : Grasshopper + Ladybugtools

V.4.2.10 Le diagramme psychrométrique :

Le diagramme psychrométrique de Givoni détermine les besoins du confort thermique à la ville de Ghardaïa, afin d'établir des solutions conceptuelles adéquates, pour rattraper les Conditions de confort.

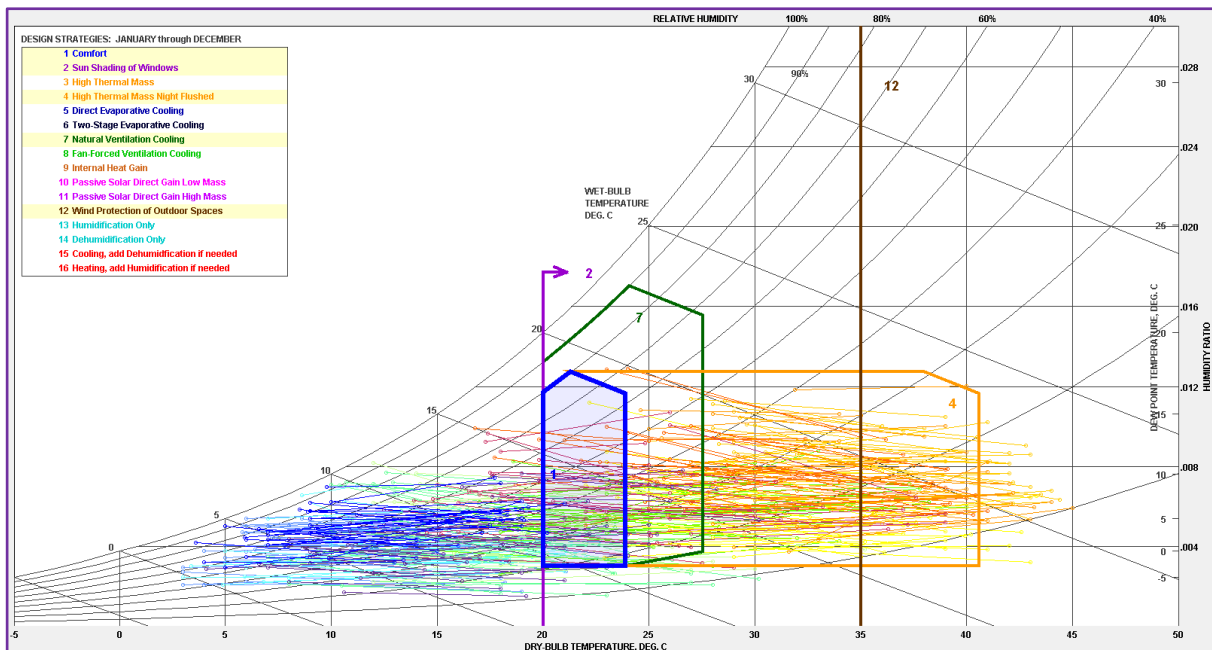


Figure 133 : Le diagramme psychrométrique de la ville Ghardaïa
 Source : Climate consultant 0.6

Lecture du diagramme :

D'après le diagramme psychrométrique établi pour la ville de Ghardaia on a constaté que :

- La zone de confort est déterminée de (20°C à 28°C) avec une humidité de (20 à 80 %) qui est assurée naturellement pendant juste les 37 jours de l'année.
- 6 mois de l'année situent dans la zone de surchauffe qui fait appel à un système de refroidissement.
- Un mois de surchauffe où le confort est atteint avec une simple ventilation naturelle.
- 3 mois de l'année (du décembre à février) situent dans la zone de sous-chauffe qui nécessite un système de chauffage.
- La période de confort avril, mai, mi-septembre, et novembre (Comprise entre 18°C et 25°C), assuré par l'enveloppe.

V.5 PRESENTATION ET ANALYSE DU SITE D'INTERVENTION :

INTRODUCTION

La ville de GHARDAÏA connut une action d'extension vers le nord et le sud de la ville, et faible au niveau du centre-ville mais pour réaliser un projet d'Incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants, durable il faut choisir un site dans un contexte accessible, et à proximité des équipements scientifiques et de recherche, pour intégrer le projet du point de la vue spatiale, fonctionnel, et Sociale.

V.5.1 Analyse du site :

V.5.1.1 Motivation du choix du site : Le site est :

- Situé à proximité des équipements scientifiques (Université de GHARDAÏA), et de recherche (Centre de recherche des énergies renouvelables).
- Accessibilité par la route Nationale (RN1), du transport commun, et de l'aéroport qui est à 1 km.
- Un flux de transport commun.

V.5.1.2 Situation du site :

Le site se situe dans l'extension Sud- Est de la ville Ghardaia - à 15 km - et dans la partie Nord de la ville Noumerat - à 3 km -

Le site est à proximité d'un environnement scientifique et de recherche (de fonction similaire du projet). Et à une distance de 9 km de La Société Epic pépinière d'entreprises incubateur Ghardaïa pour activités commerciales.

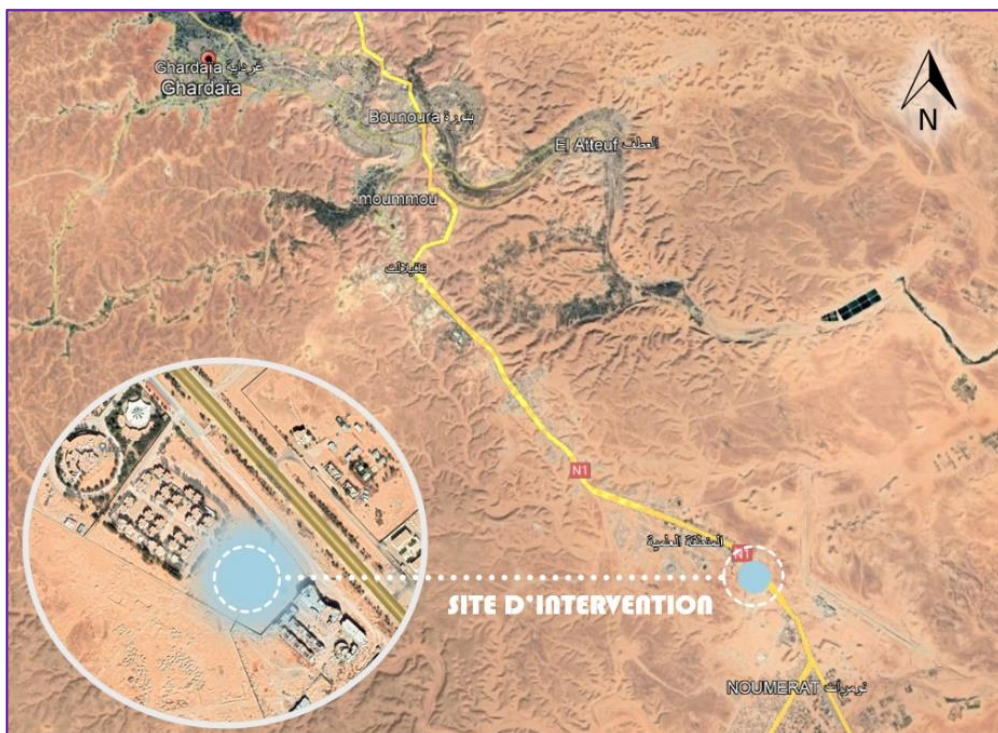


Figure 134 : Situation du site d'intervention
Source : Google Earth, Traité par l'auteur

V.5.1.3 Accessibilité et flux :

- Le site est accessible par un réseau routier venu de la ville Ghardaia, au milieu universitaire, et à la ville Noumérat par :





-  Route nationale RN1 – avec :
-  Un flux fort
-  Voie Secondaire – avec :
-  Un flux moyen



Figure 135 : Accessibilité et flux au site d'intervention
Source : Google Earth, Traité par l'Auteur

V.5.1.4 Voisinages et environnement immédiat :

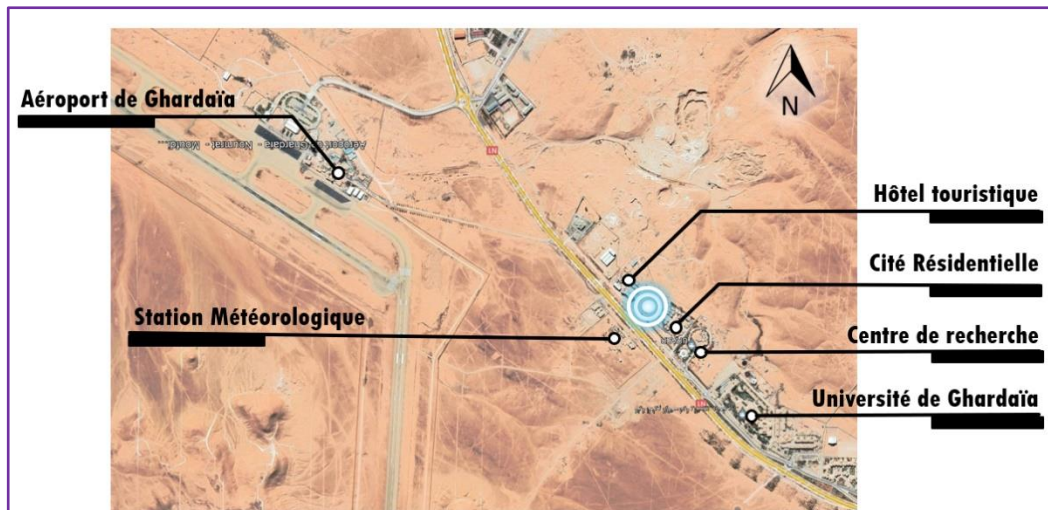


Figure 137 : Voisinages du site d'intervention
Source : Google Earth, Traité par l'Auteur

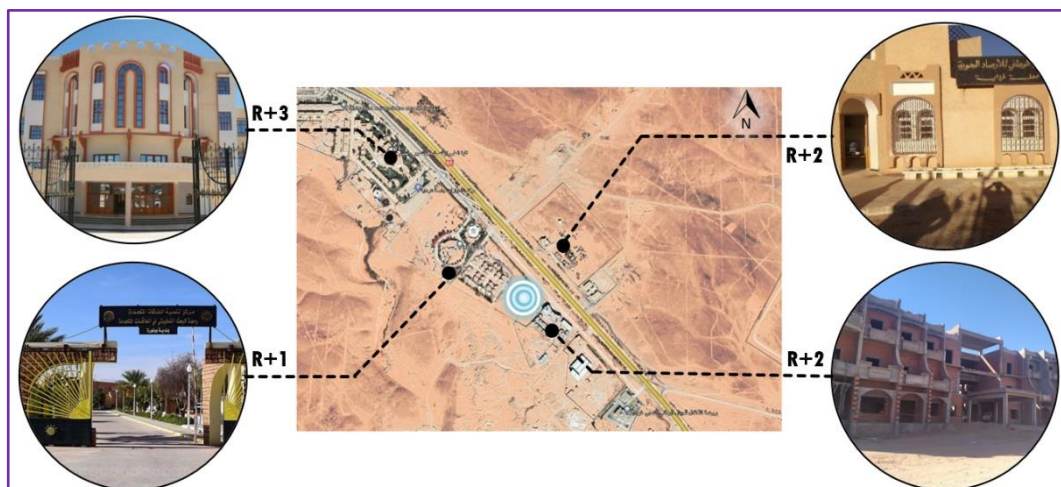


Figure 136 : Gabarits du voisinage de site d'intervention
Source : Google Earth+Google image, traité par l'auteur

V.5.1.5 Morphologie du terrain :

V.5.1.5.1 Délimitation du terrain :

- Le terrain a une forme irrégulière, d'une surface de 12 975 m², et un Périmètre de 460 m.

V.5.1.5.2 Topographie du terrain :

- Le terrain est relativement plat, avec une différence de niveaux ne dépasse pas les 2 m, sur l'axe nord-ouest / sud-est et l'axe.

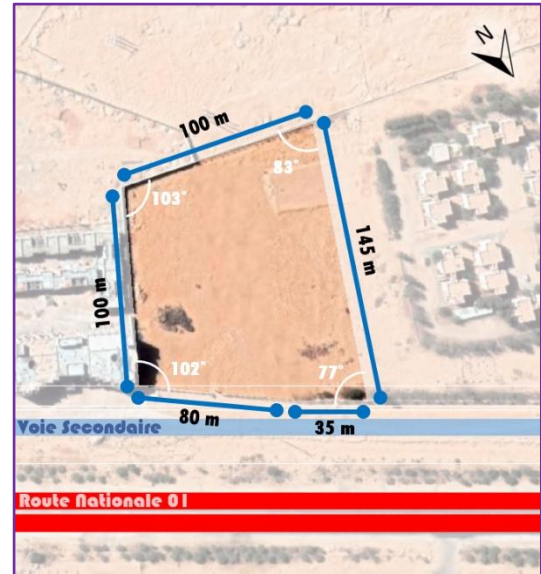


Figure 138 : Les dimensions du site d'intervention
Source : Google Earth

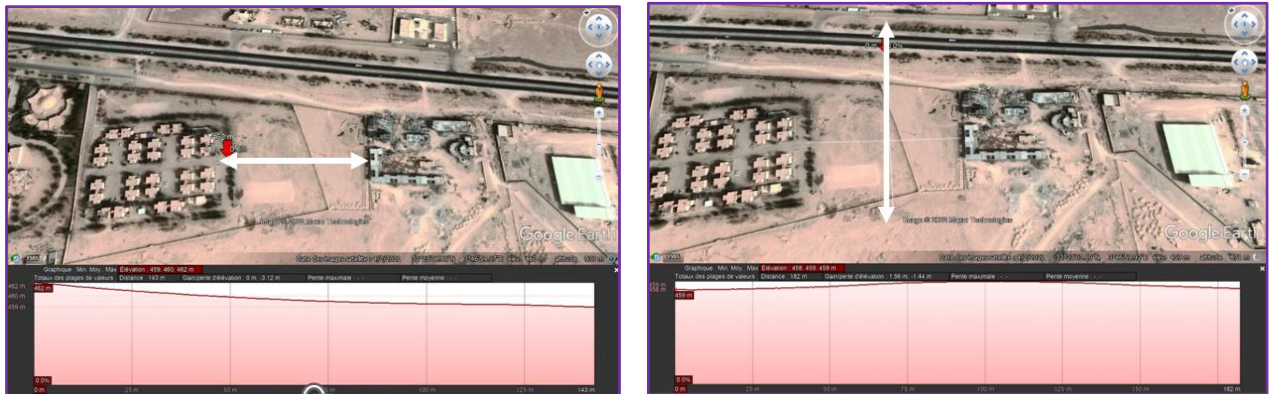


Figure 139 : La topographie de terrain.
Source : Google Earth.

V.5.1.6 Données climatiques du terrain :

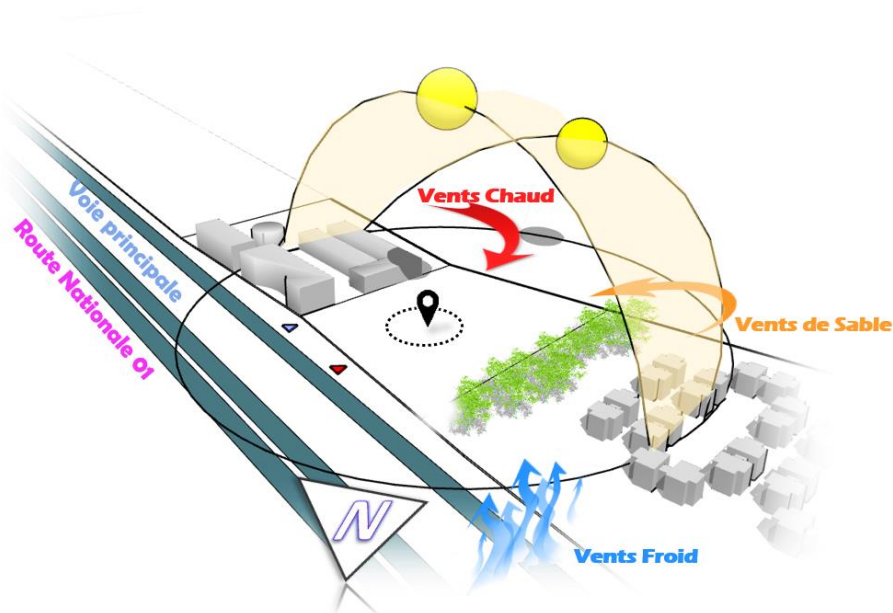


Figure 140 : Les données climatique du site
Source ; Auteur

Synthèses :

D'après la lecture contextuelle de la ville de Ghardaia, l'analyse climatique, et l'analyse du site d'intervention, on peut conclure que notre projet doit répondre aux exigences suivantes :

1- De l'analyse contextuelle :

-Intégration des éléments architecturaux qui allient la durabilité et l'identité locale (tels que : Les puits de lumière / Sous-sol / les cours-patio-) dans la conception du projet, comme des solutions environnementales des conditions climatiques.

-Utilisation des ouvertures supérieures permet d'évacuer l'air chaud pour assurer une bonne qualité d'air intérieur.

-Une forme compacte dynamique pour fournir l'ombre et réduire l'exposition des surfaces au soleil.

-Utilisation des couleurs claires pour refléter les rayons solaires.

2- Du l'analyse climatique :

-La durée la plus longue de l'année (d'avril à septembre) c'est la saison estivale, donc on travaille par la stratégie de refroidissement.

-Décembre-janvier-février une température entre 2 et 18 °C, la période de chauffage

-Orientation Nord-Sud pour bénéficier des rayons solaires, avec une protection pendant l'été.

-Un rayonnement solaire intense qui peut être exploité pour l'éclairage naturel, la production d'énergie, et pour un système de chauffage.

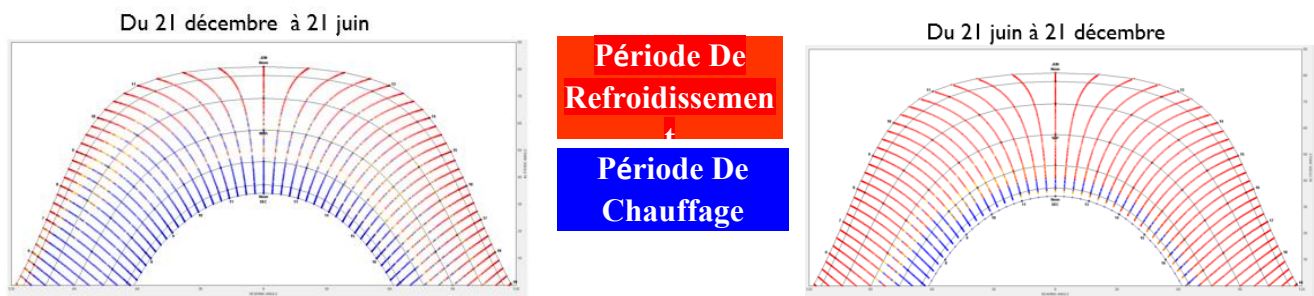
-Utilisation des éléments végétaux et des points d'eau pour refroidir les vents chauds du Sud-Est.

-La forme curviligne et arrondie pour atténuer, diminuer et distribuer la vitesse des vents.

-Intégration d'un système de ventilation assuré par le microclimat créé dans les atriums, patio, et cadre non bâti.

-Utilisation des matériaux durables de grande inertie thermique, tels que les matériaux innovants

-Utilisation de vitrage de bonne performance thermique.



2- Du l'analyse du site :

- Le site situé sur l'axe de l'université et Proche de la route nationale N°1, une situation idéale pour concevoir un projet d'incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants.

-Placez le bâtiment dans une position permet d'éviter le bruit de la route nationale N01.

-Orientation de la façade principale du projet selon l'axe de la voie mécanique pour créer un bon angle de vision.

-Positionnez l'entrée principale selon le flux piéton important, et un accès mécanique de la voie secondaire.

-Clôturez le projet par des végétations pour le séparer des voisinages, avec une clôture renforcée du côté de l'habitation.

VI. CHAPITRE 05 : ETUDE CONCEPTUEL

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons présenter et expliquer les différents principes et processus de la conceptualisation et la formalisation de notre projet, en tenant compte de toutes les synthèses et recommandations des chapitres précédents, afin de concevoir un projet intégré dans son environnement, avec une symbiose entre la forme, la fonction, la structure et la qualité architecturale ...

VI.1 Principes & concepts :

VI.1.1 Liés au thème :

- **Dynamisme et fluidité** : Ce concepts est assuré par les formes curvilignes, qui permet une meilleure intégration de l'incubateur avec son environnement de climat chaud et aride. Ces formes peuvent être intégrée à la disposition des espaces intérieurs, qui peuvent être utilisés pour créer un sentiment de mouvement et de fluidité des occupants....
- **Transparence & légèreté** : c'est un concept clé qui peut être intégré à la conception architecturale, par L'utilisation de matériaux transparents tels que le verre qui permet de favoriser l'éclairage naturelle et les vues extérieures, ainsi que de créer une sensation d'ouverture et de connectivité.
- **Flexibilité** : L'incubateur doit être conçu pour être flexible et adaptable aux besoins changeants des startups et des entrepreneurs qui travaillent. Les espaces intérieurs devraient permettre une configuration facilement modifiable, par exemple la création des espaces flexible et l'utilisation des éléments de séparation amovible.
- **Innovation** : la conception de notre l'incubateur doit refléter l'innovation et créativité et l'originalité. Des formes et des espaces uniques peuvent être explorés, utilisant des matériaux de construction innovants pour qu'ils soient distinctives et inspirantes.
- **Collaboration** : L'incubateur doit favoriser la collaboration et l'échange d'idées entre les startups et les entrepreneurs. Cela peut être réalisé en créant des espaces de travail ouverts et flexibles, en intégrant des zones de contacte informelles, des zones de détente et des espaces de Co-working.
- **Évolution et développement** : L'incubateur doit être conçu pour exprimer la fonction de la croissance de l'incubateur et des start-ups. Qui peut être prévu par les hauteurs des étages de notre projet.
- Monumentalité, symbolisme, et technologie.

VI.1.2 Liés au programme :

- **La fonctionnalité** : La conception architecturale doit garantir une disposition adéquate des différentes entités de l'incubateur selon leurs fonctions et de leurs utilisateurs, en favorisant des relations harmonieuses et une continuité entre ces entités.
- **La hiérarchie** : une hiérarchisation des espaces nécessaire, selon les usagers (public, employés ou personnel), la fonction (primaires ou secondaires), et selon les exigences (calme ou bruyantes), afin de répondre aux besoins spécifiques de chaque groupe et de créer des environnements adaptés.

- **Accès et Parcours** : implique que les espaces doivent être ouverts et accessibles aux occupants, leur permettant de circuler facilement d'un point à un autre à travers des accès bien définis et visibles. Cela favorise la fluidité au sein du projet, tout en facilitant l'orientation des différents espaces.
- **La polyvalence** : se réfère à la capacité d'un espace à accueillir différentes activités, visant à maximiser l'efficacité et à offrir une gamme d'utilisations variées. Qui permet d'adapter facilement les espaces en fonction des besoins changeants...

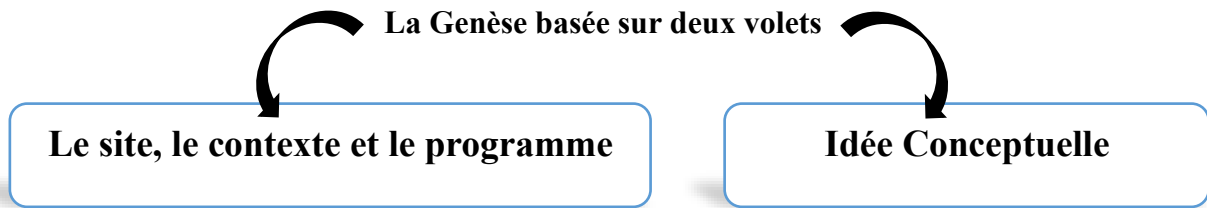
VI.1.3 Liés au contexte :

- **L'implantation** : implanter le projet au milieu du terrain offre la possibilité de la protection du projet, par des solutions passives telles que la végétation et les points d'eau ... Cette position stratégique permet d'exploiter les éléments naturels face aux conditions climatiques indésirables.
- **Occupation du terrain** : favoriser le principe de rationalité d'occupation du terrain, l'objectif est d'optimiser la surface bâtie tout en valorisant l'espace non bâti. Donc, on a choisi de distribuer les espaces et les entités en verticalité.
- **Compacité** : Une forme compacte -mono blocs- pour minimiser les déperditions énergétiques.
- **Orientaion** : Orienter les blocs selon l'axe Est-Ouest pour profiter de la grande façade sud et Nord.
- **Ombrae** : Création des éléments d'ombrage (différence de gabarits, toitures, brises solaires) afin de réduire les apports solaires.
- **La végétation** : Pour le cadre non bâti, des végétation locales et adaptatifs au climat chaud et aride pour but de créer un microclimat confortable.
- **Atriums et patio** : Un système passif de ventilation et qui bénéficié la lumière naturelle
- **Energie renouvelable** : profiter des potentialités naturelles du climat de la ville Ghardaïa (gisement solaire, géothermie)

VI.1.4 Liés au durabilité et environnement :

- **Efficacité énergétique** : Les bâtiments durables sont conçus pour minimiser la consommation d'énergie. Cela peut être réalisé grâce à l'isolation thermique, l'utilisation des vitrages à haut rendement énergétique, et l'installation de systèmes de CVC efficaces.
- **Gestion intelligente de l'énergie** : Par l'intégration des systèmes de gestion de l'énergie avancés pour surveiller, contrôler et optimiser la consommation énergétique, par l'utilisation de capteurs pour réguler l'éclairage et le chauffage en fonction de la présence des occupants.
- **Matériaux durables** : un bâtiment durable privilégie l'utilisation des matériaux durables et innovants, recyclés et à faible impact environnemental.
- **Le Bien-être** : La conception durable d'un projet doit prendre en compte le bien-être de ses occupants, en assurant un bon éclairage naturel, un renouvellement d'air suffisants, et une température intérieure confortable, ainsi que la végétation et les espaces de détente, pour favoriser le bien-être physique et mental.
- **La végétation** : une solution durable pour la création d'un microclimat donc d'assurer le confort et une bonne qualité d'air intérieur.

VI.2 GENESE DU PROJET :



VI.2.1 L'idée d'inspiration du projet :

VI.2.1.1 Rappel au donnés climatique du site :

VI.2.1.1.1 Etat de lieu du site :

Notre site d'intervention, est situé sur l'alignement de la route Nationale 01, à proximité des équipement scientifiques tels que le pôle universitaire de la ville de Ghardaïa, un centre de recherche, Station météorologique.

Le site a une façade donnant vers la voie mécanique principale, avec une surface de 12 720 m².

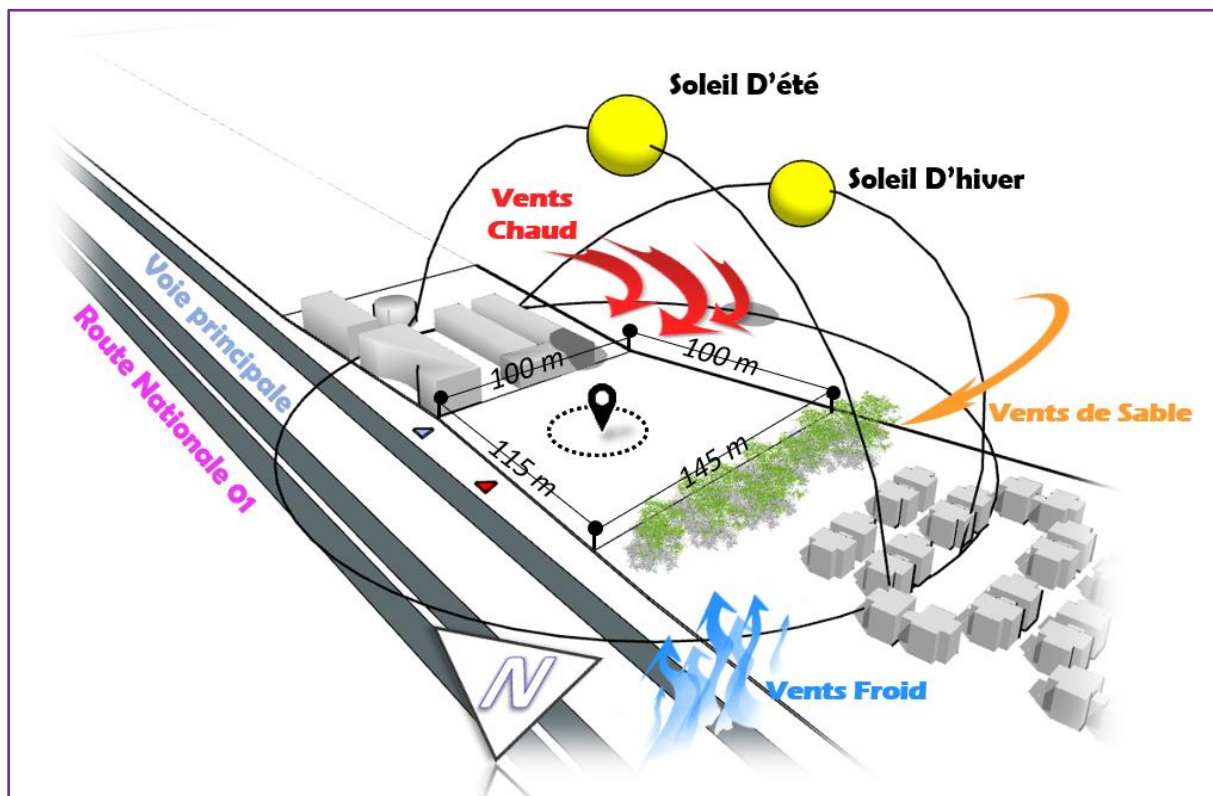


Figure 141 : état de Lieu du site d'intervention
Source : Auteur

VI.2.1.2 Idée primaire :

On va concevoir un incubateur d'entreprise des matériaux de constructions innovants à la ville de Ghardaïa, en tenant compte les conclusions découlent de la phase précédente et aussi les exigences de notre terrain.

On a choisi d'inspirer l'idée de conception du projet, de trois thèmes de base qui servent à présenter le parcours de la création d'une entreprise innovante, dès les premières idées des chercheurs au création et augmentation des start-Up.



Figure 142 : Schéma de l'idée primaire du projet
Source : l'auteur

Créativité & Innovation

1. La source de la créativité (le chercheur) :

Notre incubateur est spécialisé dans le domaine des matériaux de construction innovants.

L'innovation et la créativité est la capacité d'imaginer et de mettre en œuvre un concept neuf, un nouvel objet ou de découvrir une solution originale.

... Et c'est le produit d'un outil qui permet la faire et qui a cette capacité, c'est **le cerveau**.

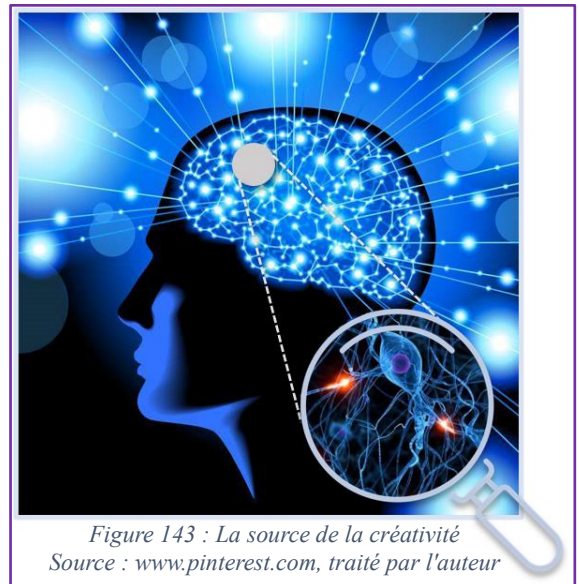


Figure 143 : La source de la créativité
Source : www.pinterest.com, traité par l'auteur

- Le cerveau présente le centre de contrôle, composé de plusieurs parties qui accomplissent les différentes tâches, formant un réseau complexe d'un ensemble des cellules neurones (l'unité de travail de base du cerveau).
- Notre première idée de formalisation du projet tourne autour de cette réflexion, elle est inspirée des cellules du cerveau.

Formalisation de la métaphore et idée mentale

Le digramme de “Voronoi”

Le diagramme de Voronoï porte le nom de Georgy Voronoy et est également appelé une tessellation de Voronoï, une décomposition de Voronoï, une partition de Voronoï

Le diagramme de Voronoï est un système qui divise l'espace en sous-espaces de manière organique. Le diagramme utilise des points pour créer des cellules qui entourent ces points. Développé par **Gueorgui Feodossievitch Voronoï**, un mathématicien Russe, pendant le début du 20^{ème} siècle.

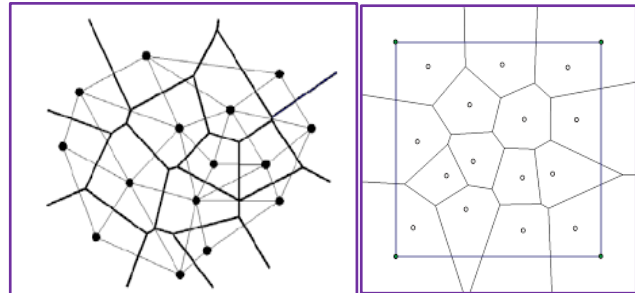


Figure 144 : Diagramme de Voronoï
Source : www.researchgate.net

2. La résultat de la créativité (matériau innovant) :

- Aujourd'hui, l'ingéniering ne peut ni concevoir ni construire sans tenir compte de la maîtrise des matériaux car ce sont leurs propriétés qui limitent très souvent les performances des objets et des équipements.
- Les propriétés des matériaux sont définies par la nature des liaisons chimiques, des molécules et la microstructure., qui s'occupe des procédés de fabrication, de transformation et de mise à forme.
- Donc Une molécule est une structure de base de la matière.



Figure 145: Matériaux et molécules
Source : www.pinterest.com, Traité par l'auteur



Travail En groupe

- L'un des objectifs et des principes de création de Start-Up dans un incubateur, pour Encourager le travail collaboratif et réunir des personnes aux compétences diverses et complémentaires, et favorisant l'échange d'idées, le partage des connaissances, Ainsi que de développer l'intelligence collective...
- Donc Suivant le diagramme de Voronoï : on va choisir le mode d'occupation par plusieurs polygones de Voronoï afin de présenter l'idée du travail en groupe...
- Le nombre des polygones choisi est en nombre de sept (07), comme un rappel au contexte de la ville de Ghardaïa est connu par ses sept Ksour, qui présentent un repère et un patrimoine local, régional, et national ...



Evolution & développement

- Les nouvelles start-ups spécialisées en matériaux de construction innovants incubés dans notre projet, sont de petites entreprises qui ont pour but d'évoluer très vite et d'avoir un impact sur le domaine du bâtiment, Et par voie de conséquence sur l'économie . . .
- Ce principe sera présenté par l'augmentation des gabarits des 7 polygones Voronoï
- La création d'une tour au niveau du dernier polygone, symbolise le produit final d'incubation.
- Cette tour s'inspire du minaret du sommet de la ville traditionnelle de Ghardaïa (Analogie et empreint).

VI.2.1.3 Matérialisation de l'idée :

Etape 01 : Choix des accès :

Le terrain est situé dans une position d'alignement à proximité des équipements scientifiques (Le Pôle Universitaire, Centre de Recherche ...), qui a une influence directe sur le choix des accès.

On a choisi deux accès sur la même façade :

- ▶ **Un accès principal (piéton) :** positionné au milieu de la façade principale pour le flux important et pour qu'il soit visible.
- ▶ **Un accès secondaire (mécanique) :** dans la partie gauche de la façade, pour le personnel.



Figure 146 : Choix des accès
Source : l'auteur

Étape 2 : Mode d'occupation du terrain :

-Le mode d'occupation est basé sur les principes suivants :

-Implanter la masse bâti (forme compacte) au milieu du terrain pour le protéger des conditions climatiques indésirables (soleil intense, les vents de sable ...) par un aménagement extérieur approprié.

La masse est en parallèle au front de rue (façade principale), et ce choix permet de s'éloigner du bruit de la RN01, et pour avoir une vision globale au projet.

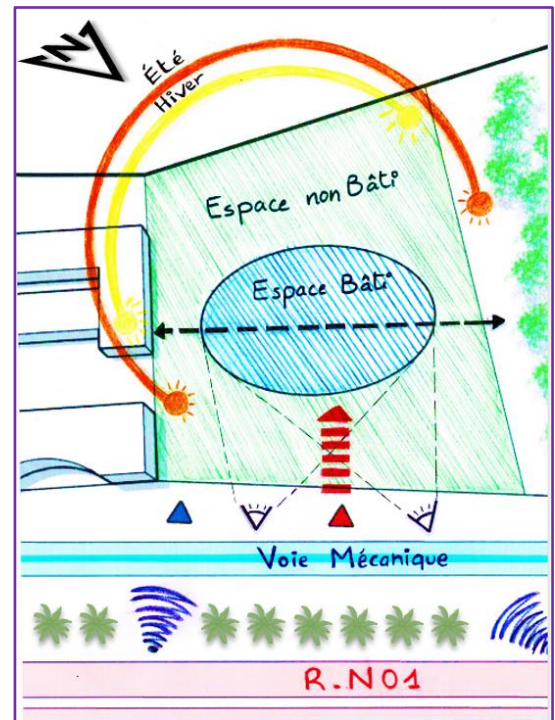


Figure 147 : Mode d'occupation de terrain
Source : L'auteur

Étape 3 : Création d'un espace protégé :

-Création d'un espace non bâti protégé (créer un microclimat) au milieu de la masse bâti inspiré de l'architecture locale « maison à patio », qui joue le rôle d'un espace de séparation et d'articulation entre les entités (public/privé).

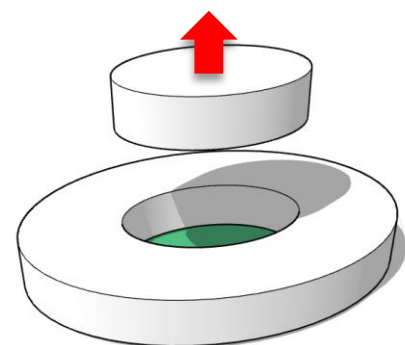
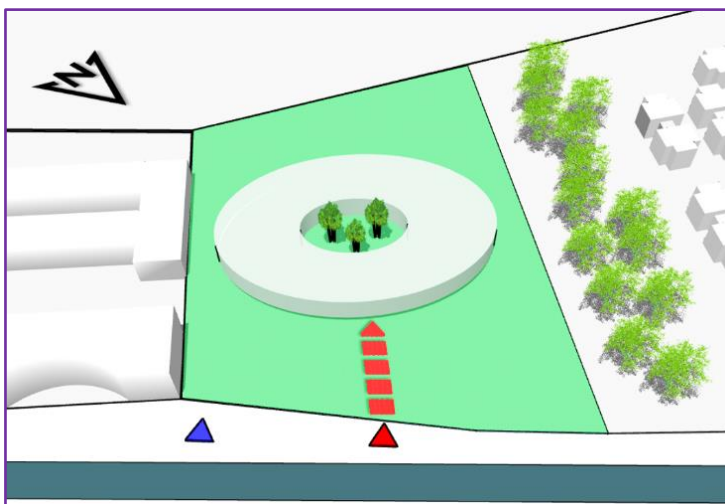


Figure 148 : Création d'un espace intérieur
Source : L'auteur

Étape 4 : Végétation :

Le principe de l'implantation de l'espace vert est par la délimitation de la masse bâti par la végétation pour mieux protéger le projet :

- Implantation à l'Est, Nord, et Ouest : des arbres à feuilles persistantes, qui permet d'ombrer les façades le matin et en fin de journée, ainsi que pour la protection contre les vents.
- Implantation du Sud-Est au Sud-Ouest des arbres à feuilles caduques, qui permet de créer l'ombre en été et permettent la pénétration des rayons solaires en hiver.
- Création d'une palmeraie dans l'espace non bâti protégé.
- Clôturer le terrain du projet par un mur végétal (**haie naturelle**).

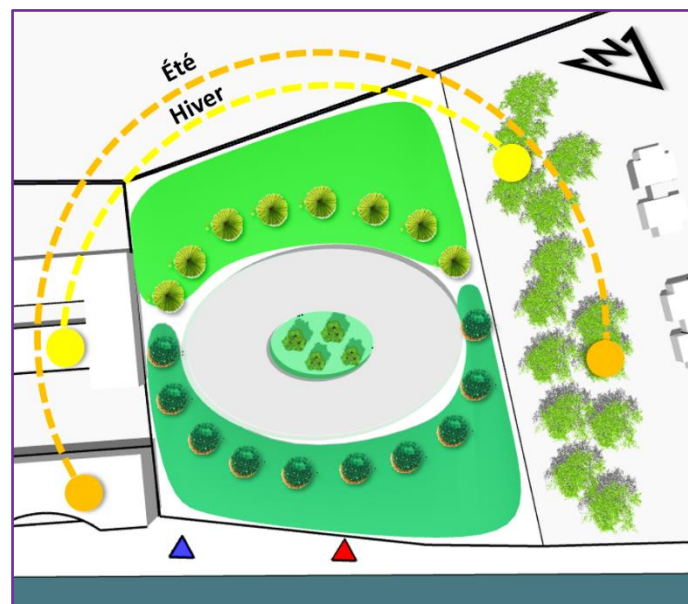
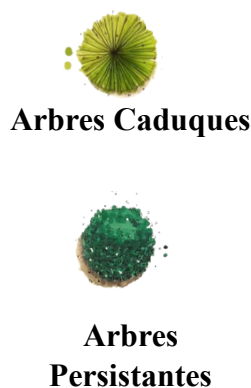


Figure 149 : Types de végétation du projet
Source : L'auteur

Étape 5 : Zoning des entités :

La distribution des entités autour de l'espace non bâti protégé est basée sur la hiérarchie du public au privé, pour assurer la continuité fonctionnelle et le confort des usagers :

Les entités destinées au public au niveau de la partie inférieure (zone nord) de la masse :

L'accueil : positionner au niveau de la façade principale au milieu de la masse, pour assurer une articulation directe avec l'accès principale, et qui permet une distribution radiale aux autres entités tels que : salle de conférence, les espaces commun, entité de recherche ...

Salle de conférence : conçue à proximité de l'accueil, en vue d'un accès souple depuis le hall et de l'extérieur, avec une orientation nord-est.

Entité des activités communes : qui abrite des espaces de regroupement, et de partage..., ces espaces occupent une orientation et position privilégié (Nord et Est), ils sont desservis directement depuis le hall d'accueil, et bénéficie d'un accès direct vers l'espace oasisien (espace non bâti).

1-Pour le public : au niveau du RDC, qui favorise la communication, et l'échange entre le public, et le personnel de l'incubateur.

2-Privé : positionné en superposition des espaces commun public, destiné aux étudiants, chercheurs, et administrateurs...

Qui nécessite de créer d'une liaison (passerelle) avec l'entité de recherche pour assurer la fluidité des espaces.

Entité de décontraction : positionné à la partie gauche de la masse bâti avec une orientation Est, qui à un accès de l'extérieur (l'espace non bâti) et accessible à l'espace oasien, cette entité dédiée à la consommation et au repos, des entrepreneurs et aux membres de l'incubateur, dans un environnement calme et agréable.

L'entité de recherche : qui abrite des espaces privés destinés aux chercheurs, positionnée à la partie postérieure de la masse bâti. (Orientation Sud) Accessible de l'entité public passant par l'espace non bâti (oasien).

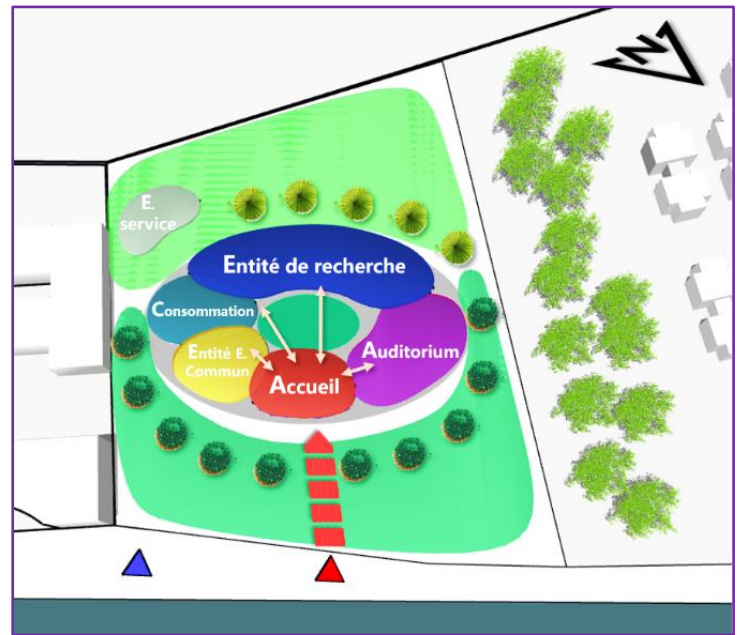


Figure 150 : Zoning des entités
Source : L'auteur

L'entité pédagogique : réservé aux espaces de formation, positionné en superposition, situé au niveau supérieur de l'entité des activités commun, cette disposition a été choisi pour des raisons fonctionnelles (filtrer les flux et assure le calme) symbolique (de l'idée d'évolution), et contextuelle (rappel au minaret de Ghardaïa).

L'entité administratif : occupe le niveau supérieur en superposition de l'entité pédagogique à cause du flux plus privé de cette entité (la nécessité d'un accès restreint aux activités administratives).

Entité de service : éloigner déconsolider (détachée) des différentes entités pour des raisons sécuritaires.

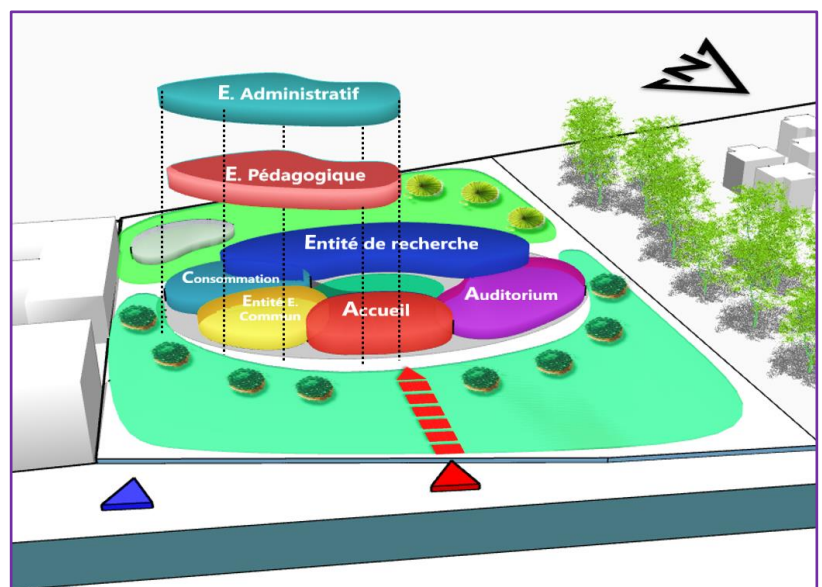





Figure 151 : Zoning en élévation des entités
Source : L'auteur

Étape 6 : ZoninG extérieur :

 **Espace d'accueil** : espace tampon entre l'accès principale et l'accueil.

 **Espace de contact informelle** : c'est un espace d'évacuation du flux de la salle de conférence

 **Champ d'expérimentation** : exposer aux conditions climatiques sans aucune protection végétale.

Zones de stationnement : à l'extérieur et l'intérieur du projet.

Création de deux points d'eau : Afin de refroidir et rafraichir les vents chauds du sud. Et les vents dominants du Nord-Est.

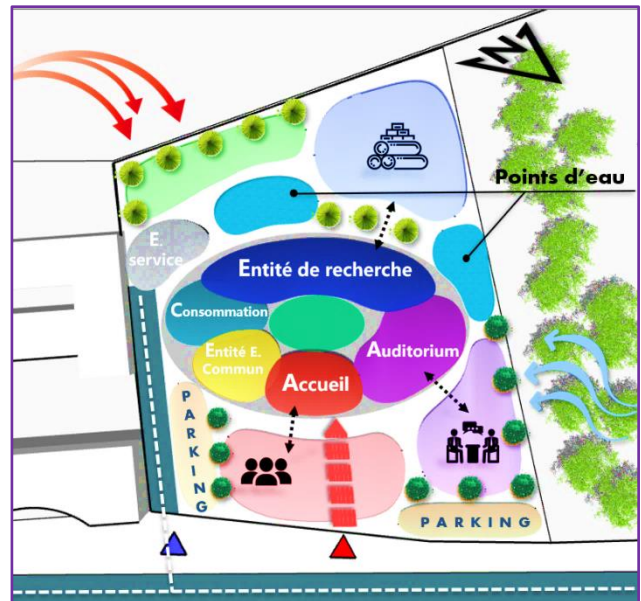




Figure 152 : Zoning extérieur du projet
Source : L'auteur


Étape 7 : les parcours :


Le principe de création des parcours c'est de limiter la circulation mécanique à l'intérieur du projet, et d'assurer une circulation piétonne libre


 **Parcours de franchissement** : Article (mène de) l'accès principale avec l'accueil, et le traverse vers l'entité de recherche passant par l'espace protégé.

 **Parcours mécanique** : limiter la circulation mécanique à l'intérieur du projet par un seul accès périphérique, mène de l'accès secondaire vers une zone stationnement, et vers l'entité de service.

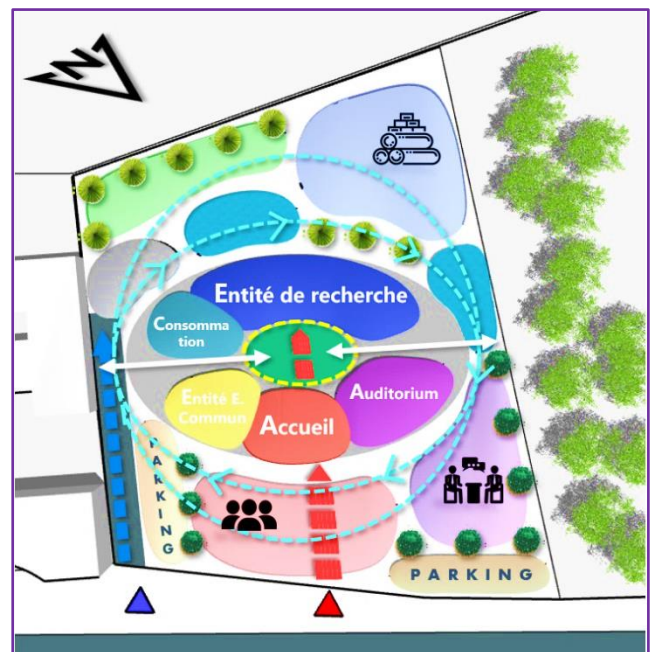
Parcour secondaire : (piéton) en parallèle du Parcours mécanique précédent.

 **Parcours de découverte** : -pour le flux piéton- un Parcours en périphérique des entités et articule les espaces non bâtis,

 Et un autre en périphérique intérieur de l'espace oasien (non bâti protégé).

 **Parcour d'articulation** : création d'un accès d'articulation important pour assurer la fluidité et la facilité de circulation, entre les différentes entités du projet

Ce Parcours devise la masse en deux blocs, en entités public et privé au niveau inférieur.



Source : L'auteur

Étape 8 : Orientation des blocs :

Notre projet est devisé en deux blocs :

Maintenir le bloc qui abrite l'entité des espaces public sur l'orientation principale, afin de garder le principe d'alignement urbain, ainsi que la forte visibilité du projet de l'extérieure.

Orienté le bloc de l'entité privé (recherche et de consommation) sur l'axe Est-Ouest, qui nous permet d'orienter les façades dominantes vers le nord et le sud.

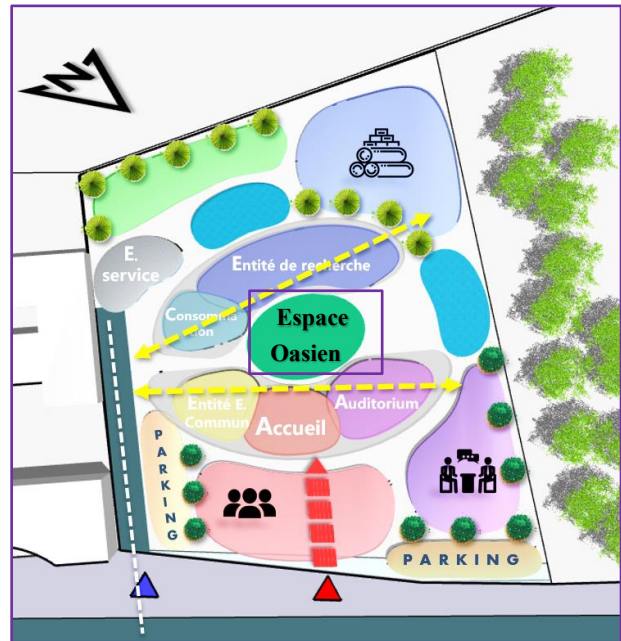


Figure 154 : Orientation des blocs du projet
Source : L'auteur

Formalisation est matérialisation de l'idée :

Étape 9 : Intégration du digramme Voronoï :

Formalisation du digramme Voronoï sur notre terrain

Occupation de sept cellules du digramme pour le bâti, suivant le mode d'occupation choisi précédemment

Les sept cellules comme un rappel contextuel.

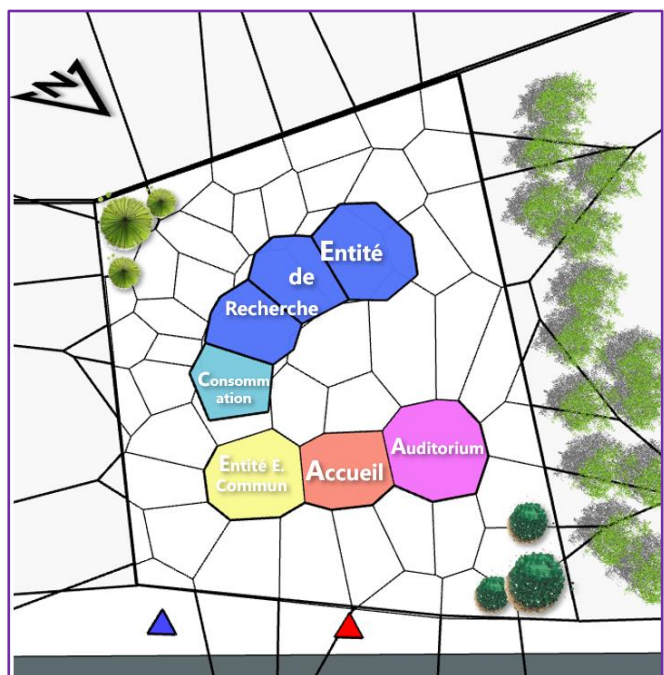


Figure 156 : Le diagramme de Voronoï Sur le terrain
Source : L'auteur

Étape 10 : application des concepts sur espaces extérieurs :

Superposition des recommandations obtenues de l'analyse des conditions climatiques et de site, avec le diagramme de Voronoï

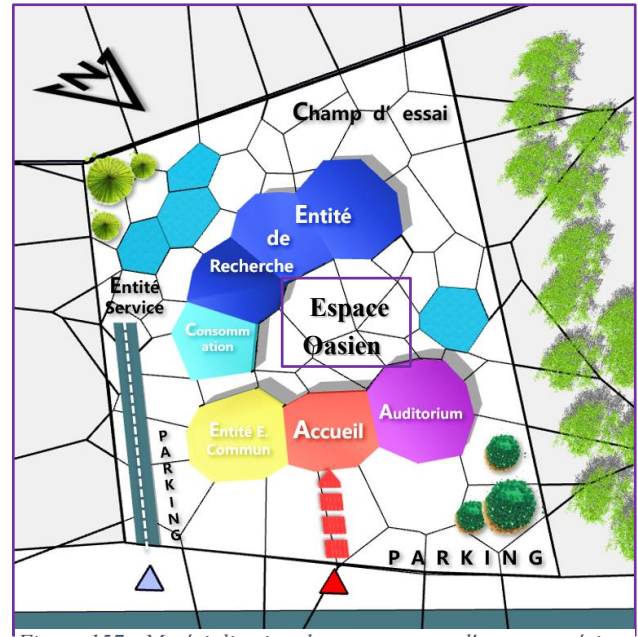


Figure 157 : Matérialisation des concepts sur l'espace extérieur
Source : L'auteur

Étape 11 : évolution des formes du diagramme avec le contexte physique et climatique :

L'adaptation du diagramme Voronoï à notre contexte climatique de la ville de Ghardaïa (climat chaud et aride), par la création des formes curvilignes limités par les polygones convexes.

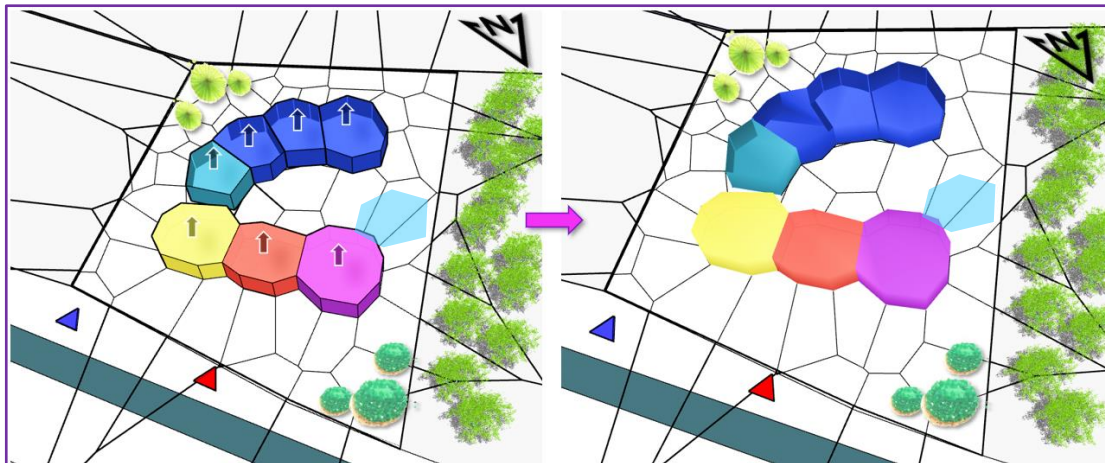
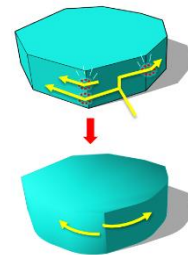


Figure 158: évolution des formes avec le contexte
Source : L'auteur

Étape 12 : réorganisation des volumes en vue de créer un espace intermédiaire :

Déplacer un groupe de l'entité de recherche (qui abrite une espace flexible de fonction liées à l'entité de recherche -comme un atelier de construction innovant-, ou liées à l'entité public -utilisation occasionnelle comme un espace d'exposition-) de l'espace privé vers l'espace public pour jouer le rôle de fonction intermédiaire.

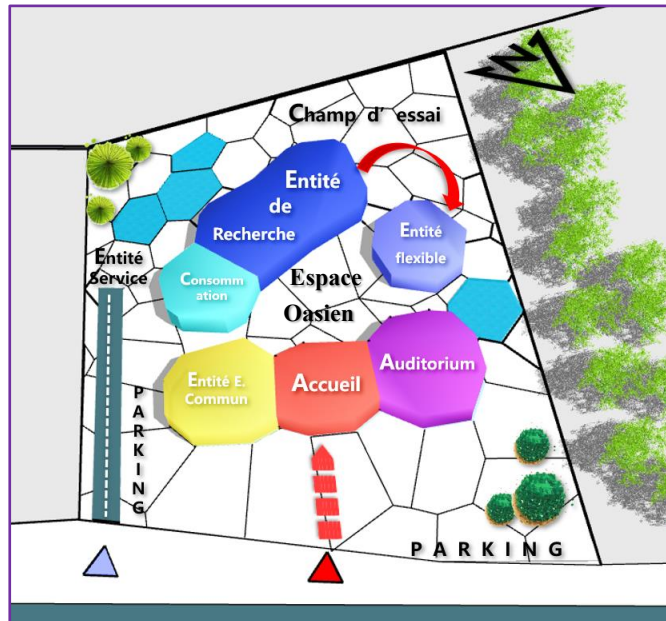


Figure 159 : Réorganisation des blocs du projet
Source : L'auteur

Étape 13 : Gabarits :

Présenter l'idée d'évolution et de développement par la dégradation des Gabarits, commençant du volume intermédiaire jusqu'au niveau supérieure de la tour.

La tour présente aussi un rappel au minaret de Ghardaïa.

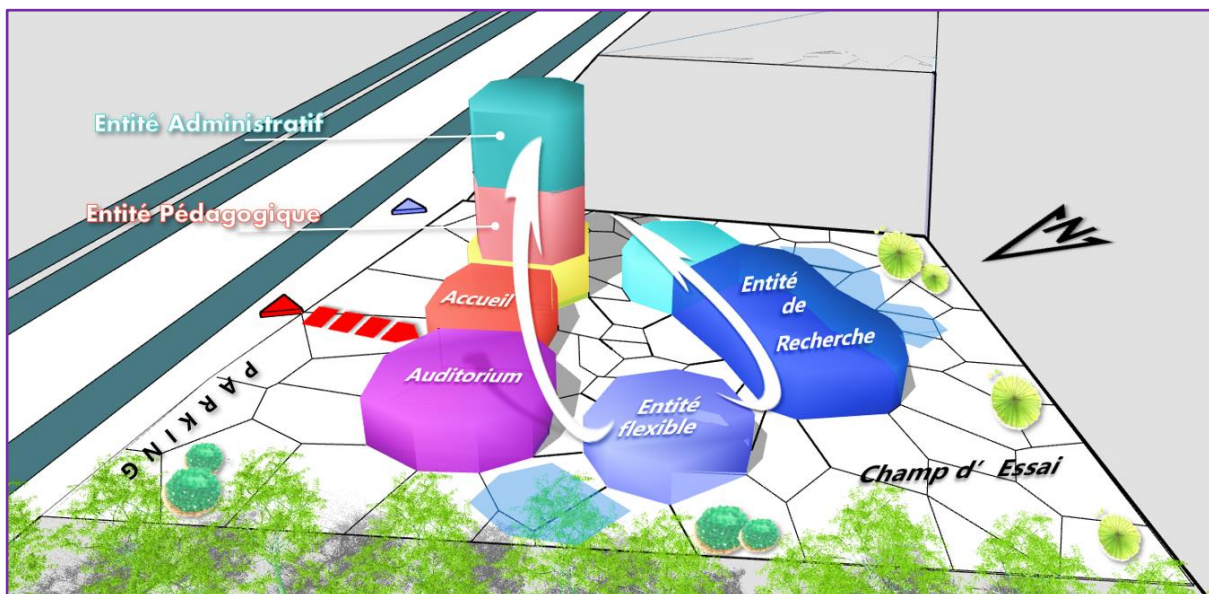


Figure 160 : Les gabarits des blocs du projet
Source : L'auteur

Étape 14 : conception d'un espace couvert et non clos (ombrage)

Création d'une couverture de l'espace oasien non bâti, qui relie les trois blocs en un seul ensemble (principe de volume compacte). Et l'Exploitation comme des espaces d'échange (public/privé), espace de détente...

Cette couverture est évidée en quelques hexagones de Voronoï à cause des palmiers. Et privilégier quelques rayons solaires désirés, et privilégier aussi la ventilation naturelle diurne.

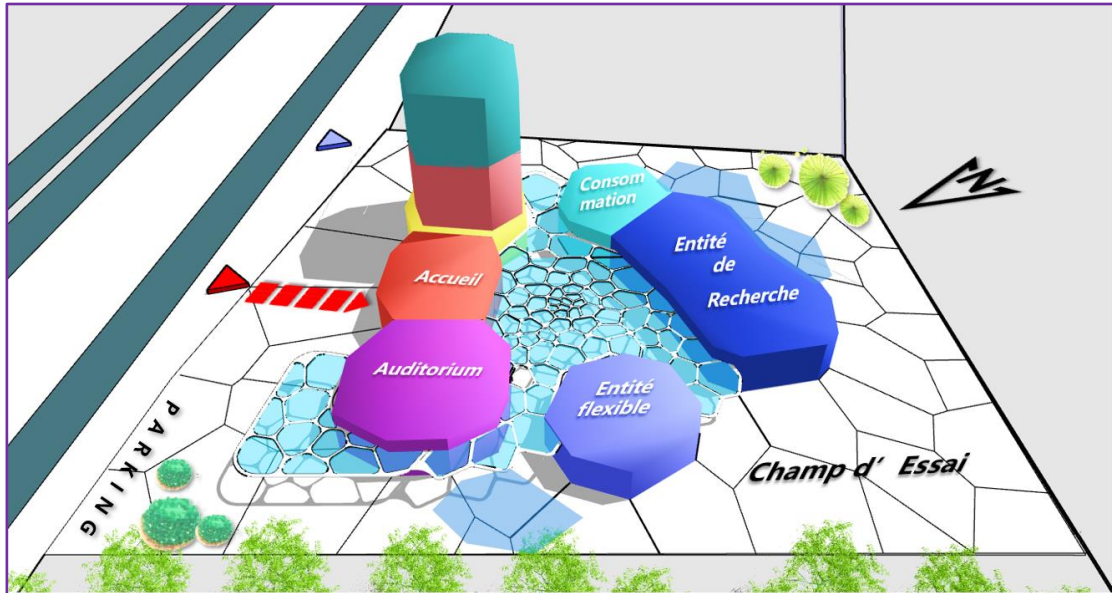


Figure 161 : Conception d'un espace couvert
Source : L'auteur

VI.2.1.4 PLAN DE MASSE FINALE :

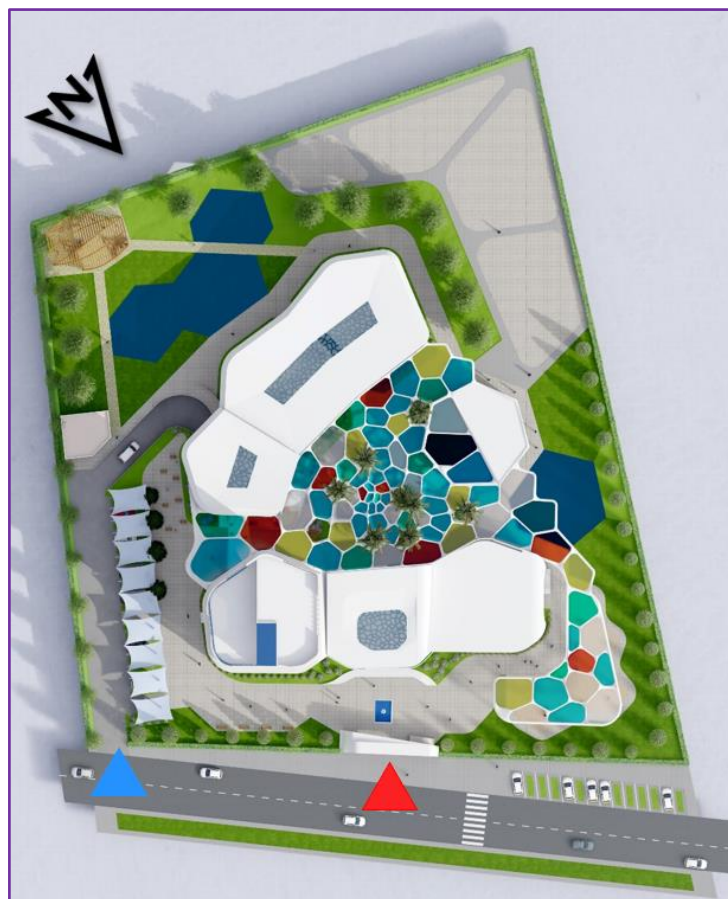


Figure 162 : Plan de masse
Source : Auteur



Figure 163 : Vue du 3D du projet
Source ; Auteur



Figure 164 : Vue de 3D du Projet
Source : Auteur



*Figure 165 : Vue Sur l'entrée principale du projet
Source : Auteur*



*Figure 166 : Vue de 3D du projet
Source : Auteur*



Figure 167 : Vue de l'espace de contact informelle du projet
Source : Auteur



Figure 168 : Vue sue l'espace Oasien couvert
Source : Auteur



Figure 169 ; Vue sue l'espace oasisien couvert
Source : Auteur

VI.2.2 DESCRIPTION ET PRESENTATION DES PLANS :

Le projet est caractérisé par des formes curvilignes qui assure la conciliation entre les aspects de l'architecture durable en termes de d'intégration au contexte, compacité des volumes, et la fonctionnalité des espaces.

VI.2.2.1 ORGANISATION SPATIALE DU PROJET :

Le projet est devisé en trois Blocs :

- Un bloc des entités public : l'entité qui contient les espaces qui ont des usagers publics et commun tels que la salle de conférence, Salle d'exposition, un open-Space ... accessible du hall d'accueil au milieu.
- Bloc de l'Entité de recherche : destinés au chercheurs et étudiants, dons a usage privé, et pour cela en a créer un espace de séparation et d'articulation douce (espace oasisien) du bloc des entités public
- Un Bloc intermédiaire : à savoir un atelier flexible et un espace libre flexible qui peut abrite plusieurs espaces et fonction selon les exigences de l'incubateur.

Le sous-sol :

Contient un accès mécanique pour le chargement et le placement du matériel et aux matériaux dans des boxes de stockage spécialisés, ce dernier est accessible à travers une rampe, de la voie mécanique créer à l'intérieur du projet.

Le Niveau du RDC :

Contient 2 entités principales :

- L'entité principale public : Un hall d'accueil, salle de conférence, espace de pause coffee, Open space... donc on peut dire que cette entité abrite les services de visiteurs.

- L'entité Privé : qui abrite l'entité de recherche qui est composée de deux unités de recherche (de deux laboratoires et deux ateliers avec un bureau de chercheurs pour chacune, ainsi que les espaces annexe de la recherche), et abrite aussi les espaces liées à l'entité de décontraction.

Et un espace entre les deux entités comme un espace de détente et une extension des différents espaces qui l'entoure.

Le Niveau du R+1 (+4.00) :

Dans Le 1er étage on a assuré la superposition des entités, tels que :

Superposition des espaces liées aux l'activités commun privé dans la partie public (Hiérarchisation verticale) ces espaces présents : une salle de projection, Bibliothèque, espace de Co-working, des boxes de travail VIP ...

Superposition de deux unités de recherche similaire (l'étude expérimentale de nouveaux matériaux et R+1 pour la modélisation et la simulation de matériaux innovants, Et intelligents.) ... Ainsi qu'un espace de repos superposé sur l'entité de décontraction au niveau RDC. Cette partie est en superposition par demi-niveaux.

On a relié les espaces des activités communs privé avec le bloc qui abrite la fonction de recherche, par une passerelle.

Le Niveau du R+2 (+8.00) :

Dans le coté du bloc de l'entité public, on a créé une tour de 6 étages

L'étage R+2 abrite un espace flexible destinés aux exigences des étudiants, administration, et chercheurs et la bibliothèque de double hauteur.

Du niveau des étages courants R+3 - R+4 (+8.00 à +16.32)

Ces 2 étages sont destinés à l'entité pédagogique, qui abrites des trois salles de cours et des bureaux d'enseignants. En Superposition avec la création d'une cage d'escalier, un ascenseur et monte-charge.

Du Niveau R+5 au niveau R+7 (+20.40 à +28.56)

Ces 3 étages abritent l'entité administratif, composés des bureaux administratifs, bureau paysager, et une salle de réunion, posés en superposition afin de filtrer les flux au plus privé, et assurer l'intimité de travail.

Plan Niveau Sous-Sol -2.00m

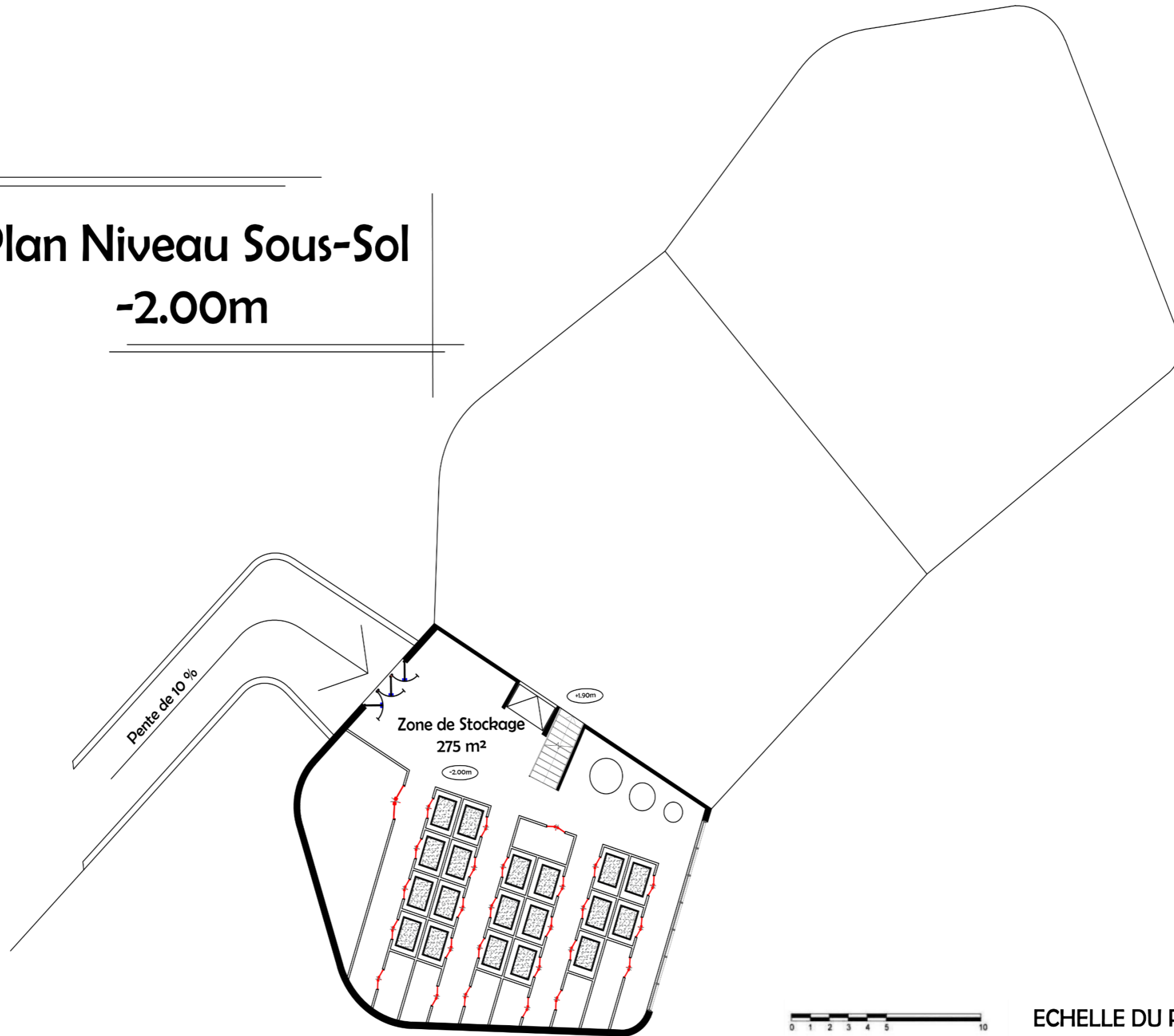


Figure 170 : Plan niveau sous-sol
Source : Auteur

Plan Niveau R+1 +4.00m

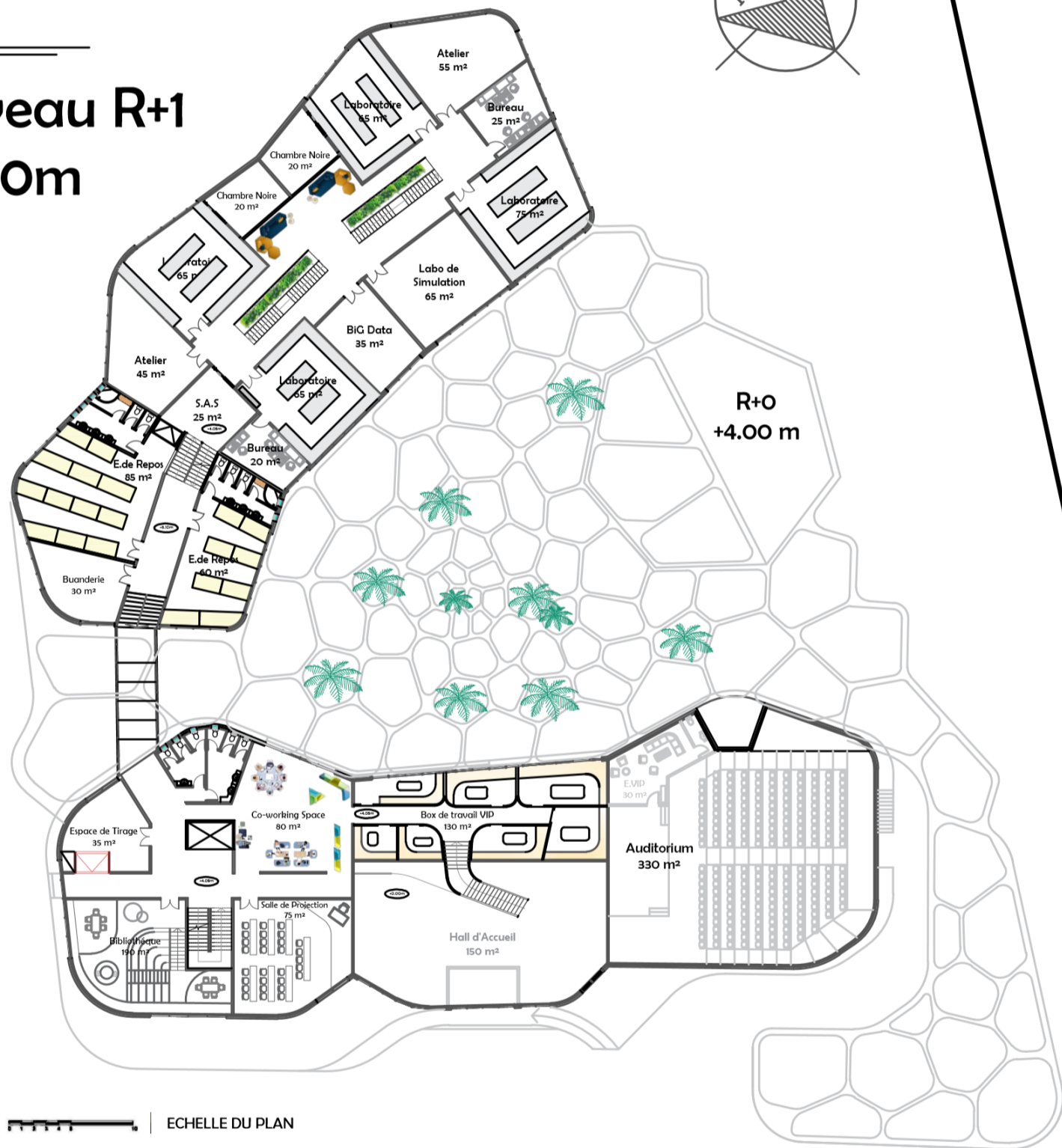


Figure 172 : Plan Niveau R+1
Source : Auteur

Plan Niveau R+2+8.00m

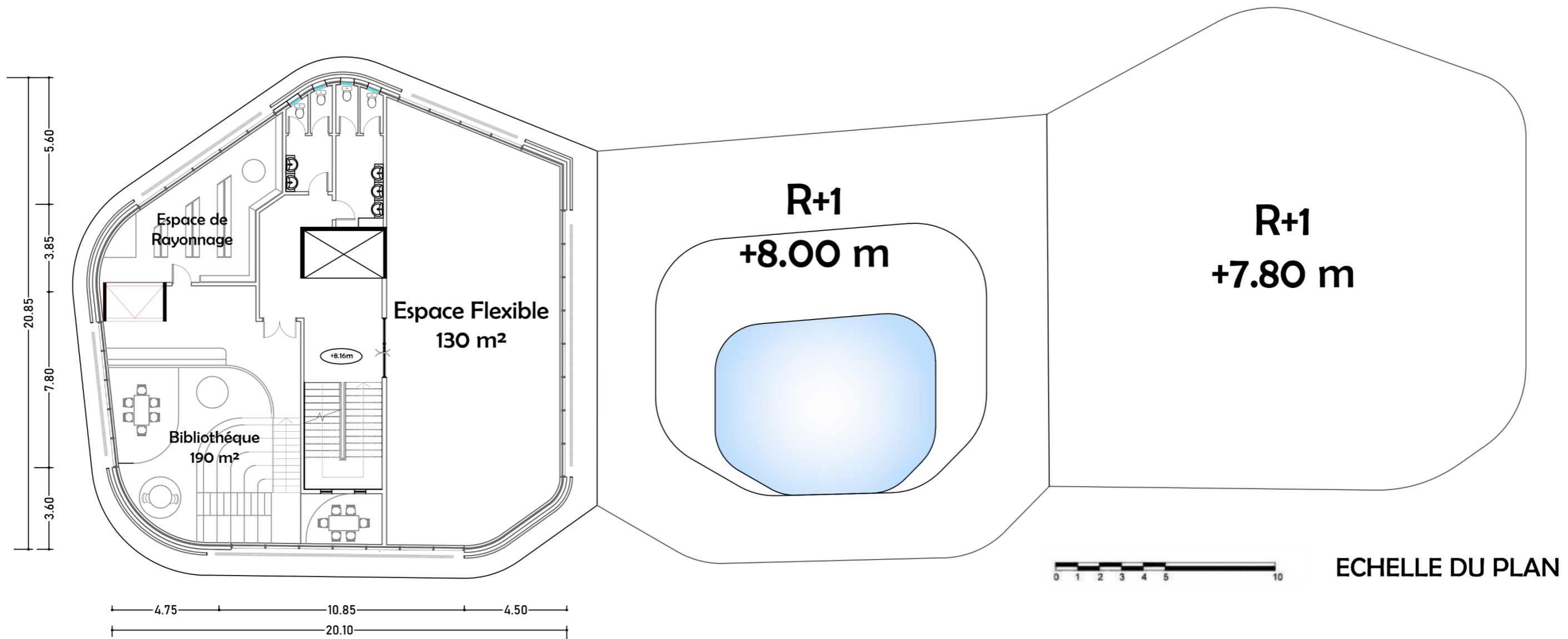
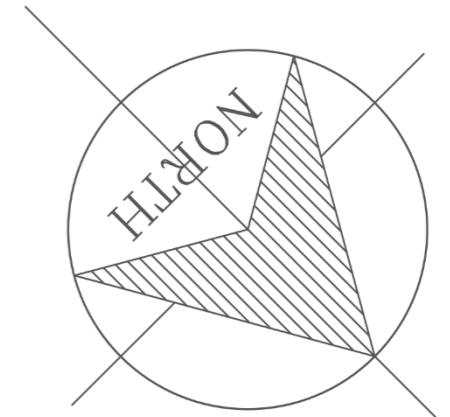
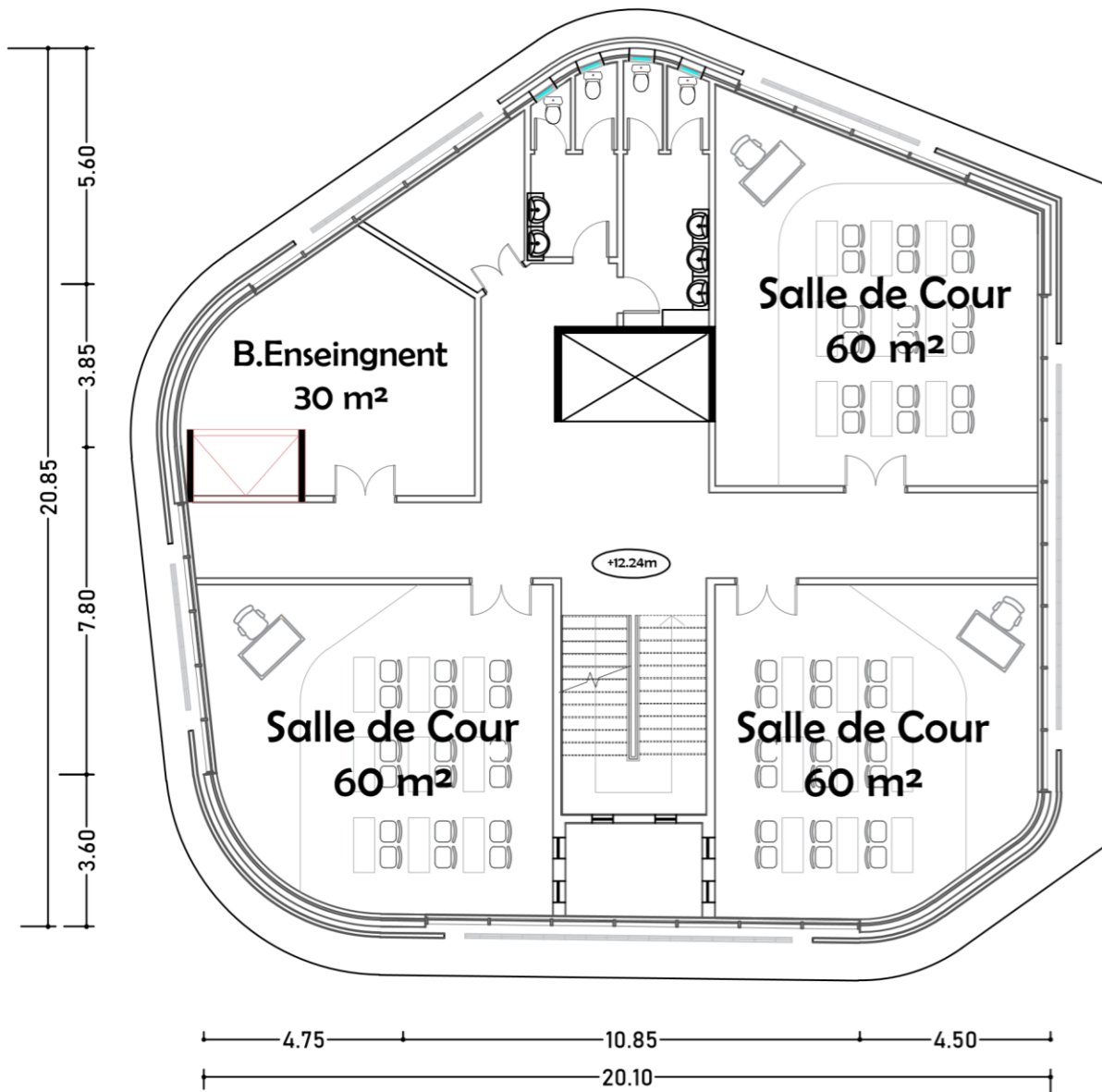
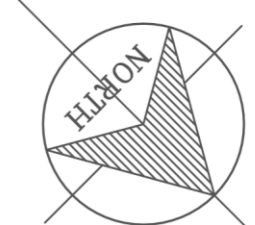
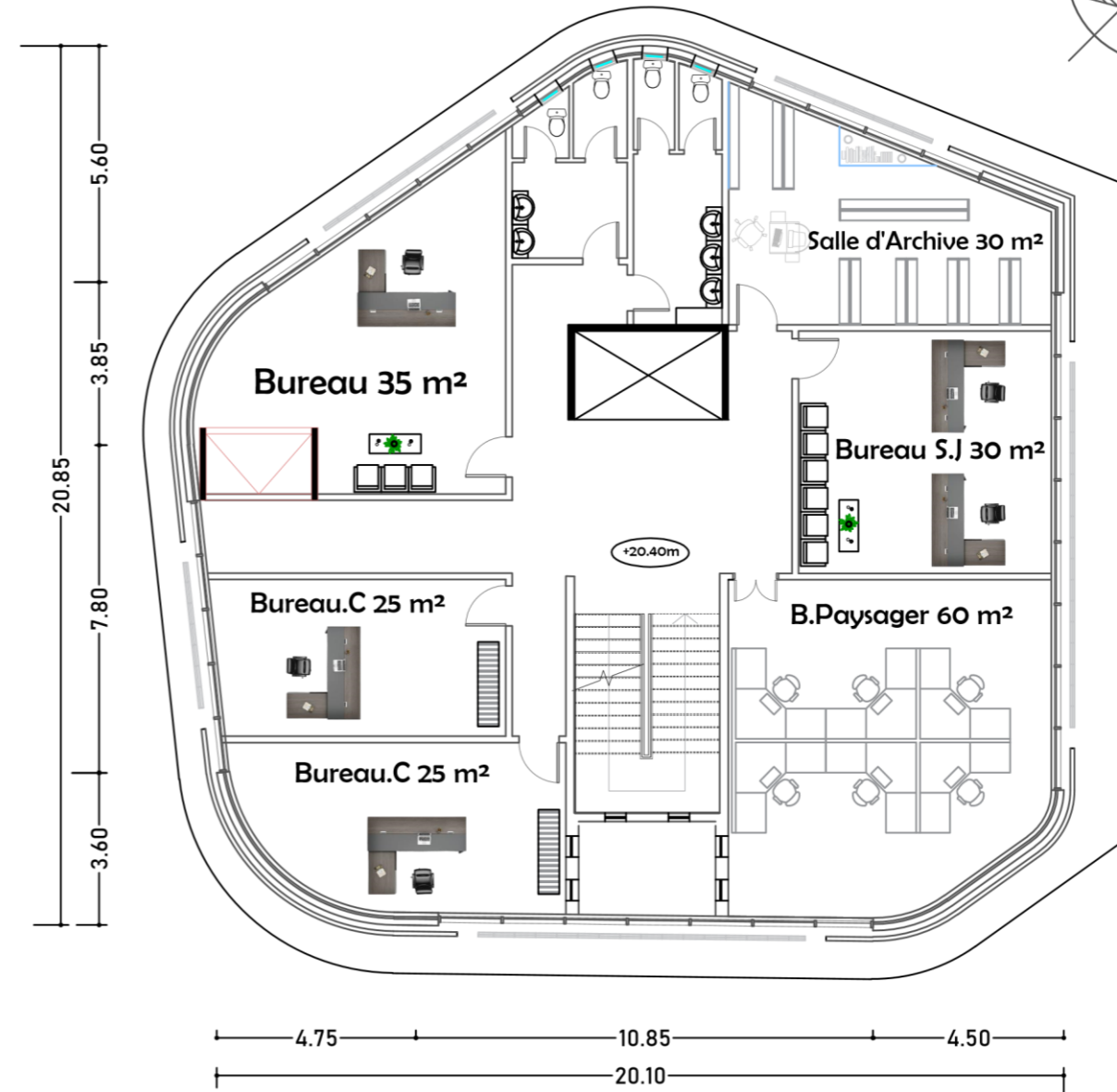


Figure 173 : Plan niveau R+2
Source : Auteur

Plan étage Courant +12.24m_+16.32



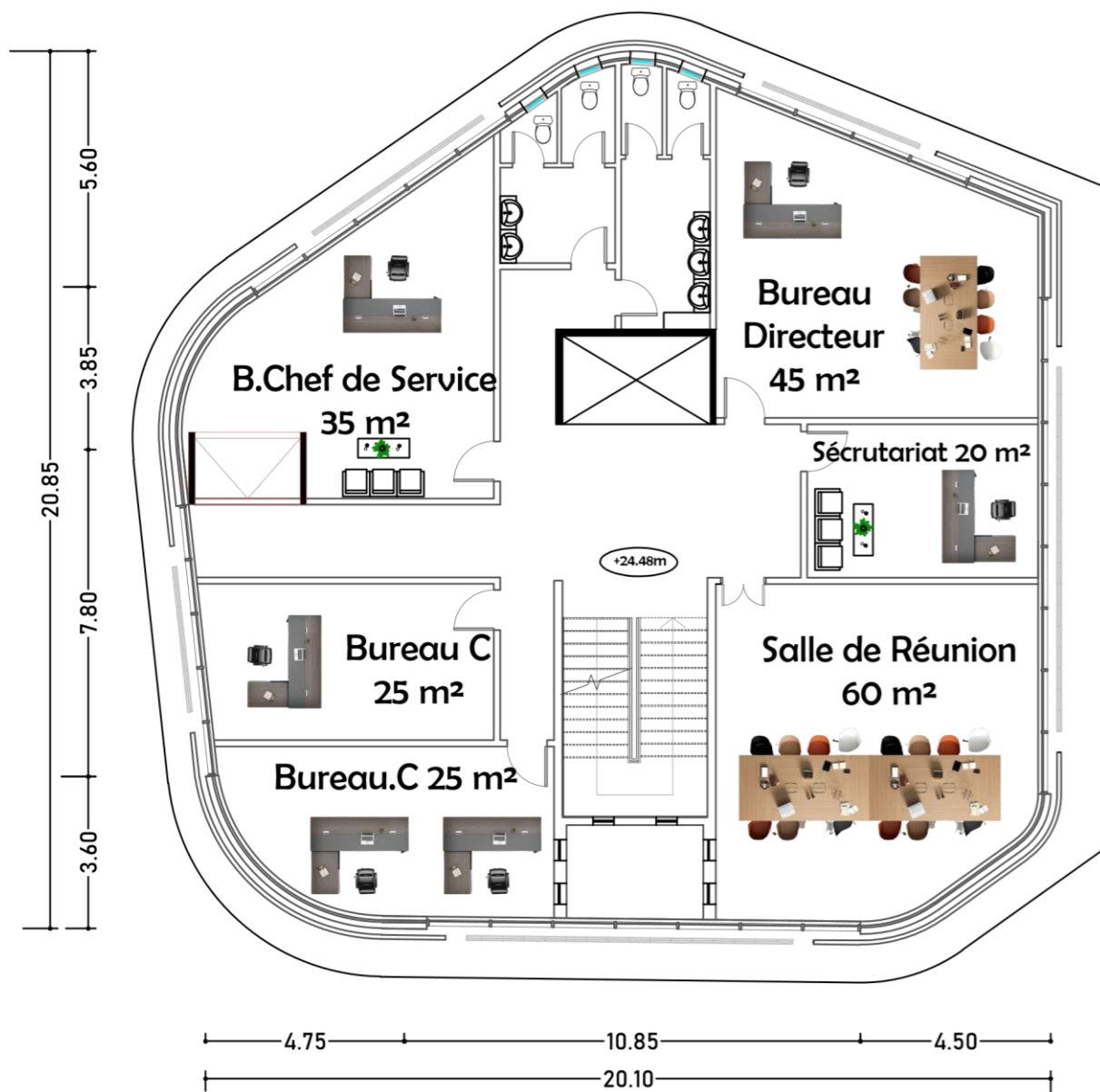
Plan Niveau R+5 +20.40m



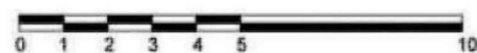
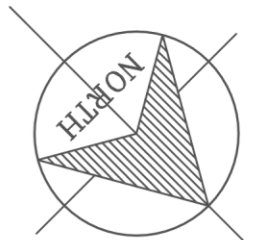
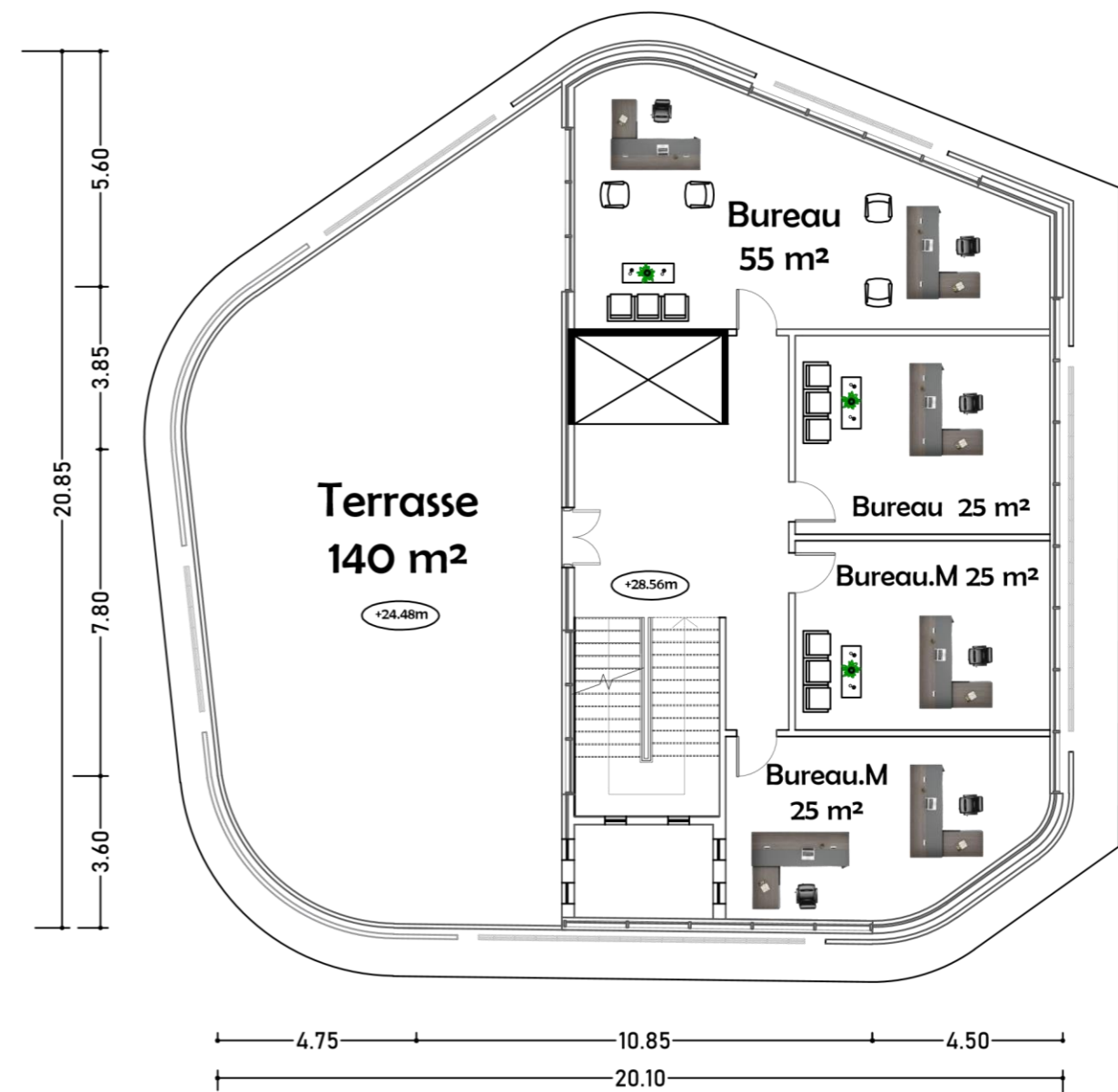
ECHELLE DU PLAN

Figure 174 : Plans étages courants et niveau R+5
Source : Auteur

Plan Niveau R+6 +24.48 m



Plan Niveau R+7 +28.56 m



ECHELLE DU PLAN

Figure 175 : Plan Niveau R+6 et R+7
Source : Auteur

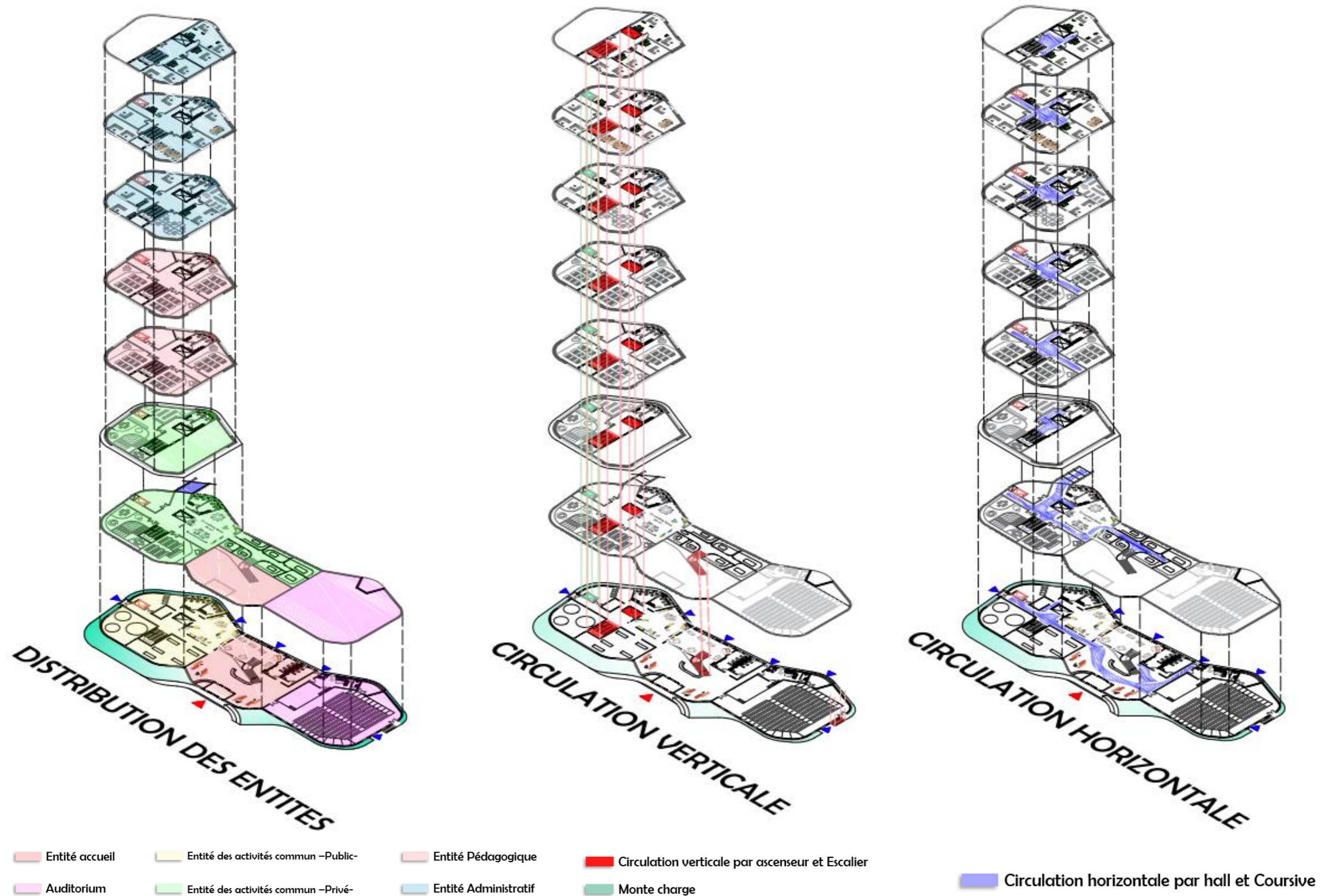


Figure 176 : Fonctionnement du bloc de la façade principale
Source : Auteur

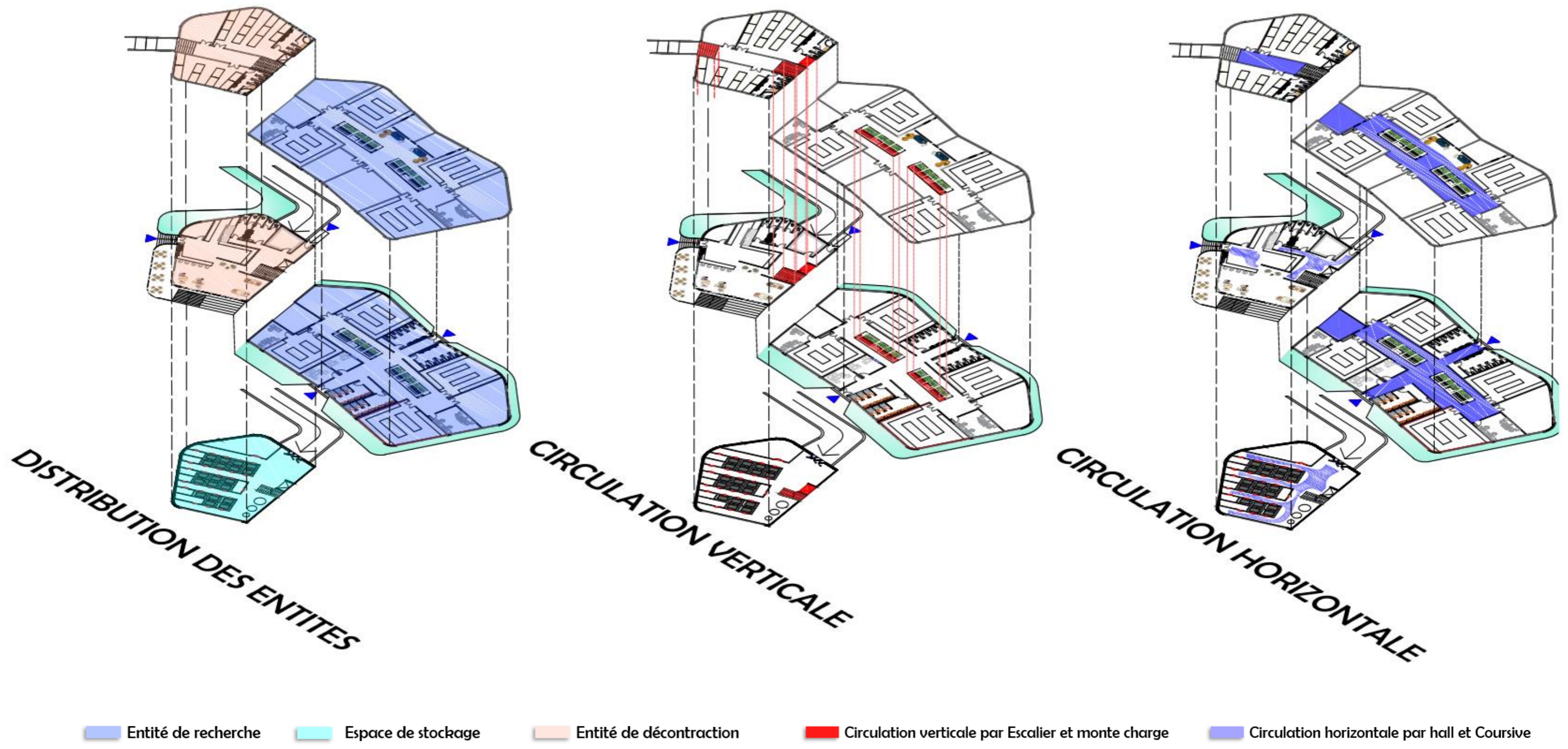


Figure 177 : Fonctionnement du bloc des entités privé
 Source : Auteur

VI.2.3 LECTURE DES FAÇADES :

Le choix du type de façade et de ses éléments constitutifs important dans la conception du bâtiment, afin de répondre de manière efficace aux exigences de performance énergétique et de confort recherchées. Il est essentiel que ces choix soient conformes aux réglementations en vigueur. Les réglementations thermiques actuelles visent à améliorer la performance énergétique des bâtiments en limitant la dépendance à la climatisation et en maîtrisant la demande en électricité. Par conséquent, le choix des systèmes et des composants de la façade doit être en adéquation avec ces nouvelles réglementations.

Le traitement de façade doit être une combinaison de ces exigences et le type du projet et sa fonction, ainsi que l'idée conceptuelle du projet.

Les façades du projet sont rugueuses par des microstructures afin d'éviter l'exposition directe au soleil.

VI.2.3.1 Façade principale :

Orientée vers le Nord-est, se distingue par son traitement par des éléments du diagramme de Voronoï, et abrite l'accès principal à son milieu.

L'entrée principale est marquée par sa transparence à cause de son orientation qui n'exige pas de créer des éléments de protection.

Des éléments dans les angles des trois volumes commencé du sol à la direction de la tour pour la donner une importance

Dans le côté gauche de la façade les ouvertures sont intégrées par un petit ratio du polygone de Voronoï, et sur le côté droite sont complètement des ouvertures avec un traitement de plein-Vide selon les exigences de chaque espace.



Figure 178 : Façade principale du projet
Source : Auteur

VI.2.3.2 Façade de la tour :

C'est la façade la plus importante et la plus symbolique dans le projet, alors on a utilisé les traitements dynamiques de façade intelligentes, ce dernier est inspiré des molécules par sa compacité et complémentarité qui sont combinasse avec des formes font rappel au contexte avec des élément au niveau des angles inspiré du minaret de la Ville de Ghardaïa

Ses avantages sont : Gestion des apports thermiques par l'isolation dynamique : Pour mieux équilibrer les échanges thermiques et réduire la consommation de climatisation et de chauffage. Gestion de la lumière naturelle : Pour mieux contrôler la lumière naturelle et optimiser le confort visuel. Ventilation naturelle : Pour créer un environnement de travail plus agréable, plus sain et plus productif. Inspiration les éléments des façades :

Est basée principalement sur la forme Losange, qui est souvent utilisée dans tous les types d'artisanat de la ville de Ghardaïa : voici la figure qui montre les étapes de l'idéation

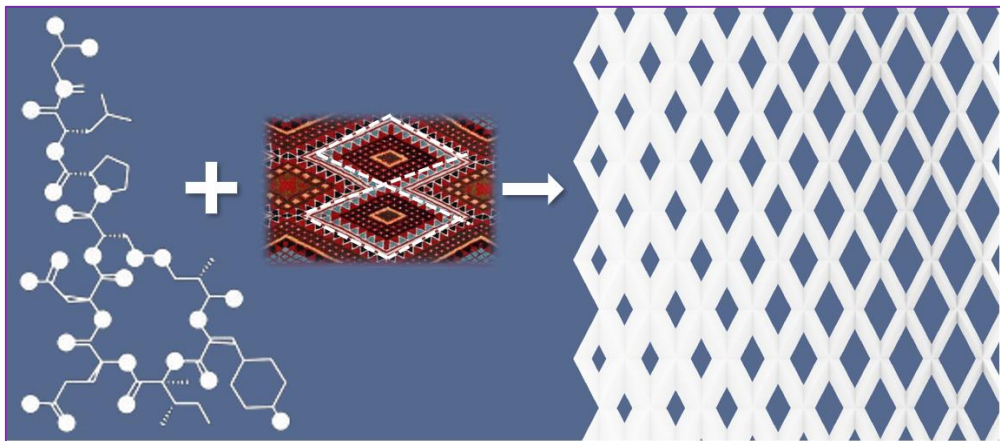


Figure 180 : L'idée conceptuelle de la façade de la tour
Source : Auteur



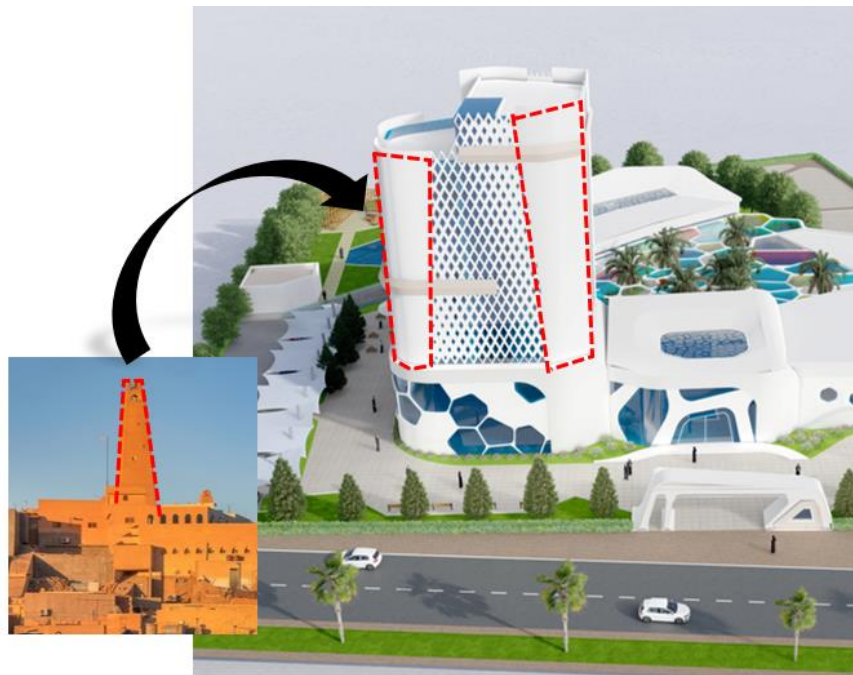


Figure 181 : élément de la tour inspiré du minaret de Ghardaïa
Source : Auteur

VI.2.3.3 Façade Sud :

- La façade sud du projet est déterminée selon l'entité de recherche qui abrite les laboratoires, on a choisi l'application d'une façade double, on évite le grand rapport de vide à cause des rayons solaires intenses du sud, donc on a choisi un ratio de 0.3 de la surface des ouvertures
- Les ouvertures sont dotées de deux rangés d'ouvertures en longueur de la façade, les hauteurs des ouvertures sont déterminé selon la présentation dans la figure.
- Le premier rangé est pour assurer la continuité visuelle vers l'extérieur dans le cas de débous avec une protection solaire horizontale, et au même temp un light shelf du deuxième rangé afin d'éclairer l'espace sans avoir une pénétration directe du soleil les taches solaires gênantes.
- En ajoutant une texture par la tessellation de Voronoï

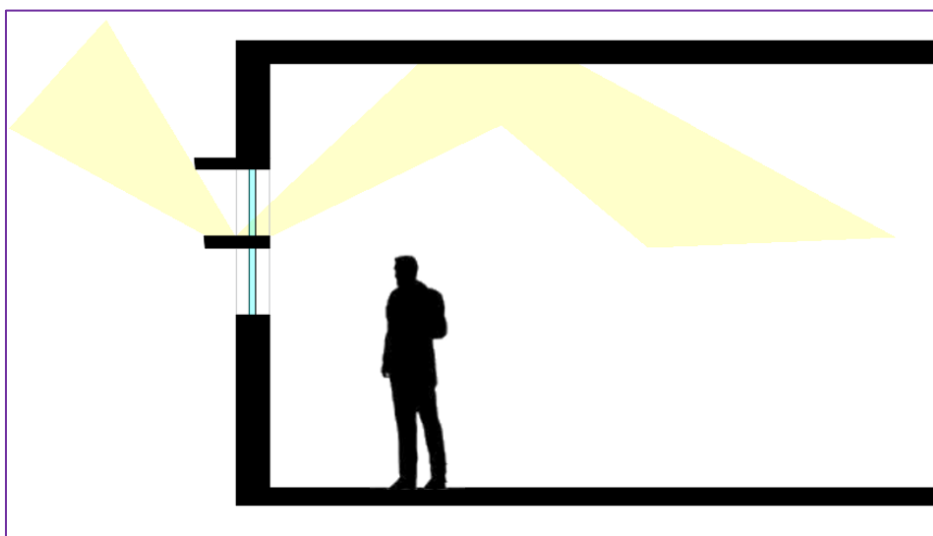


Figure 182 : La façade sud du projet
Source : Auteur



*Figure 183 : Vues en 3D sur la
façade sud du projet
Source : Auteur*

VI.2.3.4 Façade Ouest :

Pour la façade ouest du projet qui abrite aussi les espaces de laboratoires, on reste sur le même principe de deux rangés d'ouvertures en longueur de la façade avec une protection solaire par des éléments verticales, avec une texture par digramme de Voronoï.





Figure 184 : Vues en 3D sur la façade ouest du projet
Source : Auteur

VI.2.3.5 Les Gabarits :

L'augmentation des gabarits des volumes, on une référence de l'idée d'inspiration et aussi un rappel de la configuration urbaine de la ville de Ghardaïa.



Figure 185 : Les gabarits du projet
Source ; Auteur

VI.2.3.6 VUE 3D EXTERIEUR :

Le projet est conçu en un volume monoblocs et compacte par une couverture extérieure et de forme dynamique (volume curvilignes) en différents gabarits (R+1 jusqu'au R+7) avec un sous-sol du côté sud-Est et est occupé par des atriiums avec un vitrage intelligents haut qui permet :

- ✓ Point de vue climatique : création d'un microclimat qui contribue à l'optimisation thermique en été comme en hiver.
- ✓ Profiter de l'éclairage naturel pour bien éclairé le cœur du projet.
- ✓ Point de vue formelle : pour alléger la masse
- ✓ Donner une touche esthétique.
- ✓ L'atrium est aménagé d'un hall d'accueil dans la partie public et un espace végétalisé dans la partie qui abrite l'entité de recherche ce qui le permet d'assurer une bonne qualité de l'air.
- ✓ La Toiture inclinée pour protéger le l'atrium de l'exposition directe au rayonnement solaires indésirable et pour matérialiser le dynamisme et facilite l'évacuation des eaux de pluie.
- ✓ Le marquage de toutes les entrées par des éléments intégrées dans les traitements des façades.
- ✓ Continuité formelle entre les formes de toiture et les façades.
- ✓ Aménagement des plans d'eau à l'extérieur (du côté sud et Nord-Est) ce qui humidifie l'air ambiant et donne une certaine fraîcheur et minimiser l'effet des vents chauds et donne une vue esthétique pour le projet.
- ✓ Des espaces verts et la végétation sont projetés au long des façades pour bénéficier une protection passive du projet, refroidir les vents chauds et filtrer les vents de sable ... ainsi que pour la création d'un microclimat favorable en intégrant les espaces de détente.
- ✓ Protéger les parcours extérieur et espace de détente par une couverture bidimensionnelle avec un vitrage translucide, est aménagé par des palmiers.



Figure 186 : Vues 3D sur le projet
Source : Auteur



Figure 187 : Vue 3D du projet Source : Auteur



Figure 188 : Vue sur le passage en passerelle Source : Auteur

VII. CHAPITRE 06 : ETUDE TECHNIQUE

INTRODUCTION :

Ce chapitre constitue une étude technique, qui est une phase complémentaire à l'architecture, par l'intégration et la présentation des différentes formes de réalisation du projet tels que les technologies et dispositifs, Système constructif, les matériaux, les solutions spécifiques à ce type d'équipement, tout en tenant compte de confort thermique et acoustique et respiratoire, gestion de l'énergie, la durabilité, ainsi que les exigences esthétiques.

VII.1 SYSTEME CONSTRUCTIF :

Il englobe les différents éléments de construction tels que : les fondations, les planchers, les toitures, les ouvertures... Le choix du système constructif dépend de nombreux facteurs tels que le type de bâtiment, son usage, son contexte, les contraintes environnementales et réglementaires, ainsi que les préférences esthétiques.

Notre choix s'oriente vers les types de structures suivants :

VII.1.1 Structure mixte (hybride) :

Une structure mixte doit sa capacité portante à la collaboration structurale entre l'acier et le béton, qui exploite les caractéristiques favorables respectives de ces matériaux de façon optimale bien que ceux-ci soient de nature différente, ils se complètent fort opportunément :

- Le béton est tout indiqué pour résister à la compression tandis que l'acier est mieux adaptés pour transmettre des efforts de traction.
- L'élançement des éléments en acier les rend sensibles au flambement par flexion, par flexion-torsion et au voilement locale tandis que la présence du béton permet de limiter l'apparition de ces formes d'instabilité.
- Le béton recouvrant l'acier met celui-ci à l'abri de la corrosion.
- Le béton constitue une bonne protection contre l'incendie car, grâce à la plus grande inertie thermique du béton, l'acier s'échauffe moins rapidement et une redistribution des efforts s'opère de l'acier (plus chaud) vers le béton (plus froid).
- Grâce à sa ductilité, l'acier confère à la construction mixte une très bonne capacité de déformation plastique.³⁷

VII.1.1.1 ELÉMENTS DE CONSTRUCTION DE LA STRUCTURE MIXTE :

- Poteaux mixtes • Poutres mixtes
- Plancher mixte • Dalle mixte

➤ POTEAU MIXTE :

On a choisi Un poteau mixte de section circulaire (de diamètre 30cm) avec profilés totalement enrobé de béton.

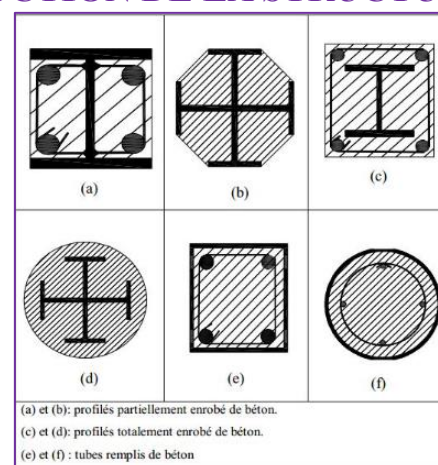


Figure 189 : Types des poteaux mixtes
Source : www.pdfprof.com

³⁷ Guides de construction métallique, structure mixte, René Maquoi, Rik Debruyckere, Jean-François Demonceau et Lincy Pyl.

➤ **POUTRE MIXTE :**

Une poutre mixte comporte trois composants :

- Une partie en béton se présentant habituellement sous la forme d'une semelle en béton a la partie supérieure de la section
- Un profilé en acier
- Une connexion assurée le plus souvent par des goujons connecteurs.

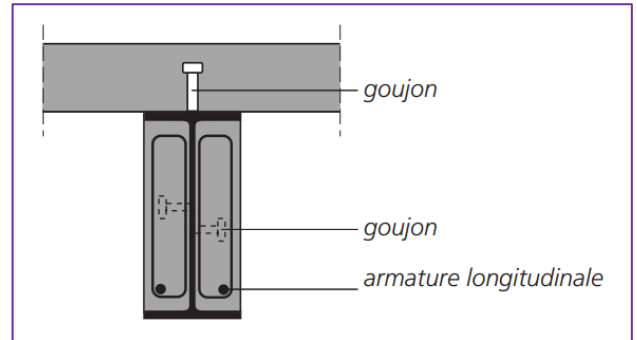


Figure 190 : poutre mixte avec profilé métallique partiellement enrobé
Source : Guide de construction métallique

➤ **PLANCHERS MIXTES (COLLABORANT) :**

Un Plancher collaborant du fait de la « collaboration » entre les deux matériaux façonnant le plancher visant à faire face aux tensions générées par les charges. L'adhérence mécanique des deux composants est obtenue à travers les crantages usinés sur les flancs inclinés du profil en acier galvanisé. Pour garantir une liaison efficace faisant réellement travailler le plancher composite comme une structure mixte.

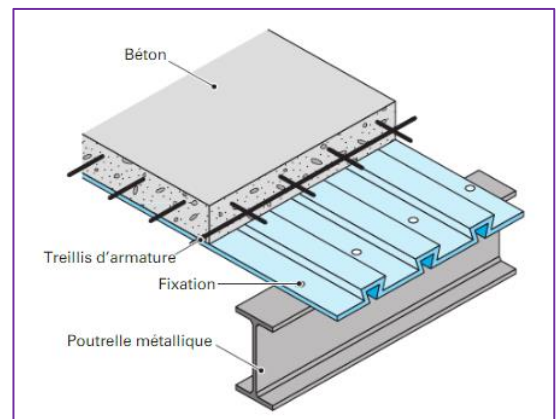


Figure 191 : Dalle mixte avec tôle nervurée
Source : www.researchgate.net

VII.1.2 STRUCTURE BIDIMENTIONNELLES :

La structure bidimensionnelle métallique se réfère à un système constructif dans lequel la stabilité de la structure est principalement assurée par des éléments situés dans un seul plan, généralement horizontale. Ce type est souvent utilisé pour les structures légères ou les éléments non porteurs, comme c'est notre cas d'une couverture extérieure.

Une alternative à la tessellation régulière connue et utilisée en architecture. La distribution caractéristique de la surface de Voronoï bidimensionnelle pour un ensemble donné.³⁸

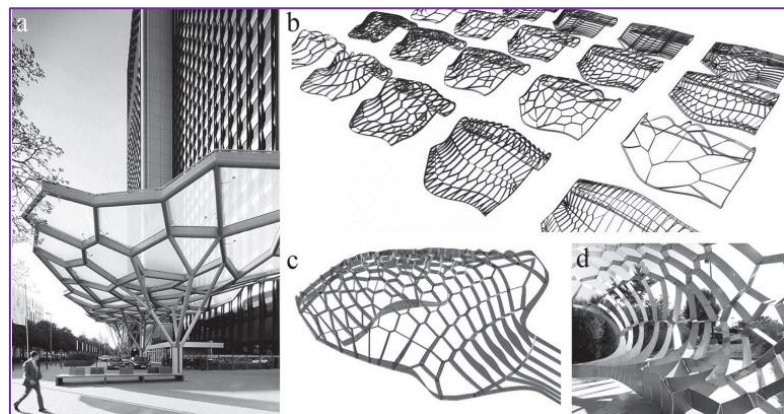


Figure 192 : Application du diagramme de Voronoï en discrétisation des surfaces structurales

³⁸ Voronoi diagrams – rod structure research models in architectural and structural optimization, Wiesław Rokicki, Ewelina Gawell.

Cette structure bidimensionnelle en architecture est souvent complétée par d'autres éléments structuraux pour assurer la stabilité globale de la couverture, tels que des poteaux dans la partie qui couvre l'espace de contact informelle de la salle de conférence, et des câbles articulés avec les planchers du bâtiment.



Figure 193 : Vues en 3D sur la structure bidimensionnelle Du projet
Source : Auteur

VII.1.3 STRUCTURE EN BÉTON PRÉCONTRAIT :

La structure en béton précontraint est un type de construction utilisant du béton renforcé par des câbles ou des barres d'acier précontraints. La précontrainte consiste à appliquer des forces de compression initiales aux éléments de la structure, ce qui permet de compenser les forces de traction induites par les charges externes.

Les avantages de ce type de construction sont nombreux : cela permet d'optimiser l'utilisation du matériau, car le béton travaille principalement en compression, tandis que les câbles ou les barres supportent les charges de traction. Cela permet de réduire les déformations et les fissures dans la structure, permet d'augmenter la résistance et la rigidité de la structure

La construction de structures en béton précontraint pour les sous-sols est une pratique courante dans de nombreux projets de construction. L'utilisation du béton précontraint offre plusieurs avantages pour les sous-sols en termes de résistance, de durabilité et de gestion des contraintes. Qui est appliqué au niveau du sous-sol de notre incubateur.

VII.2 Revêtement innovants des façades :

On a fait le choix du matériau de revêtement du sol suivants les paramètres suivants : durable, innovant, écologique, la capacité de l'isolation thermique et acoustique, ainsi que son impact sur l'environnement. Le GRC recyclé.

Ses avantages sont de : Réduction de l'empreinte environnementale qui servent à la durabilité environnementale de la construction tout en maintenant des performances et une esthétique élevées, et qui assure Isolation thermique et acoustique du bâtiment, ainsi que Réduction des ponts thermiques...



Figure 194 : Vue 3D sur le projet et le revêtement des façades
Source : Auteur

VII.3 Les JOINTS :

VII.3.1 Joints de dilatation :

Un joint de dilatation est une zone de séparation prévue et calculée dans la construction d'un bâtiment afin de permettre aux matériaux de se dilater et de se contracter en fonction des variations de température, de l'humidité et d'autres facteurs environnementaux.

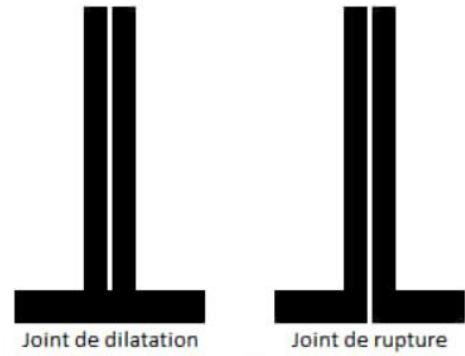


Figure 195 : Joint de dilatation et joint de rupture

VII.3.2 Joint de rupture :

Le joint de rupture consiste à diviser les fondations, afin d'éviter les risques liés aux tassements différentiels.

Dans notre cas, l'application du joint de rupture dès à la différence des gabarits, et donc du poids des structures différents.

Pour des raisons esthétiques, le haut du joint peut ensuite être calfeutré avec un matériau compressible (exemple : bande de mousse compressible ou mastic souple) ou un couvre joint.



Figure 196 : Application du mastic sur les joints
Source : bel.sika.com



Figure 197 : L'application des joints au niveau du projet
Source : Auteur

VII.4 Les types de vitrage :

VII.4.1 Le verre translucide :

Les façades translucides sont des panneaux de vitrage utilisés à l'extérieur des bâtiments. Ils aident à protéger la construction contre les intempéries, l'humidité et l'érosion. Ils viennent dans une large gamme de couleurs et de styles différents pour convenir à chaque travail. De nombreux architectes les utilisent pour améliorer l'esthétique de leur conception. En les fixant en place. Ils peuvent aussi de protéger les personnes contre les rayons UV nocifs.

Dans notre projet on a utilisé une gamme de cinq couleurs : Jaune, Bleu, Vert, Rouge, Blanc.

Ces panneaux sont intégrés dans la couverture en structure bidimensionnels, évidée dans quelques polygones de Voronoï pour la hauteur des palmiers.



Figure 198 : Vue sur le vitrage translucide de la couverture
Source : Auteur

VII.4.2 Un vitrage Chromatique :

On a choisi d'utiliser ce type de vitrage au niveau des atrium.

Le vitrage chromatique intelligent, ou vitrage électrochrome ou verre intelligent, est un type de vitrage innovant qui peut modifier ses propriétés optiques en réponse à un signal électrique. Il est conçu pour réguler la quantité de lumière et de chaleur solaire qui pénètre à travers l'atrium, offrant ainsi un contrôle dynamique de l'éclairage, de la chaleur et de la confidentialité à l'intérieur des bâtiments.

Ce vitrage peut être intégré à des systèmes de gestion automatisés, tels que des capteurs ou des dispositifs de contrôle, pour optimiser ses performances et répondre aux besoins spécifiques d'un bâtiment.



Figure 199 : Les atriums du projet

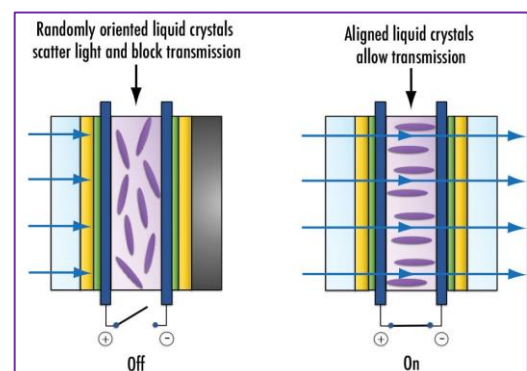


Figure 200 : Fonctionnement de vitrage intelligent
Source : www.edmundoptics.fr

VII.4.3 Vitrage à opacité contrôlée :

Le vitrage à opacité contrôlée, appelé aussi verre opacifiant, est un verre innovant changeant d'état de transparent à translucide grâce à un simple courant électrique. Ce dernier est en réalité un verre feuilleté EVA hydrophobe dans lequel est insérer un film polyester à cristaux liquides. Par l'impulsion électrique, les cristaux liquides s'alignent, rendant le verre transparent.

- Dans notre projet on a intégré ce type comme un enveloppe des box de travail VIP, et qui sera texturé par le diagramme de Voronoï et chaque box par une couleur ... pour créer un espace intérieur ambient et vive donne sur le hall d'accueil, et aussi pour assurer l'intimité des usagers de l'espace ...

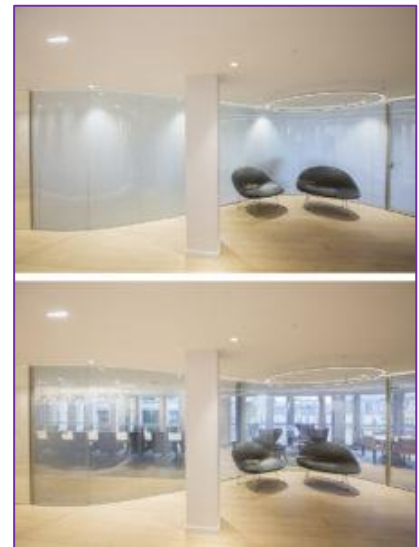


Figure 201 : Vitrage à opacité contrôlée
Source : www.miroiterie.fr

VII.5 Panneaux En Béton Translucide :

Les panneaux en béton translucide sont des éléments de construction fabriqués à partir de béton formulé pour permettre le passage partiel de la lumière à travers le matériau. Ce béton translucide intègre des matériaux transparents ou des fibres optiques pour créer cet effet de transmission de la lumière.

Il est. Léger, fiable, fonctionnel, offrant une bonne acoustique et de vastes possibilités de décor Stratifié. Pour cela on a choisi pour le hall d'entrée et l'espace de pause coffee dans le bloc des entités public et comme un supporte à l'escalier en consol au niveau du bloc de l'entité de recherche privé

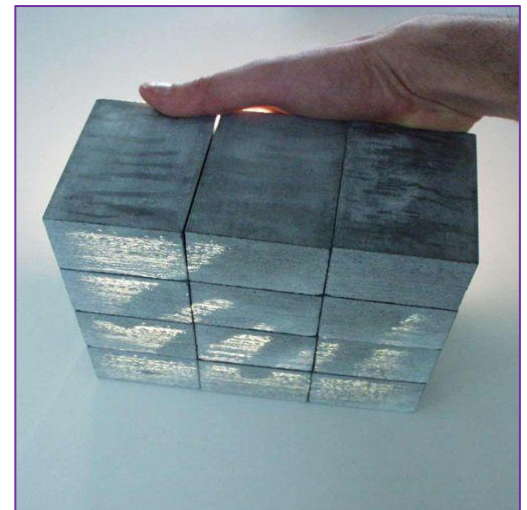


Figure 202 : béton Translucide
Source : www.nistareast.com

VII.6 Cloisons amovibles :

Les cloisons amovibles sont des éléments de séparation flexibles et modulaires utilisés dans les espaces intérieurs pour créer des divisions temporaires ou reconfigurables. Ils peuvent être déplacées, réorganisées ou enlevées selon les besoins, offrant ainsi une grande flexibilité et une adaptabilité aux différents environnements.

Ils seront utilisés pour les espaces flexibles liées à l'entité de recherche et pédagogique, réalisées en pvc ou en aluminium.



Figure 203 : Cloisons amovibles
Source : www.edmundoptics.fr

VII.7 Stratégies et techniques passives :

VII.7.1 Façade Ventilée :

Ou façades à double peau, c'est un système de revêtement extérieur utilisé dans la construction de bâtiments. Elles consistent en une couche extérieure (de GRC Recyclé dans notre projet), généralement constituée de panneaux, qui est séparée de la structure du bâtiment par un espace vide ou une lame d'air.

-Son fonctionnement en 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

-En Hiver : la double peau est fermée, nous exploitons le rayonnement solaire pour réchauffer l'air à l'intérieur de la double peau et accumuler la chaleur solaire. Nous utilisons également les ouvertures de façade du bâtiment pour permettre à l'air chaud de la double peau de pénétrer à l'intérieur, réduisant ainsi la nécessité de recourir au chauffage.

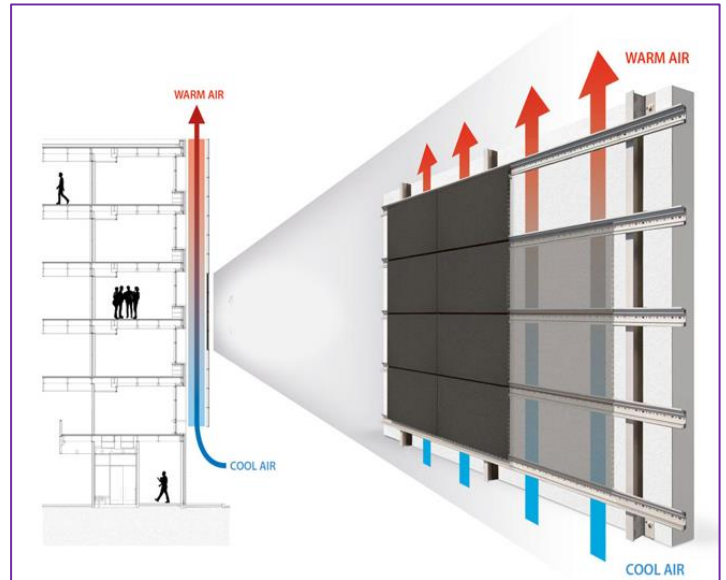


Figure 204 : La façade Ventilée

VII.7.2 Façade Dynamique :

Selon WIGGINTON-M et HARRIS-J, la FI est définie comme un contrôleur actif et réactif des échanges entre l'extérieur et l'intérieur avec la capacité de fournir un confort optimal. Donc l'enveloppe devient une membrane adaptative et dynamique grâce à l'information recueillie par des capteurs, ou par des matériaux est transformé en action.

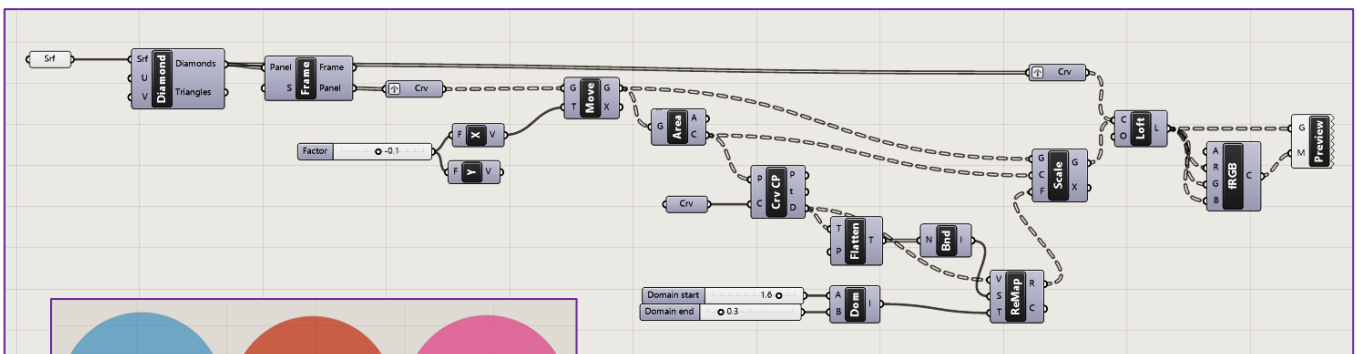


Figure 205 : Longanime de façade dynamique en GrassHopper
Source : Auteur

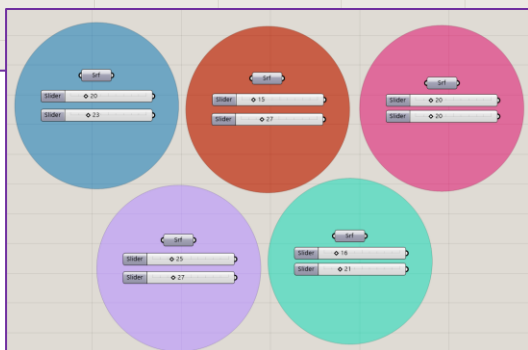


Figure 206 : Les cinq surfaces d'intégration de la façade dynamique
Source : Auteur

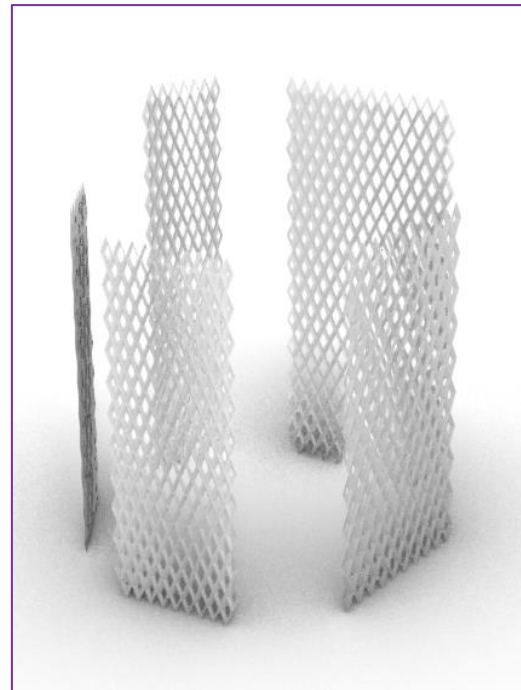
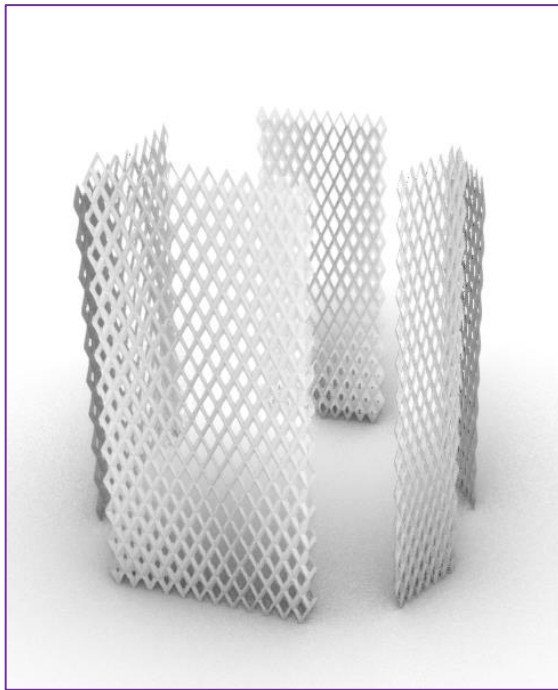


Figure 207 : Les façades dynamique intégrer dans la tour du projet
Source : Auteur

VII.7.3 Ventilation par atrium :

Un atrium est une caractéristique architecturale courante dans de nombreux bâtiments modernes. Son rôle principal est de créer un espace intérieur ouvert et bien éclairé, assure une ventilation naturelle efficace, et joue un rôle clé dans l'amélioration de l'expérience des occupants et contribue à la fonctionnalité globale et à l'esthétique du bâtiment.

On a intégré deux atriums au niveau du bloc qui contient les activités de recherche et de repos, et un atrium donne sur le hall d'accueil du projet

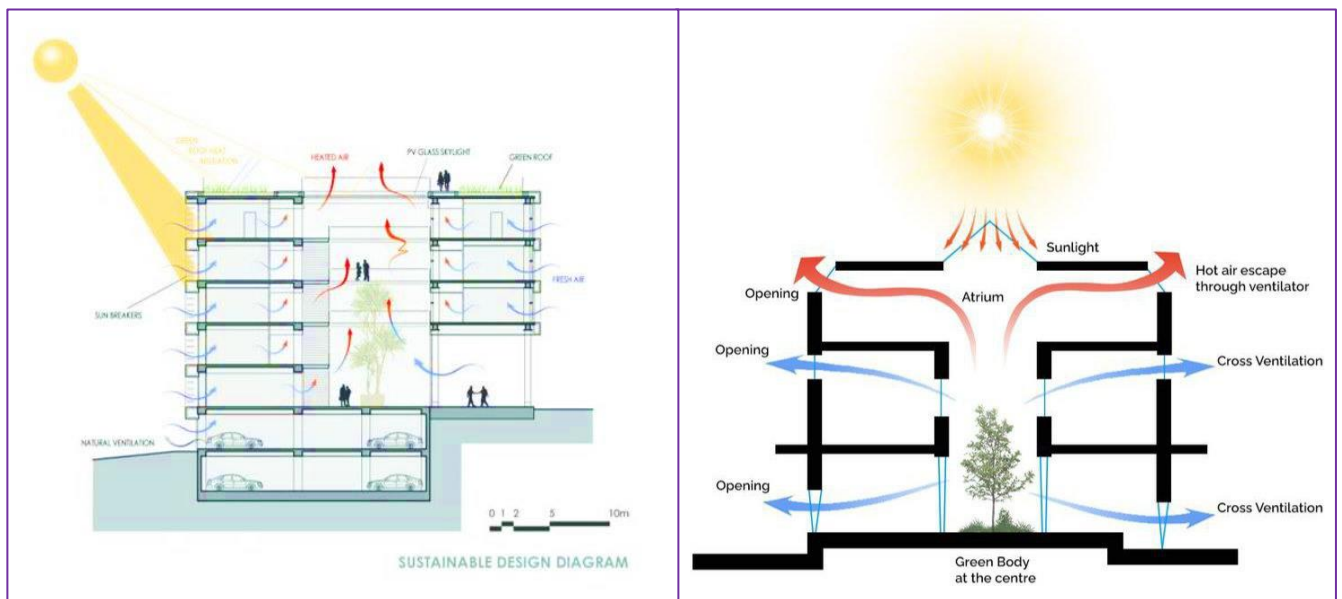


Figure 208 : Fonctionnement d'un atrium Source ; www.pinterest.com

VII.7.4 Ventilation par tour à vent :

Une tour à vent peut jouer un rôle important dans un bâtiment en favorisant la ventilation naturelle, le rafraîchissement passif, l'évacuation des polluants et en ajoutant une esthétique intéressante. Elle peut contribuer à créer un environnement intérieur plus confortable, sain et durable, tout en réduisant la dépendance aux systèmes de climatisation mécanique

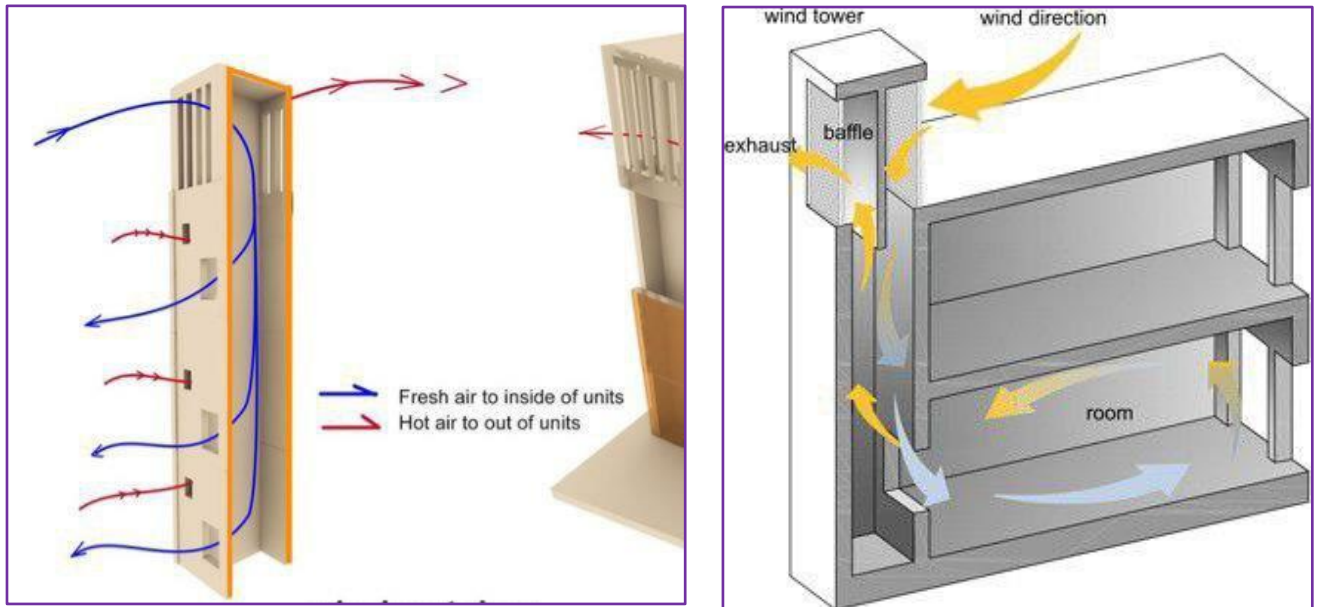


Figure 209 : Fonctionnement tour à vent

Dans notre projet on a inséré la tour à vent dans la tour avec des ouverture orienté vers le nord-Est afin de capter les vents favorables et assurer une bonne ventilation et un renouvellement d'air suffisant des espaces... cette tour à vent a été associé avec une cage d'escalier pour mailer efficacité.

VII.7.5 Les Stratégies De La Production De L'Energie :

VII.7.5.1 Panneaux Photovoltaïques Flexibles :

Les Panneaux Photovoltaïques Flexibles sont des dispositifs qui convertissent la lumière du soleil en électricité. Ils sont fabriqués à partir de matériaux souples tels que le plastique, le polymère ou le silicium amorphe.

Dans le projet, ils sont intégrés au niveau de toiture incliné vers le Sud pour la production de l'électricité.

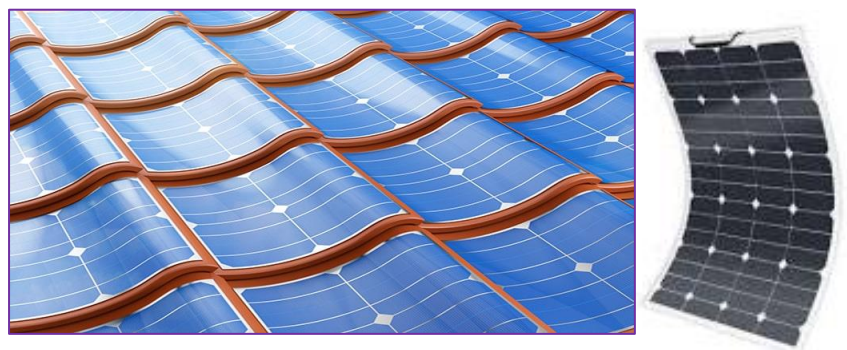


Figure 210 : Panneaux Photovoltaïques flexibles

VII.7.5.2 Textiles Photovoltaïques :

Ce sont des textiles fabriqués en incorporant des cellules solaires flexibles dans les fibres du tissu, ce qui permet de produire de l'électricité à partir de la lumière du soleil.

L'utilisation de ce type au niveau de la couverture des zones de stationnement, afin de produire une énergie électrique destinée au voiture électrique.



Figure 211 : Vue sur les textiles photovoltaïques des zones de stationnement

VII.7.5.3 L'énergie cinétique en électrique par un revêtement de sol :

Se présente sous la forme de dalles équipées de capteurs. Ces derniers capturent l'énergie produite, encore appelée énergie cinétique, lorsqu'une personne marche ou court sur la surface de la dalle. Stockée dans des batteries.



Figure 212 : La configuration de l'énergie cinétique par le revêtement de sol

VII.8 Les détecteurs de Mouvement :

Ou détecteurs de mouvement, sont des dispositifs électroniques conçus pour détecter la présence humaine dans un espace, permettent d'aider les gestionnaires de bâtiments dans leur "quête" à l'économie d'énergie. En effet, outre la commande de l'éclairage intérieur et extérieur, ils sont actuellement utilisés pour la commande d'automatismes tels que :

- La gestion de la ventilation, dans les locaux à occupation intermittente comme les salles de conférence par exemple.

- La régulation des installations de chauffage et de climatisation ;

- Le déclenchement de l'alarme.

Technologies des détecteurs Détecteur à infrarouge (IR) :

Les détecteurs placés au plafond : Un capteur qui permet une détection horizontale et verticale (surveillance en zone basse).

Ce système s'utilise pour détecter une présence dans des escaliers ou les espaces de circulation par exemple.

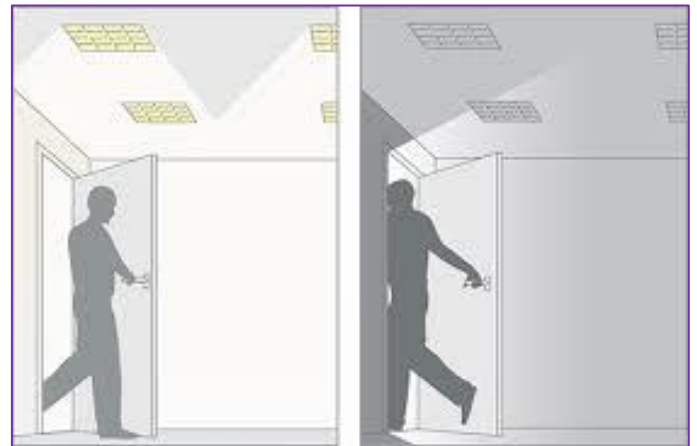


Figure 213 : Les détecteurs de mouvement
Source : www.legrand.co.uk

VII.9 Capteurs, contrôles et réseaux :

L'éclairage, les fenêtres, les équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation, les chauffe-eau et d'autres équipements de bâtiment commencent à être équipés de contrôleurs intelligents et souvent de capacités de communication sans fil. Ces systèmes offrent de nombreuses possibilités d'améliorer l'efficacité des bâtiments, de gérer les charges de pointe et de fournir des services utiles pour contrôler le coût.

Les capteurs et les commandes à faible coût permettent également aux individus d'avoir un meilleur contrôle sur les conditions thermiques et d'éclairage et, si nécessaire, sur la qualité de l'air.

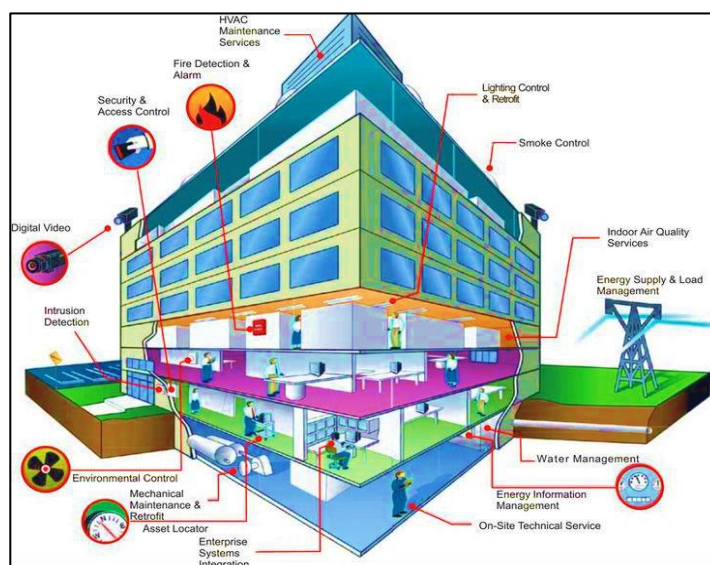


Figure 214 : Gestion intelligente du bâtiment

Les systèmes doivent être capables de faire ce qui suit :

- Contrôler les températures, l'humidité et les taux de ventilation des espaces, les ouvertures réglables, les persiennes variables et les lumières à gradation.
- Contrôler les gros appareils - la plupart des appareils sont contrôlés en les éteignant ou en les allumant, mais la nouvelle génération d'appareils permet un réglage plus sophistiqué du fonctionnement.
- Utiliser les prévisions météorologiques pour élaborer des stratégies optimales de préchauffage ou de refroidissement de la structure.
- Détecter et identifier les défaillances des composants et rechercher les signes indiquant que l'équipement est sur le point de tomber en panne.

VII.1 PROTECTION CONTRE INCENDIES :

Système de sécurité incendie (SDI) : Les différents détecteurs :

La fumée : Le VOTA : C'est un détecteur optique à effet Tyndall associé à une sonde thermique, il peut être un complément intéressant au détecteur ionique dans la détection des feux ouverts.

La chaleur : Le VTVA : C'est un détecteur de chaleur muni d'un capteur thermique de très faible inertie, il associe effets thermostatiques et thermo vélocimétrique.

La flamme : Le VIRA : Sa discrimination bivarde IR lui permet d'identifier la signature de la flamme augmentant largement son immunité aux fausses alarmes.



Figure 215 : Installation système anti-incendie

Système Sprinkler : Il est conçu pour permettre de déceler le feu, de donner l'alarme et de contenir, voire d'éteindre l'incendie à ses débuts. Son efficacité est telle que les autorités l'ont rendu obligatoire dans certains contextes. Petit tour d'horizon sur son principe de fonctionnement

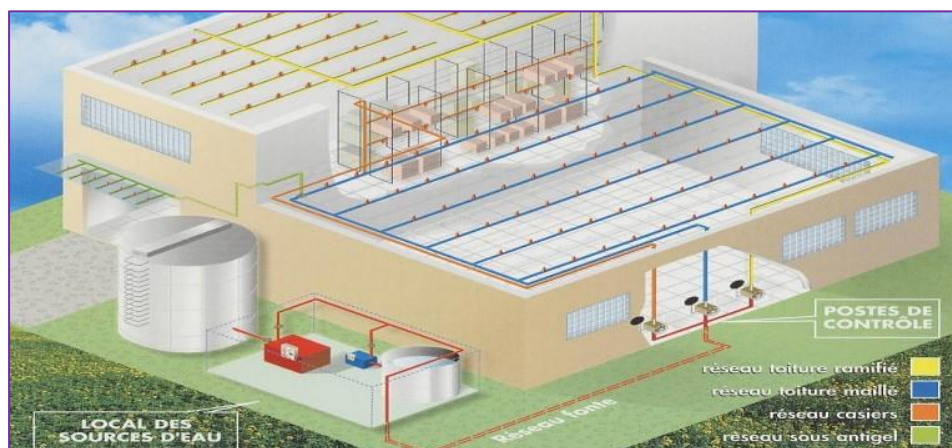


Figure 216 : Schéma de système sprinkler
Source : atossa.fr/

**VIII. CHAPITRE 07 :
SIMULATION & DURABILITE**

INTRODUCTION

Actuellement, L'évaluation du confort dans le bâtiment est un processus essentiel pour garantir et assurer les conditions optimales de température, humidité, éclairage, et qualité respiratoire à l'intérieur des espaces...

Et il est important de noter que le confort dans un bâtiment est le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs, dont les matériaux de construction présentent un facteur très important pour la création d'un environnement intérieur optimal...

Dans un incubateur d'entreprise des matériaux de construction innovants, à la ville de Ghardaïa caractérisé par son climat chaud et aride, il est nécessaire d'adopter une approche méthodique et scientifique pour identifier les propriétés des matériaux de construction qui influencent le niveau de confort des usagers ainsi que la consommation énergétique du bâtiment.

Notre incubateur présente un établissement scientifique et de recherche, les laboratoires présentent l'espace le plus important par sa fonction, ses usagers, et la période d'occupation, ainsi que ses exigences ...

Notre travail est d'évaluer les différents types de confort (hygrothermique et qualité respiratoire) dans un laboratoire par une simulation numérique, afin de déterminer l'impact des matériaux de construction sur les différents indicateurs de confort et de performance énergétique.

VIII.1 PROBLEMATIQUE :

En moyenne, les gens passent 87% de leur vie à l'intérieur (Klepeis, et al., 2001). Le confort intérieur une bonne qualité d'air sont des plus importants paramètres du bien-être humain, qui peut être influencé par plusieurs facteurs tels que le climat, les matériaux de construction, l'isolation, positionnement des ouvertures.... Par conséquent, le défi le plus ambitieux est de concevoir un environnement intérieur efficace qui maintient un équilibre entre une bonne isolation pour garantir une température intérieure dans la plage du confort sans être influencé par le climat, et un renouvellement d'air suffisant au confort respiratoire, ainsi que la rationalisation de la consommation d'énergie.

Donc, Nous tentons de reprendre aux problématiques suivantes :

- Quelle est l'impact de l'isolation et des matériaux de construction sur le confort thermique et la consommation d'énergie dans notre futur incubateur ?
- Quels sont les caractéristiques des matériaux de construction des parois, qui permet d'améliorer le confort des chercheurs dans un laboratoire dans les conditions climatiques de la ville de Ghardaïa ?

VIII.2 HYPOTHESES :

Pour répondre à notre problématique, on propose les hypothèses suivantes :

- Les matériaux de construction avec une faible conductivité thermique contribuent à maintenir des températures intérieures plus stables, donc à améliorer le confort thermiques des usagers... et qui peuvent servir aussi à l'isolation acoustique afin de réduire les niveaux Sonores indésirables.

Sous hypothèse :

- L'utilisation d'un matériaux durable et disponible avec des caractéristiques appropriées tels que la brique en poudre de marbre recyclée pourrait améliorer les conditions de confort intérieur.
- L'utilisation de vitrage tel que le double vitrage avec un gaz d'argon affecte favorablement les conditions thermiques intérieures et la performance énergétique du projet.

VIII.3 OBJECTIFS :

- Assurer un niveau de confort thermique adéquat un renouvellement d'air suffisant au fonctionnement de laboratoire de recherche des matériaux de construction innovants.
- Minimiser la consommation énergétique du bâtiment.

VIII.4 METHODOLOGIE :

Le travail est structuré en deux étapes la première permet de définir quelques paramètres liés au confort thermique et qualité de l'air ainsi que les indicateurs de la consommation énergétique. La deuxième est une simulation numérique et évaluation de deux confort.

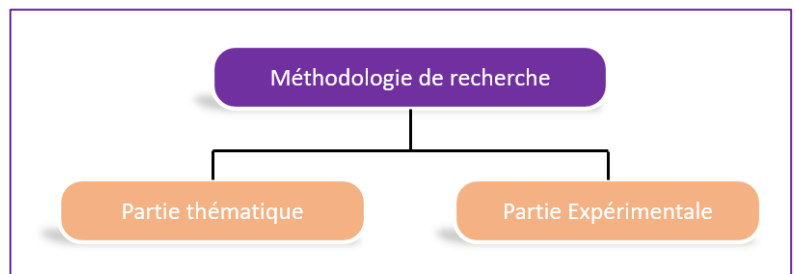


Figure 217 : méthodologie de la recherche

VIII.4.1 Aspect théorique :

Définition des concepts (voir chapitre théorique)

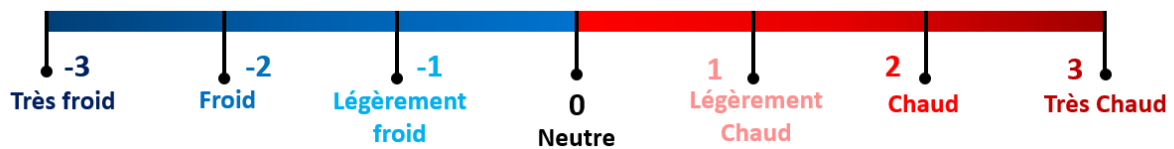
VIII.4.1.1 Les outils d'évaluation du confort thermique :

VIII.4.1.1.1 Le modèle de Fanger (L'approche analytique) :

Le **PMV** (Predicted Mean Vote) et le **PPD** (Percentage of People Dissatisfied), sont deux indicateurs dynamiques importants du confort thermique dans les bâtiments modernes, décrits par Fanger dans les années soixante-dix, utilisés dans la norme **ISO 7730**. Ces indicateurs dépendent des six paramètres du confort thermique (Voir l'annexe). Fanger a réuni des participants portant les mêmes vêtements et faisant des activités standardisées, sous différents

environnements thermiques, afin de se concentrer sur l'étude de l'échange d'énergie entre le corps humain et l'environnement.³⁹

Le PMV : Predicted mean vote : Est la réponse moyenne d'un grand nombre de personnes, décrit par un MET (degré d'activité physique) et un CLO se trouvant dans une ambiance décrite par Top, Hr et Vair, par l'utilisation de l'échelle de sept points de la sensation thermique ASHRAE allant du plus froid (- 3) au plus chaud (+3) avec neutre (0) :



Le PPD : Predicted percentage dissatisfied : Cet indice vient en complément au PMV pour prédire le nombre de personnes insatisfaites par rapport à une situation donnée.

La figure ci montre exprime la relation qui lie le PPD au PMV, et la zone la plus adéquate.

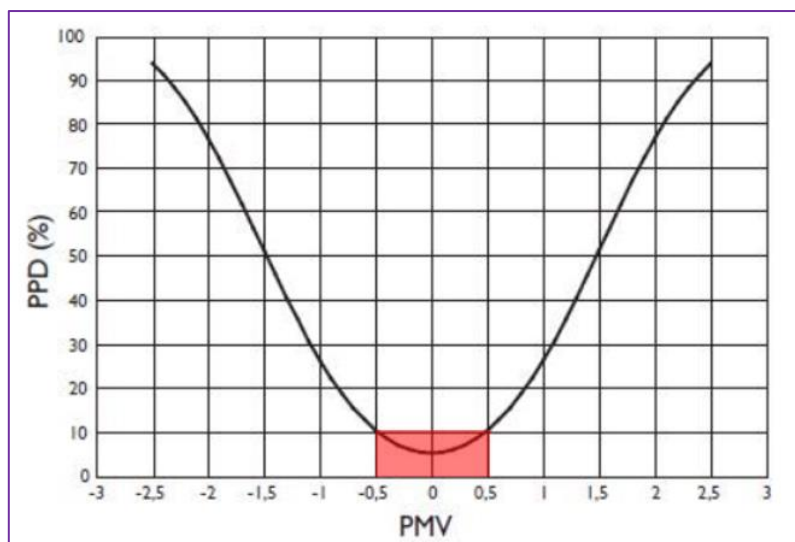


Figure 218 : Indices PMV et PPD avec la zone du confort.

✓ Les deux indicateurs sont utilisés ensemble pour évaluer le confort thermique global dans une pièce. En général, l'objectif est de maintenir le PMV le plus proche possible de zéro, tandis que le PPD doit être maintenu à un niveau aussi bas que possible, idéalement en dessous de 15%.

VIII.4.1.1.2 L'approche adaptative :

Les humains peuvent s'adapter à différentes températures à différentes périodes de l'année et c'est ici que l'idée est venue que le climat extérieur affecte le confort intérieur. De nombreux chercheurs ont mené des études sur le terrain dans le monde entier dans le cadre desquelles ils ont interrogé les occupants des bâtiments sur leur confort thermique tout en prenant des mesures environnementales simultanées. Ensuite, il a été établi le modèle dynamique qui permet de prévoir les variables physiologiques sous des conditions instationnaires à travers le

³⁹ BENBADA.Y & ELGUAIZI.B, " Initiation à La Simulation de L'environnement Intérieur d'un Habitat à L'aide de L'outil EnergyPlus ", 2020 / 2021, UNIVERSITE de OUARGLA

calcul d'un indice représentant la température équivalente d'une enceinte isotherme à 50 % d'humidité relative.

Humphrey, est arrivé à déterminer une expression mathématique de la température neutre basée sur la température extérieure moyenne mensuelle dont la formule est :

$$Tn = 11.09 + 0.534 T_o$$

Tn : est la température neutre (°C).

T_o : la température extérieure moyenne pour un mois en question (°C)⁴⁰

VIII.4.1.2 Evaluation de la qualité de l'air intérieur :

VIII.4.1.2.1 Le renouvellement de l'air :

L'hygiène de l'air est essentielle pour la pratique quotidienne en laboratoire. Dans les laboratoires, il est donc nécessaire d'assurer un taux de renouvellement d'air suffisant et donc de l'air neuf.

Selon le type de laboratoire, un taux de renouvellement de l'air de 2 à 10 fois doit être maintenu en standard (selon TS 17441 (DIN 1946 T7) renouvellement de l'air 8 fois).

VIII.4.1.2.2 Concentration en CO₂ :

Le dioxyde de carbone (CO₂) est une molécule produite par l'organisme humain au cours de la respiration. Sa concentration dans l'air intérieur des bâtiments est habituellement comprise entre 350 et 2500 ppm environ. Elle est liée à l'occupation humaine et au renouvellement d'air.

La concentration en CO₂ dans l'air intérieur est l'un des critères qui fondent la réglementation en matière d'aération des locaux. Le titre des Règlements sanitaires départementaux (RSD) fixe ainsi, pour les bâtiments non résidentiels, un seuil en CO₂ de 1000 ppm dans des conditions normales d'occupation, avec une tolérance à 1300 ppm.⁴¹

Donc on doit obtenues un laboratoire avec un taux de renouvellement d'air de 5 fois/h et une consigne de CO₂ 894 ppm (2.75 kg/m²/an).

VIII.4.1.2.3 Evaluation de la performance énergétique :

La performance énergétique :

Est souvent représentée par un indice de consommation énergétique exprimé en kWh/m².an. Cette valeur représente la quantité d'énergie consommée par mètre carré de surface d'un bâtiment en une année.

Les mesures de performance énergétique prennent en compte des indicateurs tels que l'indice de performance énergétique (IPE) ou le coefficient de performance énergétique (CPE).

⁴⁰ BENBADA.Y & ELGUAIZI.B, "Initiation à La Simulation de L'environnement Intérieur d'un Habitat à L'aide de L'outil EnergyPlus", 2020 / 2021, UNIVERSITE de OUARGLA

⁴¹ « Concentrations de CO₂ dans l'air intérieur et effets sur la santé » Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective

Pour les laboratoires, la performance énergétique peut être plus importante en raison des exigences spécifiques en matière de conditions environnementales et de sécurité. Selon une étude menée aux États-Unis, la consommation d'énergie d'un laboratoire peut varier de 200 kWh/m².an à plus de 1 000 kWh/m².an.

La consommation énergétique :

La consommation énergétique d'un bâtiment se réfère à la quantité totale d'énergie utilisée par le bâtiment pour ses différents besoins en chauffage, en climatisation, en éclairage, en ventilation, en équipements électriques, etc. Elle est mesurée généralement sur une période annuelle, et elle est exprimée en unités d'énergie telles que les kilowattheures (kWh).

La consommation énergétique est influencée par de nombreux facteurs, notamment la taille et la configuration du bâtiment, les caractéristiques de l'enveloppe (isolation, fenêtres, etc.), les différents systèmes installés, et les conditions climatiques locales.

VIII.4.1.2.4 Performances thermiques des matériaux de construction :

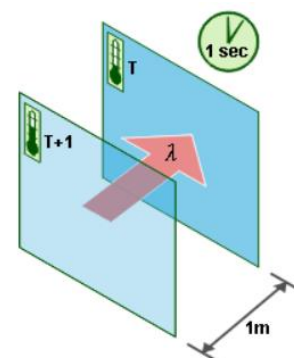
On peut citer des critères principaux qui guident le choix des matériaux de construction que sont les suivants :

La conductivité thermique (λ) : est une caractéristique propre à chaque matériau. Elle indique la quantité de chaleur qui se propage par conduction thermique :

- En 1 seconde.
- À travers 1 m² d'un matériau.
- Épais d'un 1 m.
- Lorsque la différence de température entre les deux faces est de 1 K (1 K = 1 °C).

La conductivité thermique s'exprime en **W/m.K**.

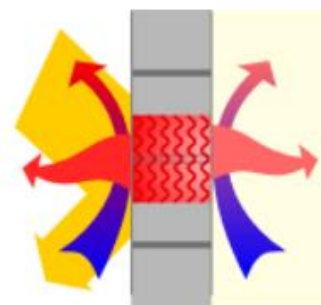
Plus la conductivité thermique est élevée, plus le matériau est conducteur de chaleur. Plus elle est faible, plus le produit est isolant.⁴²



L'inertie thermique :

L'inertie thermique peut simplement être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Cette capacité permet de limiter les effets d'une variation "rapide" de la température extérieure sur le climat intérieur par un déphasage entre la température extérieure et la température de surface intérieure des murs.



⁴² <https://energieplus-lesite.be/theories/enveloppe9/comportement-des-materiaux4/conductivite-thermique-d-un-materiau/>

VIII.4.1.2.5 La Réglementation Thermique :

RT 2020 : La Réglementation Thermique 2020 appelée aussi RE 2020 (Réglementation Environnementale), est une nouvelle norme thermique ; elle prend en compte l’empreinte environnementale des bâtiments, son objectif est que toute nouvelle construction doit produire plus d’énergie qu’elle n’en consomme.

Les bâtiments soumis à la RT 2020 doivent respecter les 3 normes clés :

1. Avoir une consommation de chauffage faible : L’objectif est d’avoir une consommation de chauffage inférieure à 12 KWhep/m² /an (kilowattheure d’énergie primaire par m² et par an).

Afin d’atteindre cet objectif il faut :

- Avoir une excellente isolation thermique, aussi bien au froid qu’à la chaleur.

- Mettre en place des matériaux à faible conductivité thermique.

2. Réduire sa consommation totale d’énergie : L’objectif est d’avoir une consommation d’énergie totale (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage et appareils électriques) inférieure à 100 kWh/m² /an. Pour cela il faut : une bonne isolation et des appareils moins énergivores.

3. Produire une énergie renouvelable pour avoir un bilan énergétique passif ou positif.⁴³

VIII.4.2 Aspect Expérimentale :

Évaluation numérique du confort Thermique, qualité respiratoire et la consommation d’énergie, dans un laboratoire de recherche.

VIII.4.2.1 Présentation du cas d’étude :

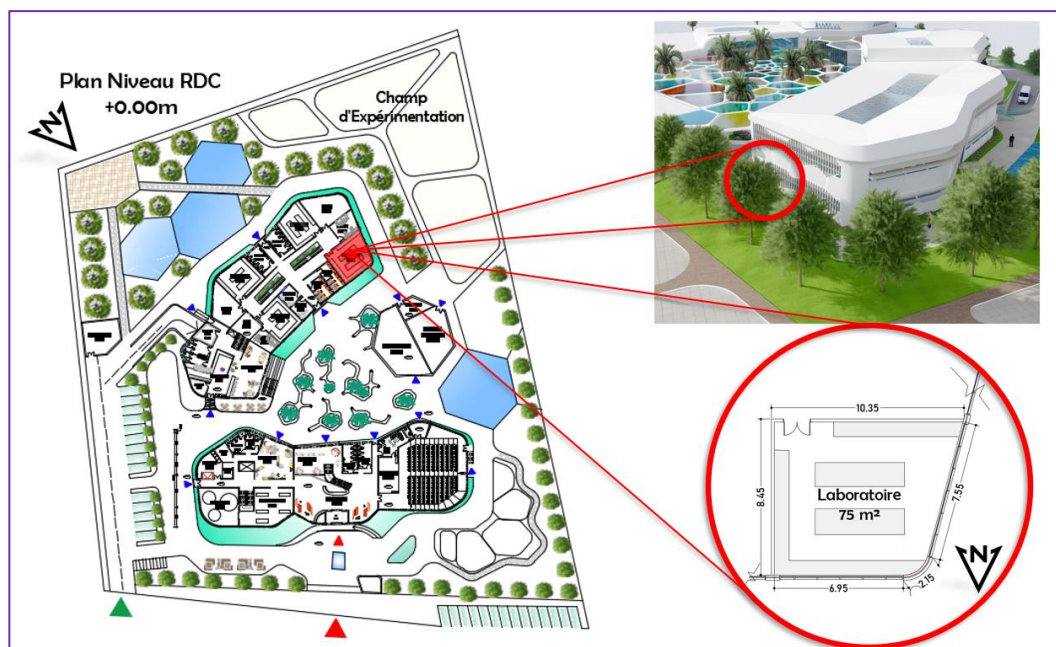


Figure 219 : Disposition du cas d’étude (laboratoire)
Source : L’auteur

⁴³ Mémoire « Vers la transition énergétique dans le secteur du bâtiment en Algérie : Analyse et recommandations », CHABANE-S, Amel-Z, Higher School In Applied Sciences --T L E M C E N—2021/2022

- **Choix de l'espace** : on a choisi un laboratoire pour son importance dans le projet et pour sa fonction et la longueur de la période d'occupation.
- **Surface** : 75 m²
- **Forme de l'espace** : irrégulière
- **Etage** : RDC.
- **Hauteur de plafond** : 4.00 m
- **Type ventilation** : naturelle.
- **Type d'éclairage** : de deux façades.
- **Orientation des ouvertures** : nord et ouest.
- **Élément d'ombrage** : Végétation par des arbres persistantes côté façade Ouest.

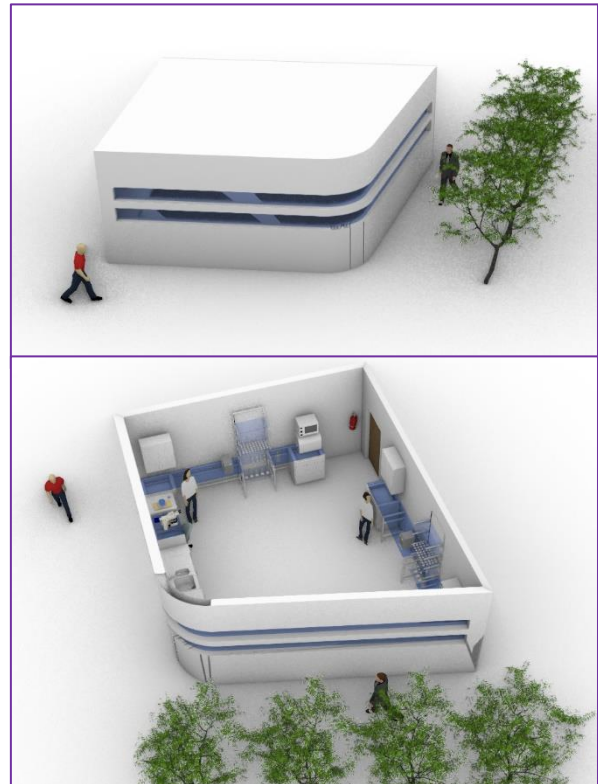


Figure 220 : Présentation du cas d'étude
Source : L'auteur

VIII.4.2.1 OUTIL DE LA SIMULATION :

Le logiciel Rhino est utilisé comme un outil de modélisation, Grasshopper pour la création du flux de simulation et l'intégration des différents paramètres par les plugins : Honeybee et Ladybug pour une évaluation par EnergyPlus afin d'obtenir les résultats du confort thermique, et le plugins Climat Studio pour obtenir l'évaluation de la qualité de l'air. L'optimisation du cas amélioré par le plugin Colibri.

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

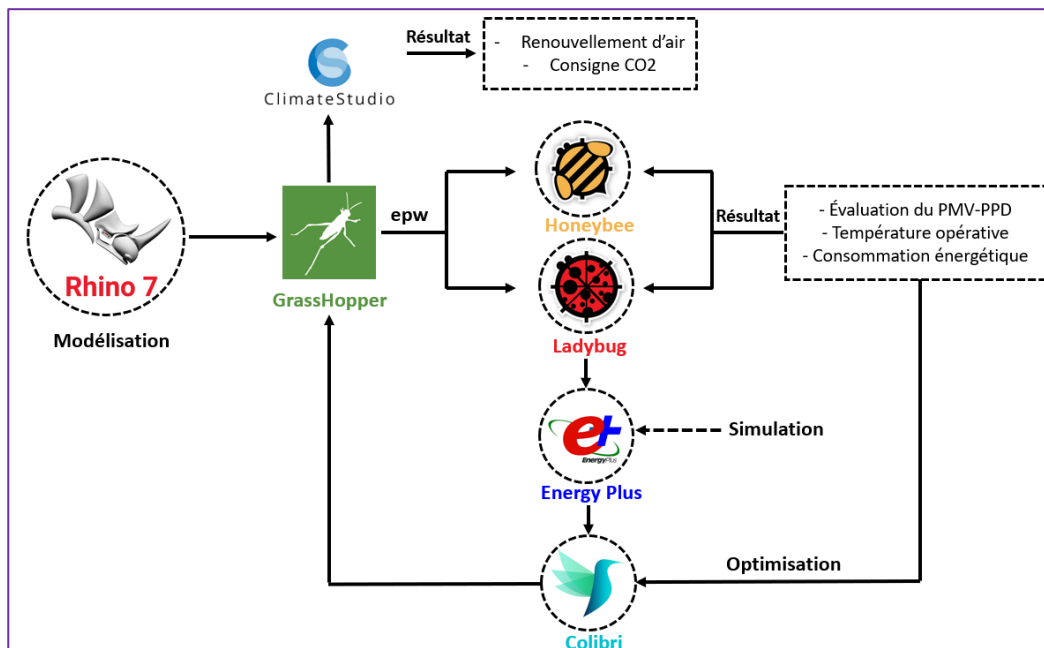


Figure 221 : Structure des outils de simulation
Source : L'auteur

VIII.4.2.2 LES PARAMETRES DU SIMULATION :

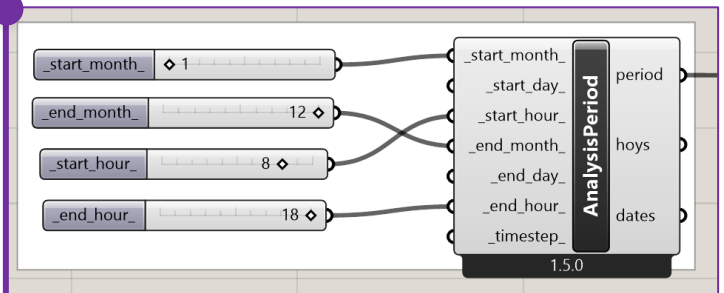
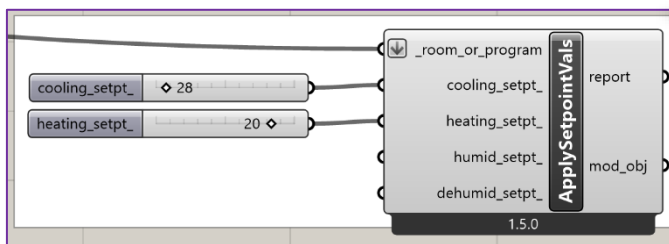
VIII.4.2.2.1 Les paramètres fixes :

- Surface du laboratoire
- Orientation des ouvertures
- La période de simulation :

Période annuelle (de janvier à décembre)

-Simulation dynamique-

Pendant les heures d'occupation
(occupation permanente de 8h à 18h)

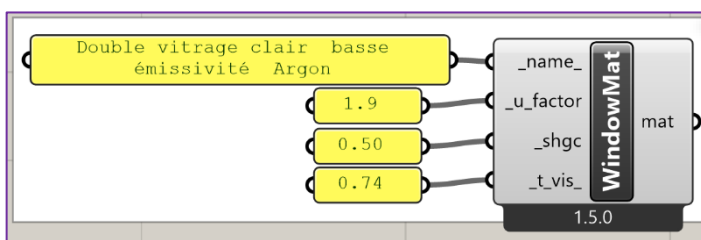
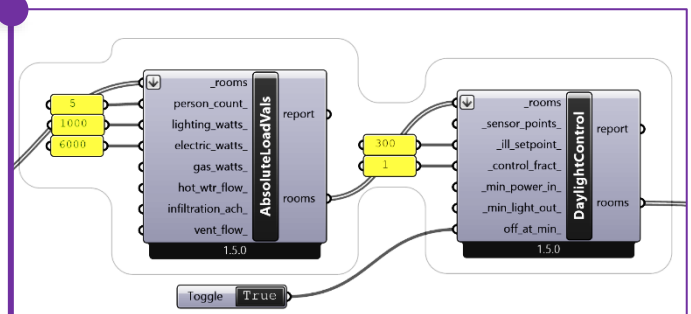


La température de service : qui présente la température ambiante recommandés par les occupants :

Point de consigne pour climatisation 28 C°

Point de consigne pour chauffage 20 C°

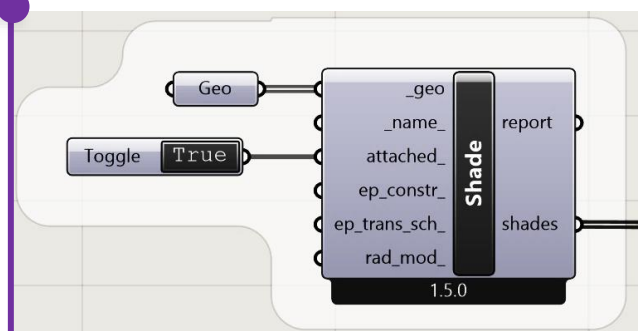
Un programme défini par l'occupation moyenne de l'espace par cinq personnes, la puissance des points lumineux, et un point de consigne de l'éclairage de 300 Lux.



Le type de vitrage de Double vitrage clair avec un gaz d'argon.

Et un ratio des ouverture fixe de 0.3 qui est recommandé dans un climat chaud et aride.

Les éléments d'ombrage : qui présentes la végétation et des brises solaires verticales dans la façade Ouest du Laboratoire.



VIII.4.2.2.2 Les paramètres variables :

Les matériaux de construction des parois et des planchers.

VIII.4.2.2.3 Paramètres à simuler :

Les indicateurs dynamiques du confort thermique (PPD-PMV-Top), Les indices dynamiques de la consommation énergétique, et les indicateurs du confort respiratoire.

VIII.4.2.3 PRESENTATION DES CAS DE SIMULATION :

VIII.4.2.3.1 LE CAS INITIAL :

Consiste à simuler le laboratoire avec les caractéristiques des matériaux de l'enveloppe suivants :

Parois extérieures	Conductivité thermique (w/m. K)	Densité (Kg/m3)	Chaleur spécifique J/(kg.k)
Enduit ciment	1	2200	1080
Brique de 15 cm	0.44	1100	940
Lame d'air 0.05	0.667	1.28	1000
Brique de 10 cm	0.44	1100	940
Enduit Plâtre	1	1200	1200
Parois Intérieure	Conductivité thermique (w/m. K)	Densité (Kg/m3)	Chaleur spécifique J/(kg.k)
Enduit Plâtre	1	1200	1200
Brique de 15 cm	0.44	1100	940
Enduit Plâtre	1	1200	1200
Dalle et plancher mixte sans isolation	Conductivité thermique (w/m. K)	Densité (Kg/m3)	Chaleur spécifique J/(kg.k)
Carrelage	0.47	2000	800
Mortier ciment	1	2200	1080
Dalle et plancher	1	1600	800

Tableau 4 : Composants de l'enveloppe du bâtiment Cas initiale Source : L'auteur

• **Intégration des matériaux de l'enveloppe du cas initial sur GrassHopper :**

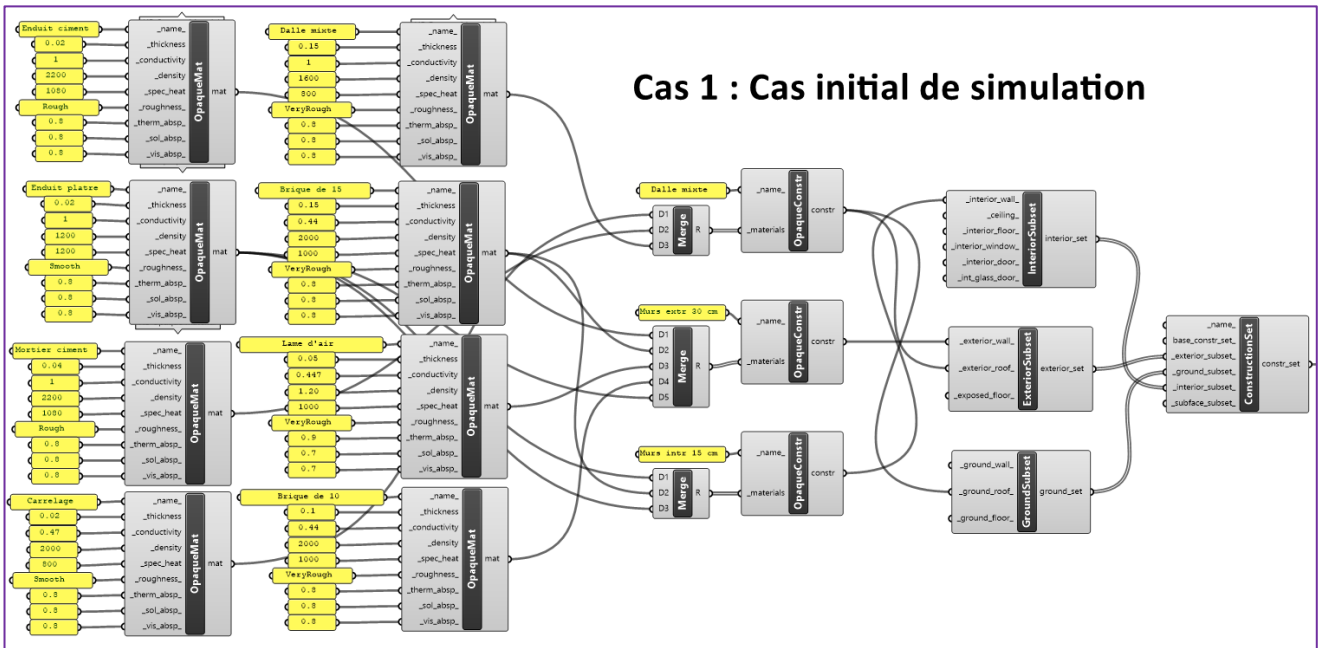


Figure 222 : Simulation du cas initial en Grasshopper
Source : Auteur -Honeybee-

VIII.4.2.3.2 Le cas amélioré :

Pour améliorer la performance énergétique du projet on a choisi les dispositifs d'isolation intégrés suivants :

Isolation des parois

Isolant de liège

- Les caractéristiques du matériau :
- Coeff. De conductivité thermique : 0,040 W/m. K
 - Densité : 100 Kg/m³
 - Epaisseur : 80 mm
 - Résistance : 2000 W/m² k)
 - Energie primaire très faible - Puits de carbone (réduit l'effet de serre) - Recyclable à 100% - Durable
 - Application murs extérieures



Isolation de la dalle et plancher

Polystyrène expansé

- Les caractéristiques du matériau :
- Conductivité thermique 0,028 W/m.°C
 - Densité 10 kg/m³
 - Chaleur spécifique 1450 J/kg. °C
 - Coefficient de diffusion à la vapeur d'eau 20 à 100
 - Perméabilité à la vapeur d'eau 300.10-5 à 400.10-5 g/m.h. mmHg
 - Bilan CO2 70 kg equivalent CO2/m³



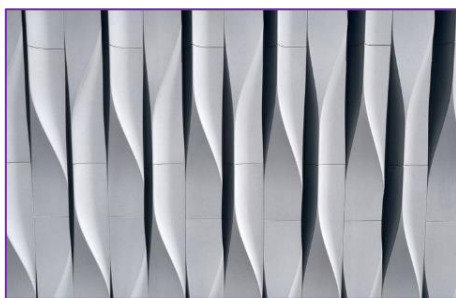
Matériau extérieur (la façade)

Béton armé de fibre de verre (GRC)

Les caractéristiques du matériau :

- Conductivité : 0.42 W/m. K
- Densité : 1800 kg/m³
- Epaisseur : 0.08 m

Avantages : Résistance au feu-
Isolation thermique et acoustique -
Flexibilité de conception- Durable



La brique des parois

Brique en poudre de marbre recyclé

Les caractéristiques du matériau :

- Conductivité : 0.35 W/m. K
- Densité : 2000 kg/m³
- Epaisseur : 10-15 cm

Chaleur spécifique : 1000 J/ (kg.k)

Avantages : Résistant- Isolation thermique

-Durable-respect de l'environnement



Intégration des matériaux de l'enveloppe du cas amélioré sur GrassHopper :

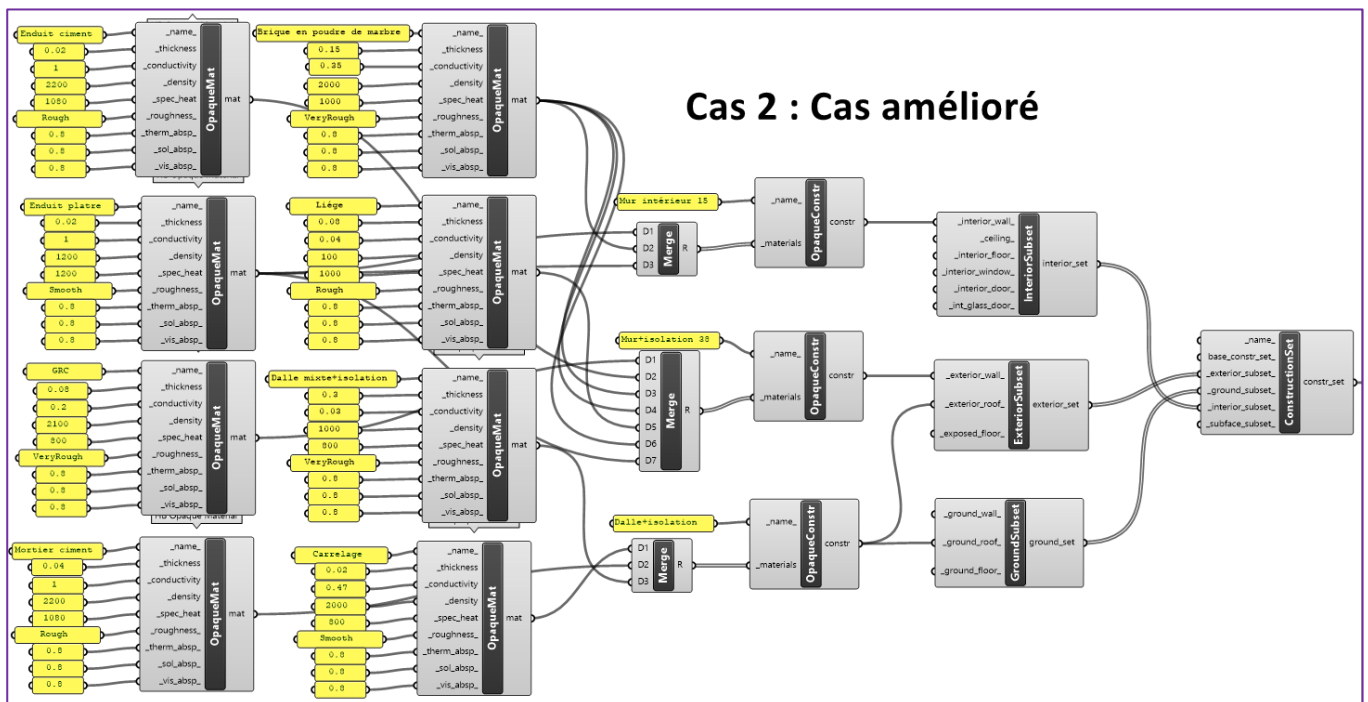
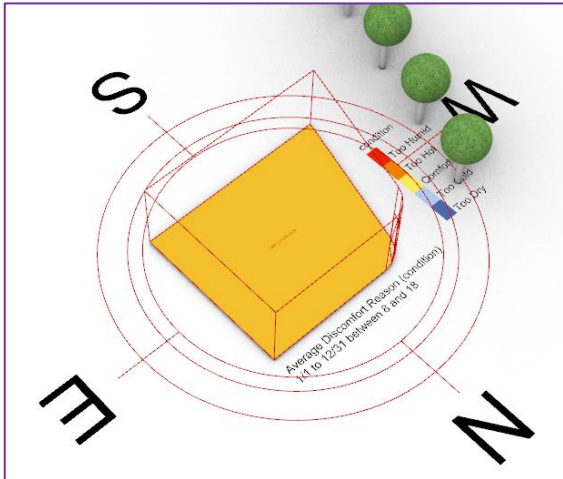
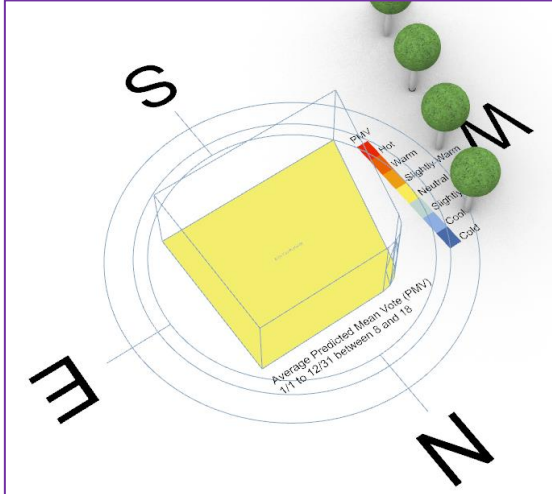
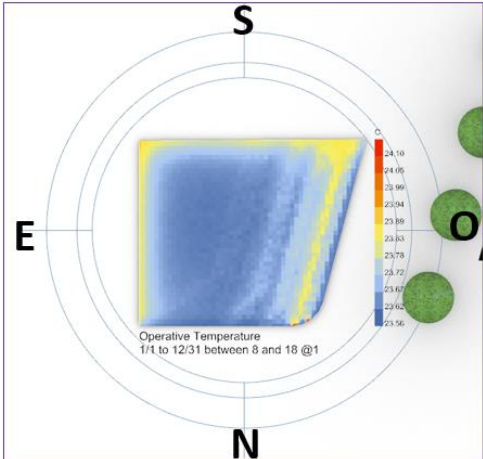


Figure 223 : Simulation du cas amélioré en GrassHopper
Source : Auteur -Honeybee-

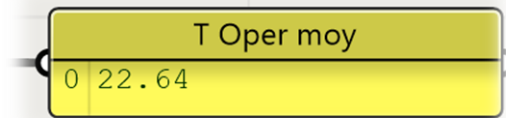
VIII.4.2.4 RESULTAT DE LA SIMULATION :

VIII.4.2.4.1.1 Indicateurs du confort Thermique :

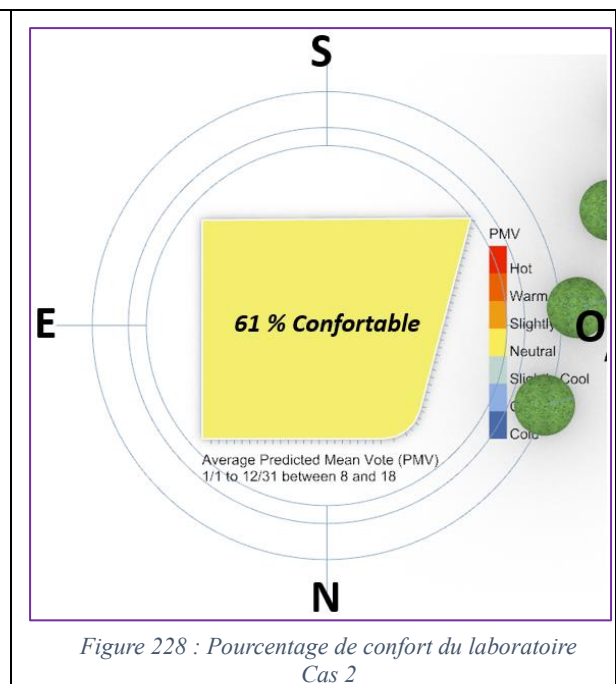
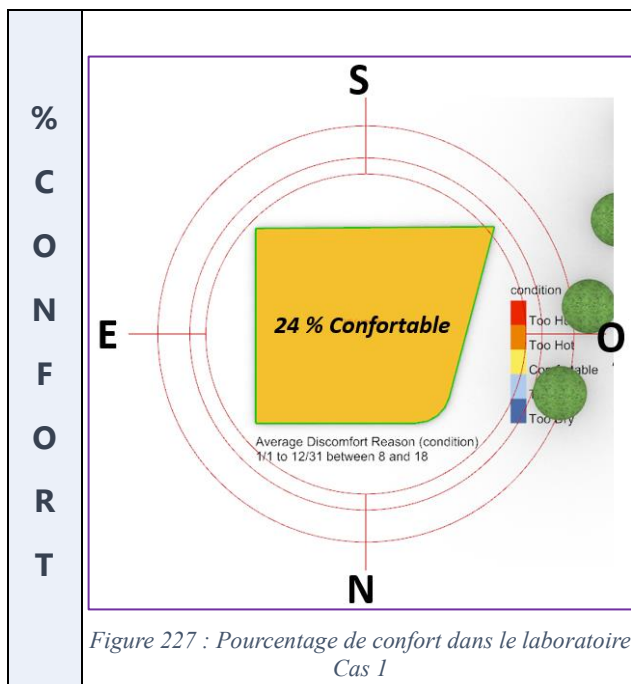
D'après la simulation du confort thermique des deux cas d'étude, on trouve les résultats présentés dans le tableau ci-dessus :

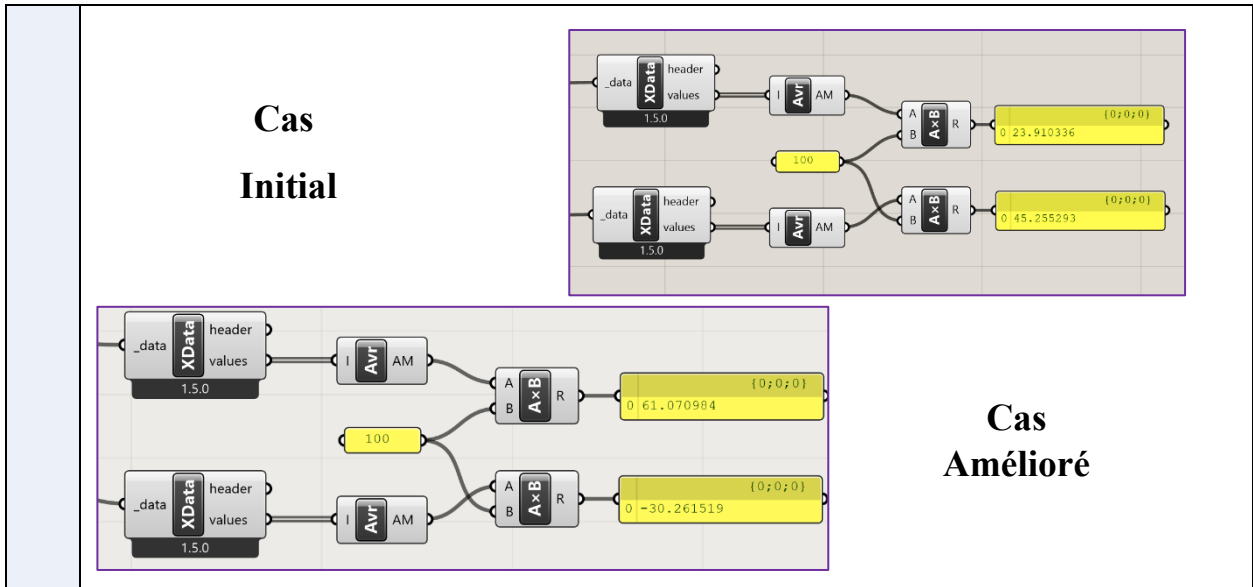
		Cas initial	Cas amélioré
P M V		 <p>Figure 225 : Le PMV du laboratoire cas initial Source : Auteur-Grasshopper-</p>	 <p>Figure 226 : Le PMV du laboratoire cas amélioré Source : Auteur-Grasshopper-</p>
		<div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; text-align: center;"> <p>PMV</p> <p>0 0.503228</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; text-align: center;"> <p>PMV</p> <p>0 -0.363169</p> </div>
P P D		<div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; text-align: center;"> <p>PPD</p> <p>0 23.922618</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; text-align: center;"> <p>PPD</p> <p>0 15.196884</p> </div>
La température opérative			
		<p style="text-align: center;">Cas Initial</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: #ffff00; padding: 5px; text-align: center;"> <p>T Oper moy</p> <p>0 24.46</p> </div>	 <p>Figure 224 : Température opérative moyenne dans le laboratoire Cas initial</p>

Cas Amélioré



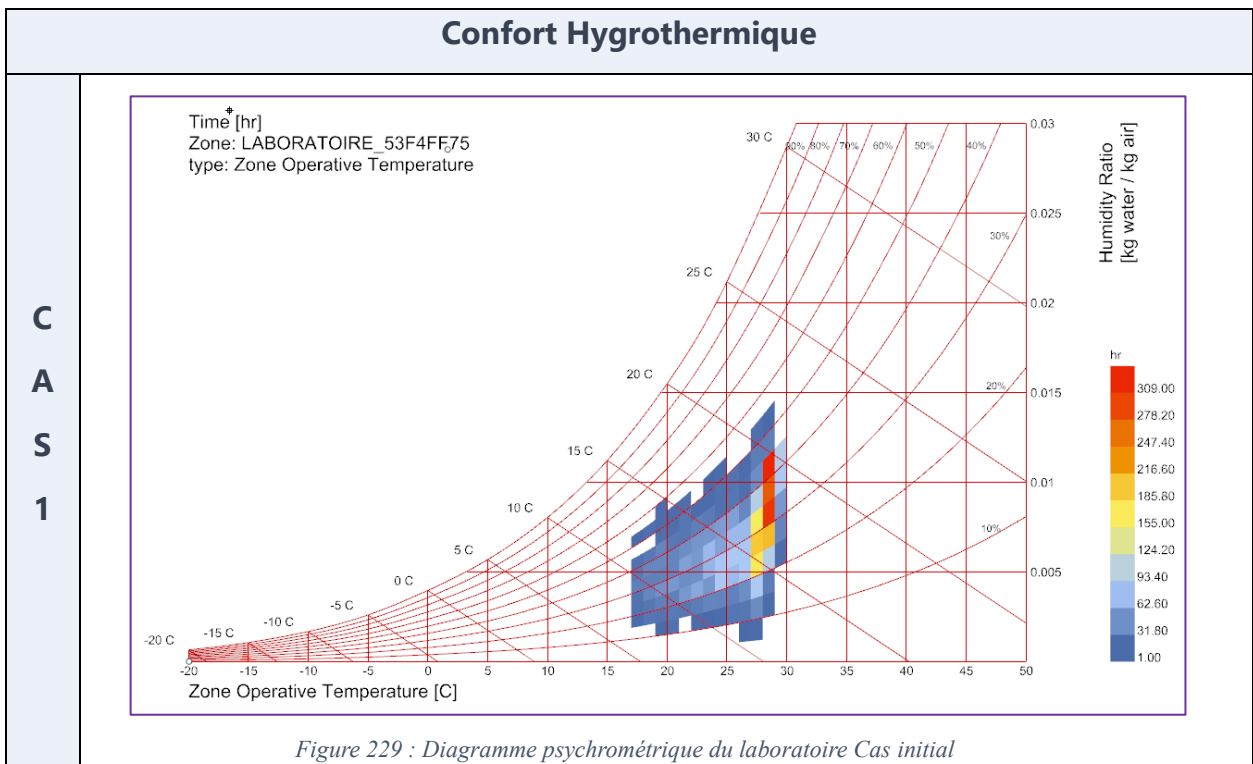
- **Commentaire :** L'évaluation des indicateurs dynamique du confort thermique dans les deux cas initial et amélioré on constate les résultats suivants :
- Dans les paramètres du cas initial peuvent créer un environnement intérieur d'un PMV : 0.5 Et un PPD : 23 % avec une température opérative moyenne dans le laboratoire de : 24.46 C°
- On trouve que le PMV et PPD sont pas dans la plage du confort thermique, mais concernant la température opérative est confortable.
- Pour le cas amélioré on constate les valeurs suivantes : PPD (-0.36) PMV (15.19) Et Top 22.64 C°
- On remarque une amélioration positive des conditions de l'environnement intérieur, donc les solutions proposées sont très efficaces.





- Commentaire :** D’après la simulation du pourcentage de confort dans l’espace de laboratoire selon les paramètres du cas initial et amélioré on trouve un pourcentage du confort 24% inconfort (67%), dans le cas initial et 61 % de confort dans le cas amélioré.

-Donc ces paramètres sont performants aussi sur le pourcentage de confort annuel.



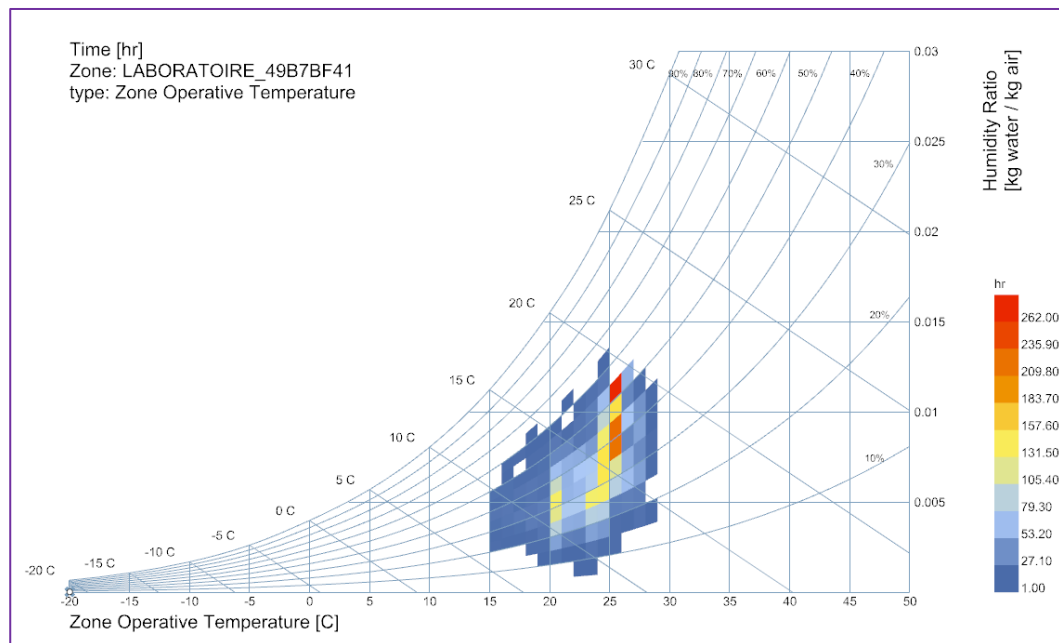


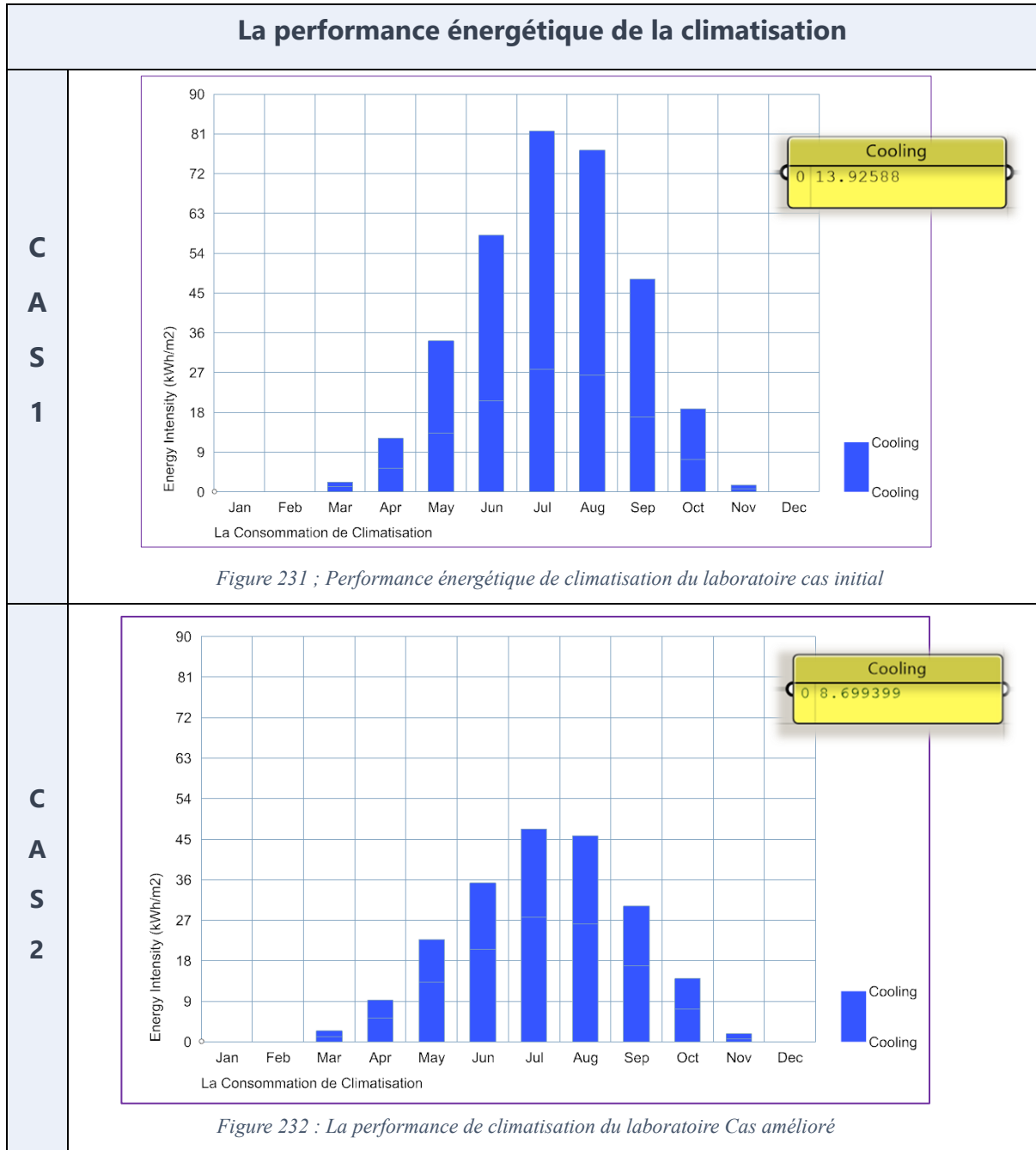
Figure 230 : Diagramme psychrométrique du laboratoire Cas amélioré

- **Commentaire :** D'après l'évaluation du confort hygrothermique dans le laboratoire, on constate les résultats suivants :
 - Dans le cas initial, on a des pourcentages d'humidité variés entre un maximum 60% et un minimum de 9%, dans une marge de température entre 17 et 21 °C.
 - Dans le cas amélioré, augmentation du pourcentage d'humidité dans l'espace à 65%, et des températures entre 18 et 21 °C pendant la majorité de la période de simulation
 - Donc les matériaux de construction et l'isolation thermique du laboratoire, ont un rendement aussi sur le confort hygrothermique.

Tableau 5 : Résultat de simulation du confort thermique et hygrothermique dans le laboratoire
Source : Auteur -GrassHopper-

VIII.4.2.4.2 Indices de la performance énergétique :

D'après l'évaluation de la performance énergétique des deux cas d'étude, on a obtenu les résultats présentés dans le tableau ci-dessus :



Commentaire : D'après le diagramme présenté ci-dessus de l'Indicateurs de performances énergétiques annuelle de la climatisation, on trouve :

- Dans le cas initial on trouve une augmentation remarquable de la consommation énergétique pour la climatisation pendant la période estivale connue un maximum au mois de juillet atteint 81 kWh/m². Avec une moyenne de 13.93 KWh/m²/an.
- Dans le cas amélioré on marque une diminution de la moyenne de la consommation annuelle à 8.69 avec un maximum au mois de juillet environ 48 kWh/m².
- Une diminution de 37.6 %.

La performance énergétique du chauffage

C
A
S
1

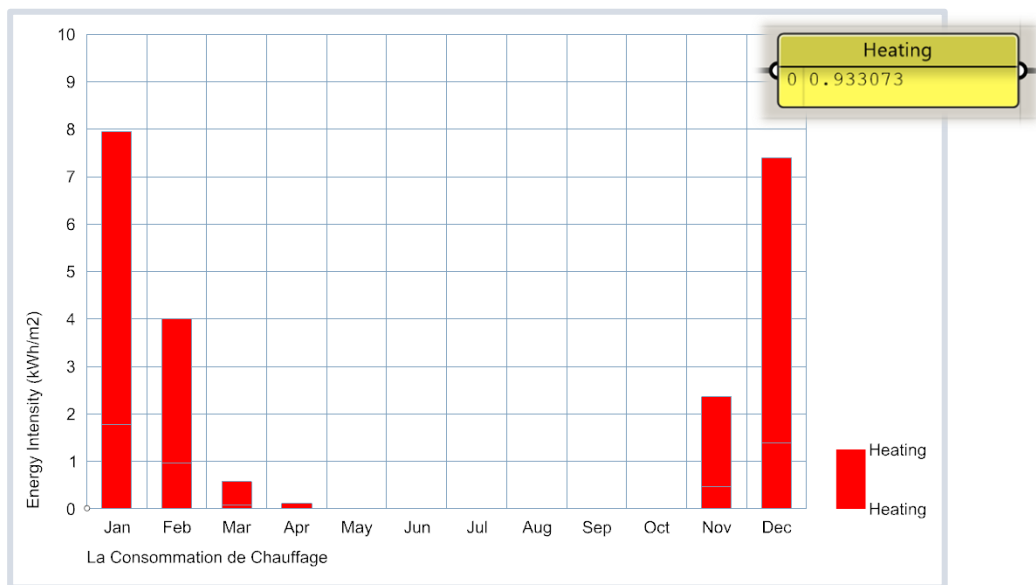


Figure 233 : La performance énergétique de chauffage du laboratoire Cas 1

C
A
S
2

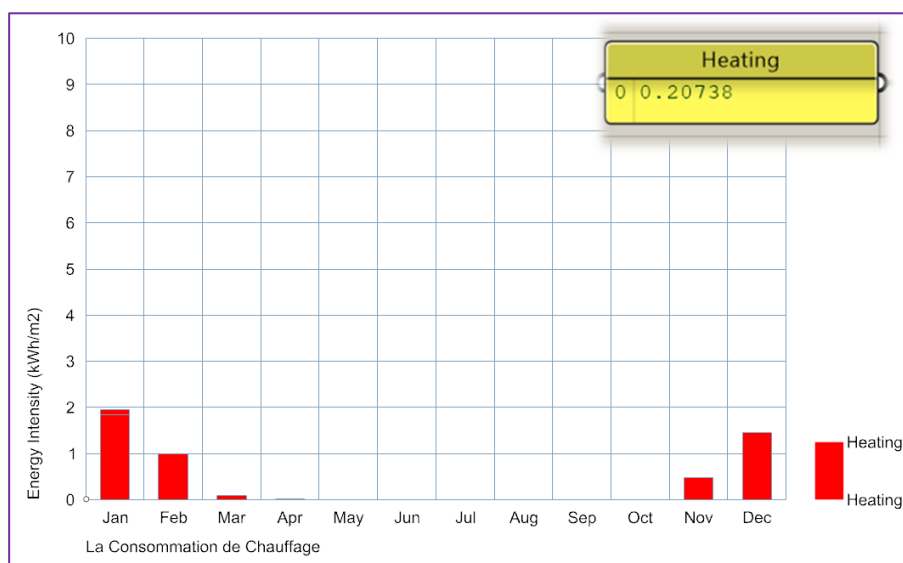
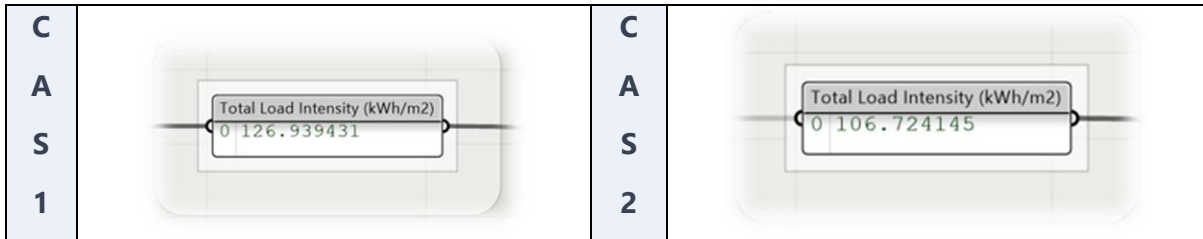


Figure 234 : La performance énergétique de chauffage du laboratoire Cas 2



Commentaire : Dans le cas initial on trouve que la consommation énergétique pour le chauffage atteint son maximum 8 KWh/m² en mois de janvier. Avec une moyenne annuelle de 0.93 KWh/m²/an

- L'intégration de l'isolation thermique dans le cas amélioré permet de diminuer la moyenne à 0.2 KWh/m²/an, et un maximum en mois de janvier de 2 KWh/m².
- Une diminution de performance par de 77.4%.
- Optimiser l'indice de performance énergétique totale du laboratoire par 15.87 % dans le cas améliorer.

La consommation énergétique

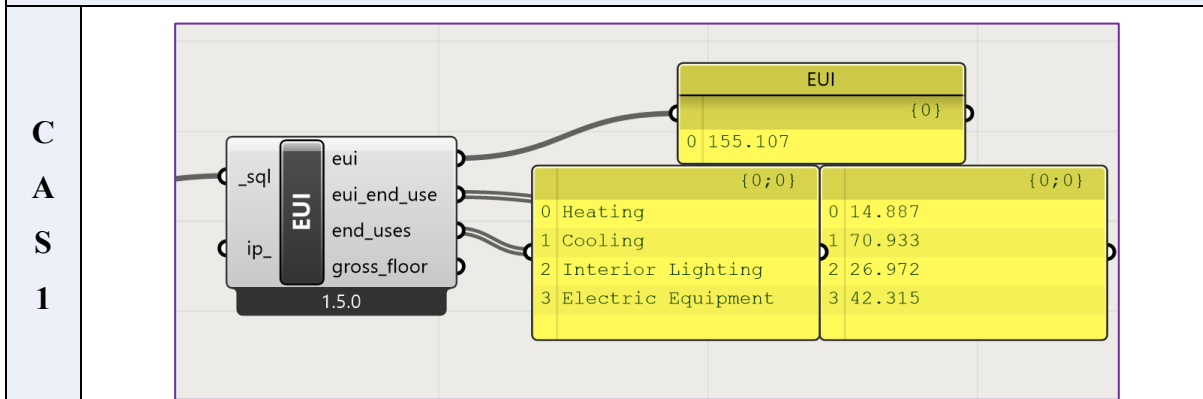


Figure 235 : La consommation énergétique du laboratoire Cas 1

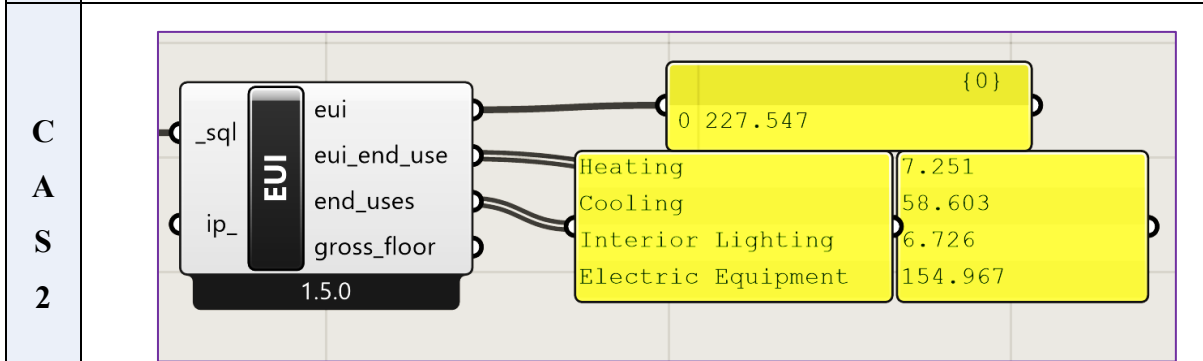


Figure 236 : La consommation énergétique du laboratoire Cas 2

Commentaire : Les résultats obtenus d'après la simulation des indices de performances énergétique :

-Dans le cas amélioré, On trouve un pourcentage d'optimisation de chauffage par 50% et pour la climatisation par 17.14%.

-Amélioration de l'efficacité énergétique par 31.8 % dans le laboratoire.

VIII.4.2.5 Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus dans le cas initial montrent que les conditions du confort hydrothermique et de pourcentage de confort ne sont pas atteintes par les propriétés du programme dans le climat de la ville de Ghardaïa, de fait que le PMV et le pourcentage de confort annuelle simulée n'était pas à la plage recommandée du confort. Cette configuration de laboratoire engendre une sensation de l'inconfort ce qui nécessite de le recours à des solutions actives (chauffage /climatisation) pour assurer le confort des usagers. Ces dernières affectent négativement la consommation énergétique et l'efficacité du laboratoire qu'on l'a obtenue d'une consommation énergivore.

Dans le cas amélioré proposé ; où on a intégré des matériaux de construction innovant avec une isolation, les résultats globaux s'inscrivent dans la zone du confort (22°C à 28°C), avec des valeurs des indicateurs dynamiques du confort thermique suffisantes pour le bien-être des occupants, sans faire recours au solutions actives la plupart de la période annuelle, ce qui nous a fait d'obtenir un pourcentage de réduction de la consommation énergétique, ainsi qu'une bonne efficacité énergétique du laboratoire.

VIII.4.3 QUALITE RESPIRATOIRE DE L'AIR :

Pour évaluer la qualité respiratoire de l'air dans notre laboratoire, on a simulé la concentration du dioxyde de Carbone (CO2) qui présente l'un des plus importants paramètres dans l'espace, durant les périodes d'occupation par les chercheurs.

• Logiciel de Simulation :

Évaluer la concentration de CO2 à l'aide d'un programme analytique simulateur de concentration Co2 développé par le centre français « Carsat LR ».

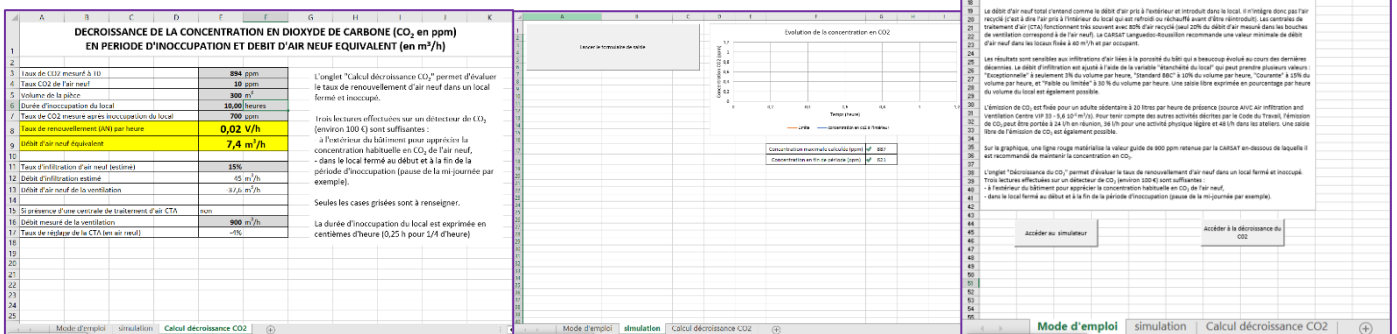


Figure 237 : simulateur de concentration en dioxyde de carbone

• Conditions de simulation :

La simulation est faite pour une période d'une journée (24h) par les paramètres suivants :

- Volume de 300 m³.
- Valeur de concentration extérieure dans notre type de zone qui est "Urbaine circulée" correspond à une concentration extérieure de 500 ppm.
- Période d'occupation pendant la journée par un nombre des personnes.
- Type de l'activité qui exige 48L/CO₂/Per/h (activité d'un atelier).
- Un taux d'infiltration de 10 %.

• Paramètre à simulé :

- Concentration du CO₂ en PPM, pour le but d'un maximum de 894 ppm selon les normes.

Cas initial :

Durée d'observation	24	Nombre de périodes d'observation	5	Volume	300	Concentration en CO ₂ initiale (ppm)	500	Taux d'infiltration (en % du volume de la	Standard BBC : 10%	Saisie terminée	
Période 1						Période 2					
Début: 0 Fin: 8						Début: 8 Fin: 12					
Nombre d'occupants 0 Activité						Nombre d'occupants 10 Activité Autres ateliers: 48L/CO ₂ /pers/h					
Débit air neuf (m ³ /h) 0						Débit air neuf (m ³ /h) 300					
Concentration extérieure en CO ₂ Zone urbaine circulée: 500 ppm						Concentration extérieure en CO ₂ Zone urbaine circulée: 500 ppm					
Période 3						Période 4					
Début: 12 Fin: 13						Début: 13 Fin: 18					
Nombre d'occupants 3 Activité activité physique légère: 36L/CO ₂ /pers/h						Nombre d'occupants 5 Activité Autres ateliers: 48L/CO ₂ /pers/h					
Débit air neuf (m ³ /h) 300						Débit air neuf (m ³ /h) 300					
Concentration extérieure en CO ₂ Zone urbaine circulée: 500 ppm						Concentration extérieure en CO ₂ Zone urbaine circulée: 500 ppm					
Période 5											
Début: 18 Fin: 24											
Nombre d'occupants 0 Activité											
Débit air neuf (m ³ /h) 0											
Concentration extérieure en CO ₂ Zone urbaine circulée: 500 ppm											

Figure 238 : Les paramètres du cas initial, simulation qualité de l'air
Source : Auteur

On a intégré dans les paramètre cinq période d'occupation par les usagers du laboratoire, et on a proposé des débits de renouvellement d'air pour vérifier s'ils sont suffisants pour ne pas dépasser la norme.

Résultat de qualité de l'air :

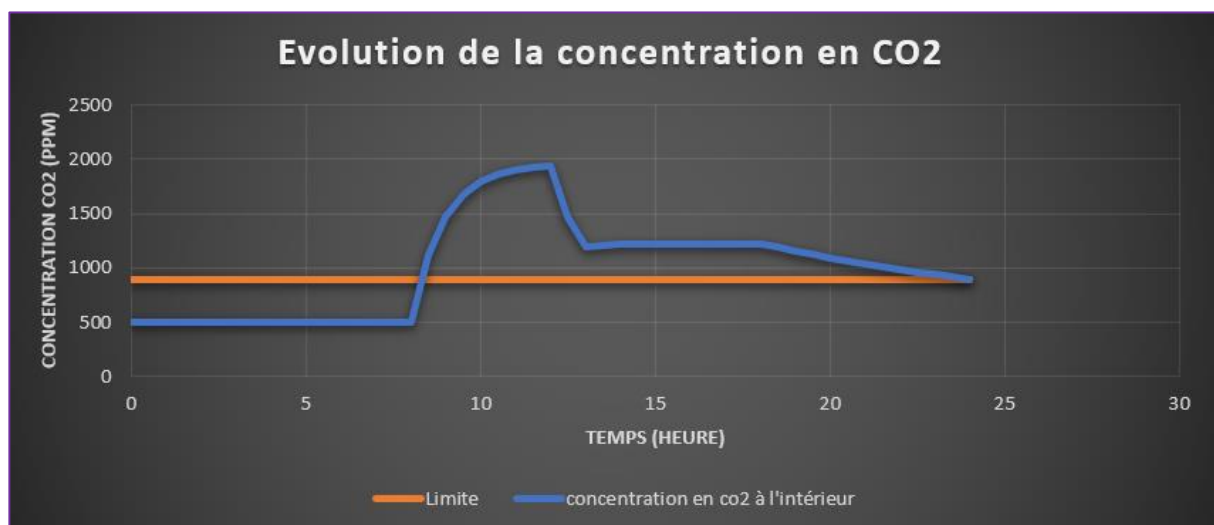


Figure 239 : Concentration de CO₂ cas initial

Commentaire :

Les résultats de la simulation du laboratoire avec un minimum de d'aération (infiltration d'air 10 %) montrent que les valeurs de concertation de CO₂ à l'intérieur sont très élevées durant la période d'occupation par 10 personnes de 8h à 12h, de 1936 ppm et de 12h à 18h de 1225 ppm

Ces valeurs sont supérieures à la limite de confort respiratoire (894ppm) donc la qualité de l'air est médiocre. Durant la période d'inoccupation da laboratoire (de 0.0h à 08h) le confort s'installe sur la même valeur de la concentration extérieure de 500m et en fin de journée de 899ppm.

Donc on doit augmenter le taux de renouvellement d'air dans le laboratoire.

Cas amélioré :

Dans le cas amélioré on a augmenté le débit de renouvellement d'air jusqu'au cinq fois de volume par heure, pendant la période d'occupation du laboratoire.

Durée d'observation	24	Nombre de périodes d'observation	5	Volume	300	Concentration en CO ₂ initiale (ppm)	500	Taux d'infiltration (en % du volume de la	Standard BBC : 10%	Saisie terminée	
Période 1		Période 2		Période 3		Période 4		Période 5			
Début:	0	Fin :	8	Début:	12	Fin :	13	Début:	18	Fin :	24
Nombre d'occupants	0	Activité		Nombre d'occupants	10	Activité	Autres ateliers: 48L/CO ₂ /pers/h	Nombre d'occupants	3	Activité	activité physique légère: 36L/CO ₂ /pers/h
Debit air neuf (m ³ /h)	300	Debit air neuf (m ³ /h)	1500	Debit air neuf (m ³ /h)	500	Debit air neuf (m ³ /h)	900	Debit air neuf (m ³ /h)	0	Activité	
Concentration extérieure en CO ₂		Zone urbaine circulée: 500 ppm		Concentration extérieure en CO ₂		Zone urbaine circulée: 500 ppm		Concentration extérieure en CO ₂		Zone urbaine circulée: 500 ppm	

Figure 240 : les paramètres du cas amélioré, simulation qualité de l'air
Source : Auteur

Résultat du cas amélioré :

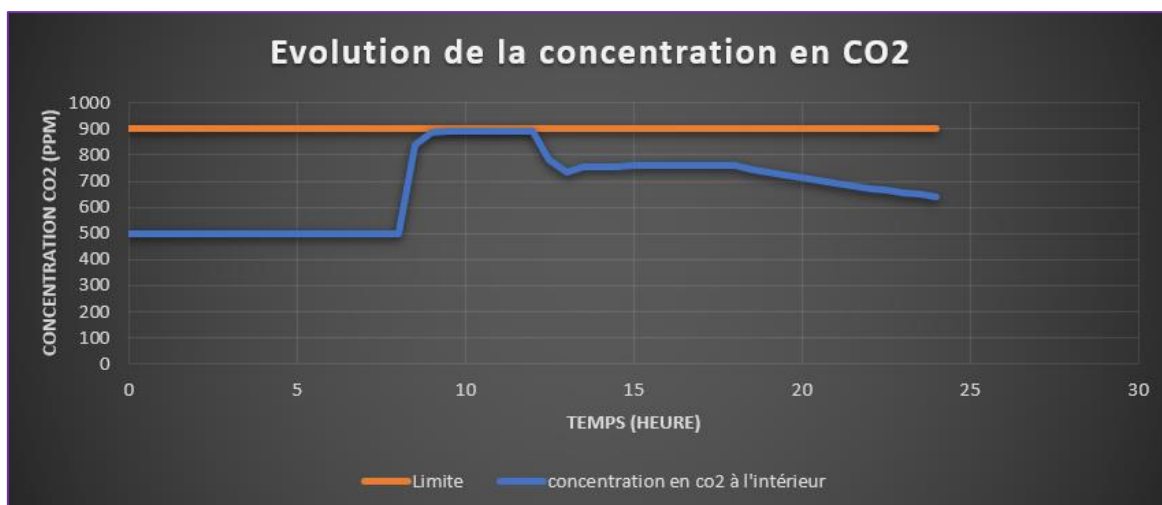


Figure 241 : Concentration de CO₂, cas amélioré

Commentaire :

Les résultats de la simulation avec un renouvellement d'air de cinq fois par heure montrent que les valeurs de concentration de CO₂ à l'intérieur du laboratoire sont inférieures à la limite de confort respiratoire (894ppm) donc la qualité de l'air est améliorée et elle est bonne.

Le renouvellement d'air par ventilation naturelle et un débit suffisant servent à améliorer la qualité de l'air intérieur donc de confort respiratoire.

Le renouvellement d'air recommandé du laboratoire peut être assuré par une solution passive (le puits canadien) et active (ventilation active), sans fait recours au solution mécanique.

SYNTHESE DE CHAPITRE :

Les outils numériques de simulations développés dans le domaine de modélisation et d'optimisation, nous ont permis d'évaluer les recherches et de répondre aux problématiques posées préalablement. Ainsi, notre recours à ces outils vient de nous aider à prédire les conditions d'occupation futurs du bâtiment tout en maîtrisant les ambiances hygrothermiques ; sanitaires et énergétiques liés à l'exploitation du bâtiment.

L'évaluation du confort hygrothermique et respiratoire dans un laboratoire intégré dans un climat chaud et aride est essentielle pour assurer des conditions favorables pour un rendement optimale des usagers, étant donné que les startup sont au cœur de tout le processus conceptuel.

Cette simulation a démontré clairement que les matériaux de construction et l'isolation thermique, et les éléments d'ombrage, ainsi que le débit de renouvellement d'air représentent des solutions efficaces et passives pour le confort et l'efficacité énergétique dans le cas de d'un laboratoire.

IX. CONCLUSION GENERALE :

La conception d'un incubateur d'entreprise spécialisé dans les matériaux de construction innovants à la ville de Ghardaïa, nécessite une approche intégrée qui prend en compte les défis les recommandations et des normes du résultat de la recherche thématique et la dimension climatiques contextuelle et environnementaux spécifiques à la ville (climat chaud et aride). Les résultats de cette étude fournissent des recommandations pratiques pour améliorer le confort hygrothermique, la qualité de l'air et l'efficacité énergétique, tout en favorisant le développement durable et le bien-être des occupants.

Il a été constaté que le climat chaud et aride de Ghardaïa présente des défis importants en termes de confort hygrothermique. Cependant, en utilisant des techniques de conception et des matériaux innovants, il est possible d'améliorer significativement les conditions intérieures. L'intégration de la végétation, la forme compacte, l'utilisation de matériaux innovant à base de poudre de marbre recyclé et l'optimisation de l'isolation ont démontré leur efficacité pour réguler la température et l'humidité dans l'incubateur, ainsi que d'améliore l'efficacité énergétique d'un laboratoire de recherche... donc de l'ensemble du bâtiment.

De plus, l'importance de la qualité de l'air intérieur a été mise en évidence. Des mesures ont été prises pour assurer une ventilation adéquate et réduire la concentration de polluants, ce qui contribue à la santé et au bien-être des occupants,

L'utilisation de logiciel Rhino+GrassHopper pour une évaluation et optimisation du confort hygrothermique et par Climate Studio le confort respiratoire a démontré, que les stratégies et techniques adoptées, tels que les matériaux de construction (Brique en poudre de marbre recyclée) et l'isolation thermique et la végétation, sont efficace pour la création d'un environnement intérieur favorable et aussi pour la performance énergétique du bâtiment.

L'utilisation de panneaux photovoltaïques pour produire de l'énergie renouvelable et la mise en œuvre de stratégies passives de gestion de l'énergie ont montré leur potentiel pour réduire la consommation énergétique de notre incubateur.

BIBLIOGRAPHIE :

- Traité d'Architecture & d'Urbanisme bioclimatique, Alain Liébard, André DE Herde
- CAUE Construire, restaurer et habiter dans une maison respectueuse de son environnement.
- Synthèse « IMPACT DES PRODUITS D'ENTRETIEN SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR » ADEME, avril 2019.
- Mémoire « Etude comparative des techniques de rafraîchissement passif utilisant les matériaux de construction biosourcés » 2021/2022
- « Matériaux pour la transition énergétique : importance du recyclage » par Régis Olives, et autres, 2022
- Synthèse « IMPACT DES PRODUITS D'ENTRETIEN SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR » ADEME, avril 2019.
- Guide de l'éclairage naturel zénithal, par GIF Lumière.
- Thèse « Ambiance et confort thermique », université de Biskra
- Thesis. Univ-biskra, La lumière naturelle dans le bâtiment
- Guides de construction métallique, structure mixte, René Maquoi, Rik Debruyckere, Jean-François Demonceau et Lincy Pyl.
- Le guide des incubateurs (par Estimateo & The Machinery)
- Développement durable : rôle des institutions supérieures de contrôle (groupe de travail de la vérification environnementale l'INTOSAI)
- Séminaire de la semaine du Développement Durable (DD)
- Mémoire « INCUBATEUR DE STARTUPS DANS LE DOMAINE DES MATERIAUX INTELLIGENTS A BOUMERDES » 2020/2021
- Le guide des incubateurs (par Estimateo & The Machinery)
- Cour - Centre Universitaire Abd-Elhafid Boussouf –MILA « matériaux innovants »
- Voronoi diagrams – rod structure research models in architectural and structural optimization, Wiesław Rokicki, Ewelina Gawell.
- 2018 Global Status Report Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, dans Global Alliance for Buildings and construction.
- Rapport de recherche « LES INCUBATEURS : ÉMERGENCE D'UNE NOUVELLE INDUSTRIE », par Philippe ALBERT et autres.

Les sites:

- www.c-sgroup.fr/products/exterior-solar-shading/external-solar-shading-systems-design-options/
- Le site CAPITAL avec Management
- www.scribd.com/document/Architecture-Durable-Pratique
- Le site : www.onfaitconstruire.fr
- www.guidebatimentdurable.brussels/protections-solaires-exterieures
- Le site : www.cea.fr
- <https://heig-vd.ch/rad/instituts/insit/laboratoires/mat%C3%A9riaux>
- www.scribd.com/document/Architecture-Durable-Pratique
- www.cairn.info/revue-innovations-2012-1-page-219.htm

X. ANNEXES :



Figure 242 : Vue 3D sur la façade Nord-Est



Figure 243 : Vue 3D sur le lac d'eau artificiel



Figure 245 : Vue 3D sur le projet



Figure 244 : Vue 3D sur la façade Sud du projet



Figure 247 : Vue 3D sur la façade principale



Figure 246 ; Vue en 3D sur l'accès vers le sous-Sol par une pente



Figure 248 : Vue en 3D du champ d'expérimentation



Figure 249 : Vue en 3D sur les zones de stationnement

Confort thermique :

Les paramètres influant sur le confort thermique :

Le confort thermique est une sensation psycho-physiologique faisant intervenir plus d'un paramètre, il dépend des facteurs suivants :

a- Les facteurs liés à l'environnement :

- La température ambiante de l'air T_a .
- La température des parois T_p .
- L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a .
- La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection.

b- Les facteurs liés à l'individu :

- Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de $36,7\text{ }^\circ\text{C}$.
- L'habillement.⁴⁴

La description des éléments concernant le confort thermique doit tenir compte de l'environnement de l'individu. Cela comprend trois paramètres microclimatiques importants :

1- La température ambiante de l'air :

La température ambiante correspond à une moyenne entre la température rayonnante (pour 57%), la température de l'air (pour 42%) et la température de contact direct (avec les objets, pour 1%).⁴⁵

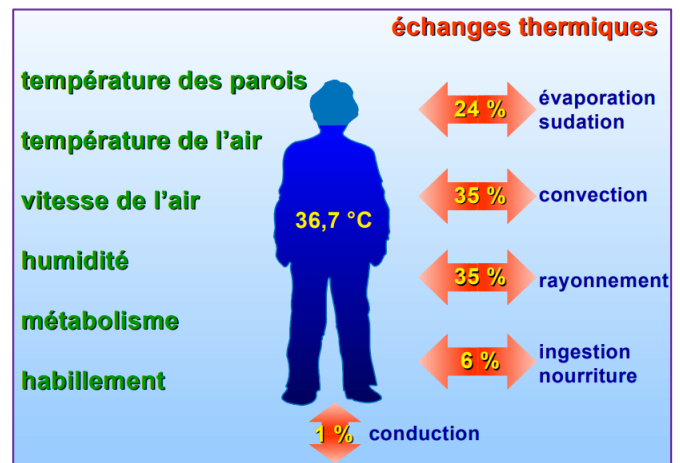


Figure 250 : Les pertes thermique du corps humain dépendant de 6 paramètres physique

Source : *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*

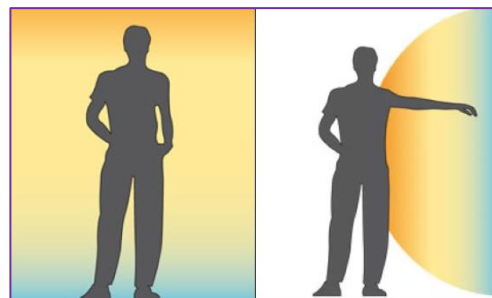


Figure 251 : La température ambiante

Source : www.systemed.fr/6-cles-confort-thermique

⁴⁴ Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 27a

⁴⁵ <https://www.systemed.fr/isolation-interieure/6-cles-confort-thermique,2442.html>

2-La température des parois :

On définit une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) :

$$T_{rs} = (T_a + T_p) / 2.^{46}$$

–**T_a** représente la température de l'air mesurée à l'ombre par un thermomètre ordinaire.

–**T_p** ou TMR correspond à la moyenne des températures des surfaces qui nous entourent (murs, fenêtres, radiateurs...etc.) et avec lesquelles nous échangeons de la chaleur par rayonnement infrarouge.

3-L'humidité relative de l'air (HR) :

L'humidité désigne la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. L'humidité relative est le rapport de la quantité d'eau dans l'air sur la quantité maximale de vapeur d'eau (humidité). Plus la température est élevée, plus il peut y avoir de vapeur d'eau dans l'air.

L'inconfort n'apparaît que lorsque :

- L'humidité relative est inférieure à 30 %
- L'humidité relative est supérieure à 70 %

C'est ce qu'indique le diagramme, précisant la plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique (d'après Scofield et Sterling) (Doc.Dri-Steem/Pacare).⁴⁷

4- La vitesse de l'air :

En règle générale, la vitesse de l'air ne devrait pas dépasser **0,15 à 0,25 m/s** aux endroits où se tiennent des personnes. Ces valeurs sont applicables pour des travaux assis et légers. En matière de sensation de confort thermique liée à la vitesse de l'air, un mouvement d'air n'est en moyenne ressenti par une personne que si sa vitesse est supérieure à 0,2 m/s en hiver et 0,25 m/s en été : à ce moment, il est considéré comme un courant d'air.

T° local	20 à 22°C	23°C	24°C	25°C	26°C	27°C
V [m/s]	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,32

Figure 254 : la relation entre température et vitesse de l'air
Source : Adapté d'ASHRAE 55-2010

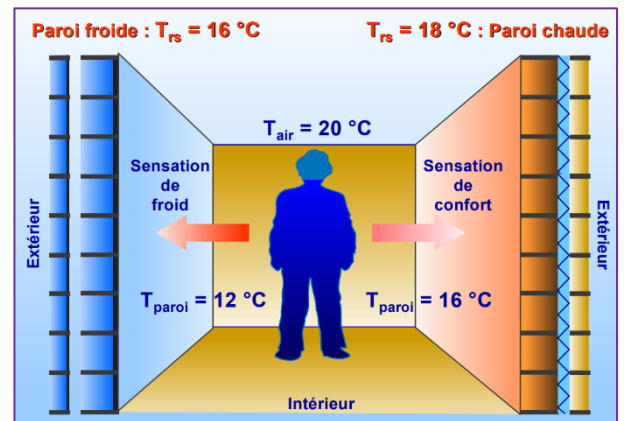


Figure 252 : La température de confort dépend de la température de l'air et des parois
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

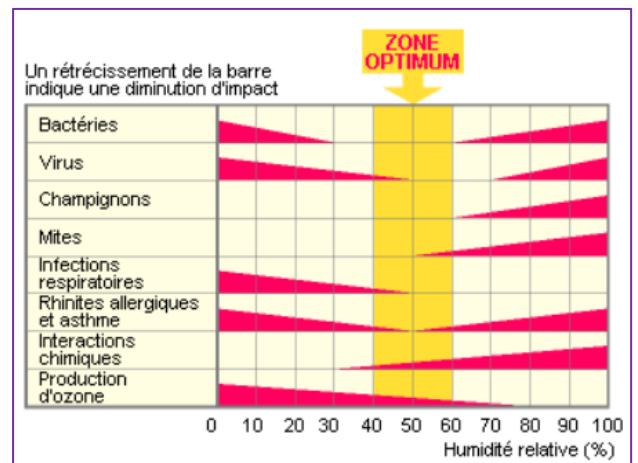


Figure 253 : taux d'humidité ambiante d'un point de vue hygiénique

⁴⁶ Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 27a

⁴⁷ www.energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-

5-Le métabolisme :

Le métabolisme est exprimé par la production de chaleur interne au corps humain qui permet de la maintenir autour de 37°C. Cette température peut être différente de la température d'ambiance, c'est pourquoi le métabolisme de l'homme agit afin de maintenir un certain équilibre thermique et d'assurer son bien-être.

De manière globale, pratiquer une activité abaisse le niveau d'exigence thermique de l'individu. Plus l'activité est intense et plus les besoins de chaleur thermique seront bas (car la production de chaleur métabolique augmente) et inversement.⁴⁸

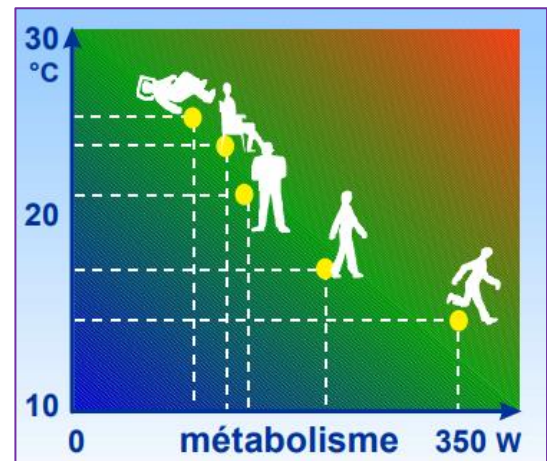


Figure 255 : température de confort pour différentes activités.

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

6-L'habillement :

Représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

__ La résistance thermique de l'habillement (I_{cl}) est spécifiée par le coefficient «CLO» (clothing) [$1 \text{ CLO} \cong 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$] (ceci correspond approximativement à l'isolation d'un habillement procurant un sentiment de confort thermique à une personne calme et assise à 21 °C, avec un courant d'air de $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et 50 % d'humidité relative).

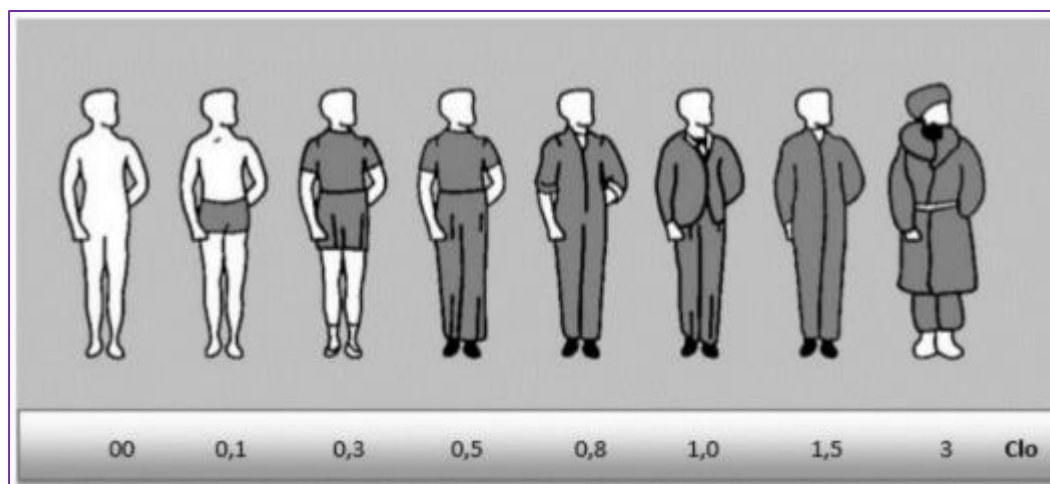


Figure 256 : Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires (l'Organisation internationale de normalisation, 2007).

⁴⁸ Joris, Emeline. Systèmes de confort personnel (PCS) et confort individuel dans les espaces de bureaux partagés, Faculté d'architecture, Université catholique de Louvain, 2022.

Utilisation de déchets de poudre de marbre dans l'industrie de la brique :

En 2012, Bilgin et al. Expérimenté et analysé l'utilisation possible de déchets de poudre de marbre dans l'industrie de la brique. Les résultats obtenus sont les suivants :

Définitions Poudre de marbre : la poudre de marbre est du calcaire ou carbonate de calcium très dur. Sa couleur est d'un blanc pur avec des brillances. Elle est utilisée comme charge dans les peintures et enduits traditionnels, suivant sa granulométrie, dans les enduits fins et les stucs.

Changements de taille : et de poids après le processus de frittage La taille et le poids des échantillons ont été mesurés avant et après procédés de frittage. Les changements de poids et de taille ont été calculés et les graphes sont donnés à la Fig. II.12 (a – d). Montre les tailles et les changements de poids des différents échantillons fritté à 900, 1000 et 1100 °C. Il a été observé que le marbre croissant le taux de déchets dans le mélange a provoqué l'expansion des échantillons. Normalement, le minéral argileux rétrécit après le processus de frittage. Les matières organiques brûlent et entraînent un rétrécissement du matériau, mais les déchets de poudre de marbre de rebut présentent un comportement opposé en particulier lorsqu'il contient une forte proportion de déchets de poudre de marbre. Malgré la diminution du poids, la taille augmente. La principale raison de l'augmentation de la taille est l'apparition de pores dans la structure due au rejet de CO₂ lors des processus de calcinations de CaCO₃.