



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : D'ARCHITECTURE

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

Rezig Sawsan Fatima Zahra

DOMAINE : Architecture et urbanisme et matière de la ville

FILIERE : Architecture

OPTION : Architecture et Environnement et Technologie

Thème

Évaluation de la performance énergétique dans la phase conceptuelle
d'un projet d'Incubateur de startup en smart building (domotique)
à Laghouat.

Jury de soutenance :

| Nom et Prénom | Grade | Qualité |
|--------------------------|--------------|----------------|
| Mr. BENCHEIKH Hamida | Pr. | Président |
| Mr. DEHINA Karim | M.C.B | Examineur |
| Mr.BENCHEIKH Abderrezzak | M.A.A | Rapporteur |
| Mr.MOKEDDEM Mahmoud | M.A.A | Co-rapporteur |

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

COLORATION : Architecture, environnement et technologie

THEME : **Évaluation de la performance énergétique dans la phase conceptuelle d'un projet d'Incubateur de startup en smart building (domotique) à Laghouat.**

Présenté par :

- **REZIG SAWSAN FATIMA ZAHRA**

Encadré par :

- **Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK**
- **Mr. MOKEDDEM MAHMOUD**

Résumé :

La conception d'un incubateur en smart building nécessite des précautions appropriées dans le climat chaud et aride de la ville de Laghouat tout en respectant la dimension environnementale et en répondant aux différents besoins du confort approprié à l'activité exercée et au bien-être des start-ups.

Cette dimension est à prendre en considération dès les premières phases conceptuelle, par l'application des systèmes passifs adéquats. une masse compacte avec des formes arrondies, l'utilisation des atriums, l'exploitation de la façade nord et sud ,l'utilisation des plans d'eau et de la végétation , des matériaux innovants et le choix des couleurs claires peut créer un projet avec aspect de durabilité.

En fin, on a utilisé une méthode de prédiction par simulation numérique dynamique par le logiciel RHINO pour améliorer la performance énergétique par l'intégration des différents types de vitrage pour évaluer le degré de confort thermique et visuel au sein des laboratoires de recherche situés au sud avec des ouvertures orientées sud.

Mots clés : Incubateur en smart building, Laghouat, phase conceptuelle, simulation numérique dynamique, performance énergétique, vitrage.



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



Amar Thelidji University – Laghouat
FACULTY: civil engineering and architecture

SECTOR: Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

SECTOR: Architecture

DOMAIN: Architecture, town planning and city trades

SPECIALITY: Architecture, environment, and technology

THEME: Evaluation of the energy performance in the conceptual phase of a Startup Incubator project in smart building (domotic) in Laghouat.

Presented by:

- **REZIG SAWSAN FATIMA ZAHRA.**

Supervised by:

- **Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK**
- **Mr. MOKEDDEM MAHMOUD**

Abstract :

The design of a smart building incubator requires an appropriate precaution in the hot-dry climate of Laghouat while respecting the environmental and responding to the different needs of comfort appropriate to the activity carried out and the well-being be start-ups.

This dimension must be considered from the earliest conceptual stages, by applying the appropriate passive systems. a compact mass with rounded shapes, the use of atriums, the exploitation of the north and south facade, the use of water bodies and vegetation, innovative materials and the choice of light colours can create a project with sustainability aspect.

Finally, a dynamic numerical simulation prediction method by RHINO software was used to improve energy performance by integrating different types of glazing to assess the degree of thermal and visual comfort in research laboratories to the south with south-facing openings.

Keywords: Incubator in smart building, Laghouat, conceptual phase, dynamic numerical simulation, energy performance, glazing.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عمار تليجي الأغواط
كلية الهندسة المعمارية والمدنية
قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة ماستر

الشعبة: هندسة المعمارية

التخصص: هندسة المعمارية والبيئة

الميدان: هندسة العمارة وتخطيط المدن وتداولات المدينة

الموضوع: تقييم أداء الطاقة في المرحلة التصميمية لمشروع حاضنة اعمال متخصصة في المباني الذكية (التشغيل الآلي للمبنى) في الأغواط.

تقديم الطالب

• رزيق سوسن فاطمة الزهراء

الاستاذ المؤطر

• بن الشيخ عبد الرزاق

• مقدم محمود

ملخص المذكرة:

يتطلب تصميم حاضنة اعمال متخصصة في المباني الذكية الاحتياطات المناسبة في المناخ الحار والجاف في مدينة الأغواط مع احترام البعد البيئي والاستجابة للاحتياجات المختلفة للراحة المناسبة للنشاط المنفذ والرفاهية للمستعملين.

ويجب أن يؤخذ هذا البعد في عين الاعتبار منذ المراحل التصميمية الأولى، بتطبيق النظم الإنشائية المناسبة. يمكن لكتلة مدمجة ذات أشكال مستديرة، استخدام الاتريوم، استغلال الواجهة الشمالية والجنوبية، استخدام المسطحات المائية والنباتات، المواد المستدامة واختيار الألوان الفاتحة، أن تنشئ مشروعا ينطوي على جانب الاستدامة.

أخيراً، تم استخدام طريقة للتنبؤ بالمحاكاة الرقمية الديناميكية بواسطة برنامج RHINO لتحسين أداء الطاقة من خلال استعمال أنواع مختلفة من الزجاج لتقييم درجة الراحة الحرارية والبصرية داخل المختبر الواقع جنوباً.

الكلمات المفتاحية حاضنة اعمال متخصصة في المباني الذكية ، الأغواط، المرحلة التصميمية ، المحاكاة الرقمية الديناميكية، أداء الطاقة، الزجاج.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

- *Aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde, « mes parents » qui m'ont soutenu tout au long de mes études, qui m'ont toujours poussé vers le chemin du savoir, merci pour tout, merci de m'encourager chaque jour, Merci de m'aider, Merci de persévérer avec moi pour que je réussisse dans ma vie. Que Dieu vous protège et prolonge votre vie.*
- *À mes chers frères ;*
- *À toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.*

Sawsan Fatima Zohra

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie tout d'abord DIEU tout puissant de m'avoir prêté foi, courage, santé et volonté de suivre mes études et d'arriver à entamer et de terminer ce travail.

La réalisation de cette étude a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude

En premier lieu Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, pour leurs encouragements et leurs soutien moral.

Je tiens à présenter mes sincères et vifs remerciements à mes encadreurs : Mr Bencheikh Abderrazzak Et Mr Mokeddem Mahmoud pour l'immense privilège de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je tiens également à remercier Mr Bencheikh hmida, en qualité de président de jury. Mes remerciements s'orientent ensuite vers Mr Dehina Karim, qui m'a fait l'honneur d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de répondre à mes questions durant cette étude.

Veillez chers enseignants du département d'Architecture, trouver dans ce travail, le témoignage de ma gratitude et mon profond respect, J'ai eu le grand privilège de bénéficier de votre enseignement lumineux durant mes années d'étude.

Merci

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----------|
| INTRODUCTION GÉNÉRALE | 1 |
| Introduction :..... | 1 |
| 1 Problématique :..... | 2 |
| 2 Hypothèse :..... | 3 |
| 3 Objectifs :..... | 3 |
| 4 Méthodologie :..... | 3 |
| 5 Structure générale du mémoire :..... | 4 |
| Chapitre 01: ÉTUDE THEMATIQUE..... | 6 |
| Introduction..... | 6 |
| 1 Volet 01 : Définition des concepts liés à l’environnement..... | 6 |
| 1.1 L’environnement : | 6 |
| 1.2 L’architecture et environnement :..... | 6 |
| 1.3 Développement durable : | 6 |
| 1.3.1 Les dimensions du développement durable :..... | 7 |
| 1.3.2 Architecture durable : | 7 |
| 1.3.3 Classification des bâtiments durables :..... | 8 |
| 1.4 Le confort | 9 |
| 1.4.1 Confort thermique :..... | 9 |
| 1.4.2 Confort visuelle :..... | 9 |
| 1.4.3 Confort acoustique :..... | 10 |
| 1.4.4 Confort respiratoire :..... | 10 |
| 1.5 Les zones arides | 11 |
| 1.5.1 Les concepts de l’architecture et environnement appliqués dans un climat aride :.. | 11 |
| 2 Volet 02 : Définition des concepts liés aux incubateurs | 14 |
| 2.1 Pépinière d’entreprises :..... | 14 |
| 2.2 Les incubateurs :..... | 14 |
| 2.2.1 L’incubateur de startup..... | 15 |
| 2.3 Bâtiment intelligent (smart building) | 17 |
| 2.3.1 Définition du smart building..... | 17 |
| 2.3.2 Les aspects fondamentaux d’un smart building..... | 19 |
| 2.3.3 Les composants conceptuels d’un smart building | 19 |
| 2.3.4 Smart Building et qualité d’usage..... | 23 |

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 02: ANALYSE DES EXEMPLES..... | 25 |
| Introduction..... | 25 |
| 1 EXEMPLE 01 : Centre technologique NAITEC - ESTELLA, ESPAGNE..... | 25 |
| 1.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET | 25 |
| 1.2 Description du projet..... | 25 |
| 1.3 ASPECT ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER..... | 26 |
| 1.3.1 Situation du projet..... | 26 |
| 1.3.2 Voisinages du projet..... | 26 |
| 1.3.3 Plan de masse..... | 26 |
| 1.3.4 Accessibilité du projet..... | 27 |
| 1.3.5 Plan de distribution | 28 |
| 1.3.6 Nature formelle du projet (volumétrie)..... | 28 |
| 1.3.7 Conception des façades..... | 29 |
| 1.3.8 Analyse du coffret mural | 29 |
| 1.4 Aspect fonctionnel du projet | 29 |
| 1.4.1 Analyse et lecture des plans | 30 |
| 1.5 ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE..... | 31 |
| 1.5.1 Le confort thermique : | 31 |
| 2 EXEMPLE 02: TURBOSEALTECH new incubator and office building- TEHRAN, IRAN | 32 |
| 2.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET | 32 |
| 2.2 Description du projet..... | 32 |
| 2.3 ASPECT ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER..... | 33 |
| 2.3.1 Situation du projet..... | 33 |
| 2.3.2 Voisinages du projet..... | 33 |
| 2.3.3 Plan de masse..... | 33 |
| 2.3.4 Accessibilité du projet..... | 34 |
| 2.3.5 Nature formelle du projet (volumétrie)..... | 35 |
| 2.3.6 La conception des façades | 36 |
| 2.4 Aspect fonctionnel du projet | 38 |
| <i>Source: www.archdaily.com</i> | 38 |
| 2.5 ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE..... | 40 |
| 3 Exemple 03 : THE CRYSTAL- LONDRES, Royaume-Uni | 41 |
| 3.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET | 41 |
| 3.2 Description du projet..... | 41 |
| 3.3 ASPECTS : ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER | 42 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 3.3.1 | Situation du projet..... | 42 |
| 3.3.2 | Voisinages du projet..... | 42 |
| 3.3.3 | Plan de masse..... | 42 |
| 3.3.4 | Accessibilité du projet..... | 43 |
| 3.3.5 | Nature formelle du projet (volumétrie)..... | 44 |
| 3.4 | ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE :..... | 44 |
| 3.4.1 | Un bâtiment intelligent | 44 |
| 3.4.2 | Lumière naturelle | 45 |
| 3.4.3 | Systèmes d'éclairage [Confort visuel]..... | 45 |
| 3.4.4 | Systèmes de ventilation [Confort hygrothermique]..... | 46 |
| 3.4.5 | Systèmes d'eau..... | 46 |
| 3.4.6 | Transport durable | 46 |
| 3.4.7 | Climatisation et chauffage | 47 |
| 3.4.8 | Efficacité énergétique | 47 |
| 4 | Exemple 04 : Siege social de la Confédération de l'industrie Danoise, COPENHAGUE, DANEMARK | 48 |
| 4.1 | FICHE DE PRESENTATION DU PROJET | 48 |
| 4.2 | Description du projet..... | 48 |
| 4.3 | ASPECT ARCHITECTURAL | 49 |
| 4.3.1 | Situation du projet..... | 49 |
| 4.3.2 | Voisinages du projet..... | 49 |
| 4.3.3 | Plan de masse..... | 49 |
| 4.4 | ASPECT TECHNOLOGIQUE | 50 |
| | Chapitre 03: ÉTUDE CONTEXTUELLE | 53 |
| | Introduction..... | 53 |
| 1 | Présentation de la ville de Laghouat | 53 |
| 1.1 | Situation de la ville..... | 53 |
| 1.1.1 | Situation Astronomique: | 53 |
| 1.1.2 | Situation géographique | 53 |
| 1.1.3 | Situation administrative | 54 |
| 1.2 | Accessibilités de la ville..... | 54 |
| 1.3 | Limites de la ville de Laghouat | 54 |
| 1.4 | Le climat de la ville de Laghouat | 55 |
| 1.5 | Les données climatiques de la ville..... | 55 |
| 1.5.1 | Radiation solaire | 55 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 1.5.2 | Température sèche | 56 |
| 1.5.3 | La Vitesse du vent | 58 |
| 1.5.4 | Humidité relative | 59 |
| 1.5.5 | Type de ciel | 60 |
| 1.5.6 | Pluviométrie | 60 |
| 2 | DIMENSION URBAINE | 61 |
| 2.1 | Les limites de la ville de Laghouat: | 61 |
| 2.2 | Système routier de la ville et les activités dans la ville : | 61 |
| 2.3 | Les voies et Les nœuds..... | 61 |
| 2.4 | Style Architectural..... | 62 |
| 3 | DIMENSION LOCALE | 62 |
| 3.1 | Analyse du site | 63 |
| 3.1.1 | Situation par rapport à la ville:..... | 63 |
| 3.1.2 | L'accessibilité et le flux..... | 63 |
| 3.1.1 | Le cadre bâti..... | 64 |
| 3.1.2 | L'environnement immédiat | 64 |
| 3.1.3 | Analyse fonctionnelle | 65 |
| 3.1.4 | La forme et dimensions du terrain | 65 |
| 3.1.5 | Aspect climatique du terrain | 66 |
| 3.1.6 | La topographie du site..... | 66 |
| | Chapitre 04: ÉTUDE PROGRAMMATIQUE..... | 68 |
| | Introduction..... | 68 |
| 1 | Les objectifs : | 68 |
| 2 | Les entités du projet | 68 |
| 2.1 | Entité travail / Co-Working | 69 |
| 2.1.1 | Unité smart office | 70 |
| 2.1.2 | Unité smart lab/Hospital | 72 |
| 3 | Programme qualitatif : | 74 |
| 4 | L'organigramme fonctionnel : | 79 |
| 5 | Le programme quantitatif proposé:..... | 79 |
| 5.1 | Surface par entité : | 82 |
| | Chapitre 05: CONCEPTION ARCHITECTURALE..... | 83 |
| | Introduction :..... | 83 |
| 1 | Principes et concepts : | 83 |
| 1.1 | Concepts liés au programme : | 83 |

| | | |
|--------------------------------------|---|------------|
| 1.2 | Concepts liés à la durabilité : | 83 |
| 1.3 | Concepts liés à l'architecture : | 84 |
| 1.4 | l'architecture traditionnelle locale de Laghouat (contexte) : | 84 |
| 2 | Genèse du projet | 85 |
| 2.1 | Etat de lieu | 85 |
| 2.1.1 | Choix de site : | 85 |
| 2.1.2 | Délimitation du terrain | 85 |
| 2.1.3 | Choix des accès | 86 |
| 2.1.4 | Mode d'occupation | 86 |
| 2.1.5 | Zoning : | 87 |
| 2.1.6 | Parcours mécaniques et zoning extérieur | 89 |
| 2.1.7 | Protection par végétation | 90 |
| 2.1.8 | Sous Zoning : Affectation des espaces : | 92 |
| 2.2 | L'idée conceptuelle | 94 |
| 2.2.1 | Formalisation de l'idée: | 96 |
| 2.2.2 | Espace de végétation et plan d'eaux | 100 |
| 2.2.3 | Aménagement extérieur | 101 |
| 2.2.4 | Traitement des parcours : | 102 |
| 2.2.5 | Eclairage extérieur : | 103 |
| 2.3 | Plan de masse : | 104 |
| 2.4 | Description et présentation des plans : | 105 |
| 2.4.1 | Au niveau du RDC +0.45 m : | 105 |
| 2.4.2 | Le premier étage +05.65 m: | 107 |
| 2.4.3 | Le deuxième étage +10.85 m: | 108 |
| 2.4.4 | Le troisième étage +16.05 m : | 108 |
| 2.5 | Les façades et les vue 3d : | 109 |
| 2.6 | L'effet aérodynamique : | 119 |
| Chapitre 06: ÉTUDE THECHNIQUE | | 120 |
| Introduction | | 120 |
| 1 | Système constructif : | 120 |
| 1.1 | Gros œuvres | 120 |
| 1.1.1 | Infrastructure | 120 |
| 1.1.2 | Superstructure | 121 |
| 1.1.3 | Choix de materiaux de construction des murs extérieurs : | 125 |
| 1.1.4 | Choix de matériaux de construction des cloisons intérieures : | 129 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.1.5 | Revêtements du sol intérieur : | 130 |
| 1.1.6 | Les couleurs : | 131 |
| 1.2 | Confort thermique : | 132 |
| 1.2.1 | Techniques passives : | 132 |
| 1.2.2 | Techniques actives : | 135 |
| 1.3 | Confort visuel : | 136 |
| 1.4 | Les Stratégies bioclimatiques pour la production de l'énergie : | 137 |
| 1.4.1 | Panneaux photovoltaïques flexibles:..... | 137 |
| 1.4.2 | Panneaux solaire hybrides..... | 137 |
| 1.5 | Les systèmes de gestion du bâtiment | 137 |
| 1.6 | Apport des nouvelles technologies..... | 138 |
| 1.6.1 | Façade interactive (smart façade) | 138 |
| 1.6.2 | Aérogel de silice | 139 |
| Chapitre 07: SIMULATION NUMÉRIQUE..... | | 140 |
| Introduction..... | | 140 |
| 1 | Problématique | 140 |
| 2 | Hypothèses..... | 141 |
| 3 | Sous hypothèses : | 141 |
| 4 | Objectif de l'étude..... | 141 |
| 5 | Le bâtiment et la performance énergétique : | 141 |
| 5.1 | La performance énergétique : | 141 |
| 5.2 | Amélioration de la performance énergétique : | 142 |
| 5.3 | Efficacité énergétique : | 142 |
| 5.3.1 | Définition | 142 |
| 5.3.2 | Avantages de l'efficacité énergétique | 143 |
| 5.3.3 | Les paramètres de l'efficacité énergétique : | 144 |
| 5.4 | Les impacts des caractéristiques architecturales sur la consommation énergétique : | 145 |
| 5.4.1 | Surfaces vitrées: | 145 |
| 5.5 | Confort thermique : | 146 |
| 5.5.1 | Les paramètres de confort thermique..... | 146 |
| 5.5.2 | Les approches et les modèles d'évaluation du confort thermique | 146 |
| 5.6 | Confort visuel : | 148 |
| 5.6.1 | Les paramètres dynamiques du confort visuel : | 148 |
| 6 | Partie de simulation : | 150 |
| 6.1 | Simulation paramétrique : | 150 |

| | | |
|-------|---|------------|
| 6.2 | Présentation du logiciel de simulation et des plug-ins exploités..... | 151 |
| 6.3 | Description du cas étude : | 152 |
| 6.4 | Le protocole de la simulation :..... | 155 |
| 6.5 | Résultat du cas initial : | 159 |
| 6.5.1 | La performance énergétique : | 159 |
| 6.5.2 | La consommation d'énergie :..... | 161 |
| 6.5.3 | Le confort thermique : | 162 |
| 6.5.4 | Le confort visuel : | 163 |
| 6.6 | Cas amélioré :..... | 164 |
| 6.6.1 | Le triple vitrage "à basse émissivité" :..... | 164 |
| 6.6.2 | Le vitrage Electrochromic Glass..... | 165 |
| 6.7 | Les résultats de la simulation: | 166 |
| 6.7.1 | Le confort thermique : | 167 |
| 6.7.2 | Le confort visuel :..... | 167 |
| 6.7.3 | la performance énergétique :..... | 168 |
| 6.8 | Optimisation multi-objectif avec Colibri : | 169 |
| 6.8.1 | Stratégie de prendre des décisions | 169 |
| 6.8.2 | Les résultats : | 169 |
| | Conclusion générale | 172 |

| | |
|--|----|
| Figure 1:Structure générale du mémoire..... | 5 |
| Figure 2: schéma des ressources naturelles de l'environnement | 6 |
| Figure 3: Les modes de formation | 6 |
| Figure 4: schéma des trois piliers du développement durable | 7 |
| Figure 5:Aspects de l'architecture durable. | 7 |
| Figure 6: Résidence Universitaire Languedoc | 8 |
| Figure 7:centre de recherche de l'Université de Valladolid | 8 |
| Figure 8:Green Office Meudon..... | 8 |
| Figure 9:schéma indique que La température de confort dépend de la température de l'air et de la température des parois..... | 9 |
| Figure 10:les critères du confort visuel..... | 9 |
| Figure 11:Schéma de fonctionnement de la ventilation hybride..... | 10 |
| Figure 12: les critères du confort visuel..... | 10 |
| Figure 13:schéma des zones arides et semi-arides..... | 11 |
| Figure 14:Les principes de l'architecture durable | 11 |
| Figure 15:Exemple de l'orientation d'un édifice par rapport aux vents et au soleil. | 12 |
| Figure 16:principe d'écoulement d'air..... | 12 |
| Figure 17:Typologies de pare-soleil verticaux..... | 12 |
| Figure 18:intégration l'énergie renouvelable dans le bâtiment..... | 13 |
| Figure 21:les concepts de confort d'hiver et d'été. | 13 |
| Figure 21:fonctionnement de la serre en hiver et en été | 13 |
| Figure 21: schéma de principe d'un mur capteur | 13 |
| Figure 22:Les matériaux de construction innovants | 13 |
| Figure 23:Concept d'affaires des incubateurs. | 14 |
| Figure 24:les démarches pour créent des incubateurs de startup..... | 15 |
| Figure 25:les Principes de la startup. | 15 |
| Figure 26:Multifonction locale et à distance consoles de gestion. | 17 |
| Figure 27:les systèmes d'automatisation d'un bâtiment. | 18 |
| Figure 28:Les aspect fondamentaux d'un SB..... | 19 |
| Figure 29:Le principe de la domotique. | 19 |
| Figure 30:matériau innovant et intelligent..... | 21 |
| Figure 31: Classement des matériaux intelligents | 22 |
| Figure 32 : Types des façades intelligentes..... | 23 |
| Figure 33:Entrée principale du projet | 25 |
| Figure 34:Plan de situation du projet..... | 26 |
| Figure 35:Plan de voisinage du projet | 26 |
| Figure 36:Limites du terrain | 26 |
| Figure 37:Occupation de la parcelle | 27 |
| Figure 38:Accessibilité et gabarit du projet. | 27 |
| Figure 39:Plan de distribution des espaces. | 28 |
| Figure 40:Vue aérienne du projet..... | 28 |
| Figure 41:Nature formelle du projet. | 28 |
| Figure 42:Traitement de façades..... | 29 |
| Figure 43:le rythme de la façade..... | 29 |
| Figure 44:Coupe mentre l'organisation centrale du projet | 29 |

| | |
|--|----|
| Figure 45:Plan RDC du projet. | 30 |
| Figure 46:Plan R+1 du projet..... | 30 |
| Figure 47:Plan R+2 du projet..... | 30 |
| Figure 48:Façade principale montrant la forme compacte du projet | 31 |
| Figure 49:Vue intérieur du bureau montrant les apports solaires | 31 |
| Figure 50:Vue d'ensemble sur le projet | 32 |
| Figure 51:Plan de situation du projet | 33 |
| Figure 52:Plan de voisinage du projet | 33 |
| Figure 53:limite du terrain du projet..... | 33 |
| Figure 54:Occupation de la parcelle | 34 |
| Figure 55:Accessibilité du projet | 34 |
| Figure 56:Accessibilité du projet | 34 |
| Figure 57:Hiérarchisation des accès et gabarit du projet..... | 35 |
| Figure 58:vue sur le projet | 35 |
| Figure 59:Angle d'inclinaison | 35 |
| Figure 62:Etape 01 de l'idée de projet. | 36 |
| Figure 62:Etape 02 de l'idée de projet..... | 36 |
| Figure 62:Etape 03 de l'idée de projet..... | 36 |
| Figure 63:Façade Ouest du projet. | 36 |
| Figure 64:Vue intérieure du projet montrant les vitrages | 37 |
| Figure 65:Détails des façades. | 37 |
| Figure 66:Coupe(Aspect Fonctionnel du projet)..... | 38 |
| Figure 67:Plan 2-ème sous-sol du projet. | 38 |
| Figure 68:Plan RDC du projet. | 39 |
| Figure 69:Plan 1-ème sous-sol du projet. | 39 |
| Figure 70:Plan R+1 du projet..... | 39 |
| Figure 71:Plan R+2 du projet..... | 40 |
| Figure 72:Vue sur la terrasse..... | 40 |
| Figure 73:Vue sur Le toit incliné. | 40 |
| Figure 74:Entrée principal du projet..... | 41 |
| Figure 75:Entrée principal du projet..... | 41 |
| Figure 76:Plan De Situation du projet | 42 |
| Figure 77:Plan de voisinage du projet | 42 |
| Figure 78:Délimitation du terrain | 42 |
| Figure 79:Occupation de la parcelle | 43 |
| Figure 80:Hiérarchisation des accès et gabarit du projet..... | 43 |
| Figure 81:Vue sur l'extérieur du projet..... | 44 |
| Figure 82:La gestion de l'énergie du bâtiment Crystal. | 45 |
| Figure 83:Vue sur l'intérieur du projet. | 45 |
| Figure 84:Vue sur l'intérieur du projet. | 45 |
| Figure 85:Vue sur l'intérieur du projet. | 46 |
| Figure 86: Systèmes d'eau du projet..... | 46 |
| Figure 87:Bornes de recharge e-véhicule. | 46 |
| Figure 88:Les pompes à chaleur géothermiques..... | 47 |
| Figure 89:Systèmes de control d'eau du projet..... | 47 |
| Figure 90:Pourcentage consommation d'énergie..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Figure 91:Pourcentage les émissions de gaz à effet de serre. | 47 |
| Figure 92:La Confédération Des Industries Danoises. | 48 |
| Figure 93:Le bâtiment de la Confédération Des Industries Danoises..... | 48 |
| Figure 94:Plan De Situation du projet. | 49 |
| Figure 95:Plan De Voisinages du projet..... | 49 |
| Figure 96:Plan de masse. | 49 |
| Figure 97:La façade multimédia. | 50 |
| Figure 98:Details de La façade multimédia | 50 |
| Figure 99:Contrôler la façade via une application iPad personnalisée. | 51 |
| Figure 100:Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat. | 53 |
| Figure 101:Situation géographique du la ville de Laghouat..... | 53 |
| Figure 102:Situation géographique du la commune de Laghouat..... | 54 |
| Figure 103:Accessibilités de la ville..... | 54 |
| Figure 104:Limites de la ville de Laghouat..... | 54 |
| Figure 105:les zones climatiques de l'Algérie..... | 55 |
| Figure 106:Radiation solaire..... | 55 |
| Figure 107:Radiation solaire..... | 56 |
| Figure 108:Température sèche..... | 56 |
| Figure 109:Température sèche..... | 57 |
| Figure 110:Température sèche..... | 57 |
| Figure 111:La vitesse du vent durant l'année. | 58 |
| Figure 112:La vitesse du vent durant les mois Mai et Juillet et Aout et Octobre. | 58 |
| Figure 113:La vitesse du vent durant les mois Mars Et Avril..... | 58 |
| Figure 114:Humidité relative..... | 59 |
| Figure 115:Humidité relative les mois de Janvier, Février, Novembre et Décembre | 59 |
| Figure 116: Humidité relative les mois de Mars, Avril, Mai, Septembre. | 60 |
| Figure 117:Humidité relative les mois de Juin, Juillet, Août..... | 60 |
| Figure 118:Type de ciel..... | 60 |
| Figure 119:Pluviométrie. | 60 |
| Figure 120:Les limites de la ville de Laghouat..... | 61 |
| Figure 121:Système routier de la ville et les cordonnées dans la ville..... | 61 |
| Figure 122:Les voies & Les nœuds. | 61 |
| Figure 123: Tissu compact..... | 62 |
| Figure 124: patio dans un maison..... | 62 |
| Figure 125: L'utilisation de matériaux de construction locaux..... | 62 |
| Figure 126:Situation par rapport à la ville de Laghouat. | 63 |
| Figure 127:les limites du site d'intervention. | 63 |
| Figure 128:l'environnement immédiat du site d'intervention. | 64 |
| Figure 133:site d'intervention..... | 64 |
| Figure 133:Pole N°3 universitaire. | 64 |
| Figure 133:Habitat collectif..... | 64 |
| Figure 133:cité universitaire 2000 lits. | 64 |
| Figure 133:la faculté de technologies. | 64 |
| Figure 134:circulation mécanique et piétonne..... | 65 |
| Figure 135:circulation piétonne..... | 65 |
| Figure 136:Les dimensions du terrain..... | 65 |

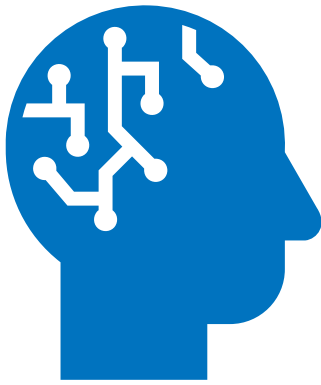
| | |
|---|----|
| Figure 137:Les données climatiques de site d'intervention..... | 66 |
| Figure 138:La topographie du site..... | 66 |
| Figure 139:une gestion multi-technique..... | 70 |
| Figure 140:efficacité des équipes de maintenance..... | 71 |
| Figure 141:la gestion de l'espace..... | 71 |
| Figure 142:installations du Salles propres..... | 72 |
| Figure 143:installations des laboratoires..... | 73 |
| Figure 144:installations des Stockages critiques..... | 73 |
| Figure 145:hall d'accueil..... | 74 |
| Figure 146:hall d'accueil..... | 74 |
| Figure 147:couloir..... | 74 |
| Figure 148:couloir..... | 74 |
| Figure 149:ascenseurs..... | 75 |
| Figure 150:escalier..... | 75 |
| Figure 151:laboratoire..... | 75 |
| Figure 152:laboratoire..... | 75 |
| Figure 153:Les salles de cours..... | 76 |
| Figure 154:Les salles de cours..... | 76 |
| Figure 155:Bureau..... | 76 |
| Figure 156:Bureau..... | 76 |
| Figure 157:Locale de stockage..... | 77 |
| Figure 158:Auditorium..... | 77 |
| Figure 159:coupe sur Auditorium..... | 77 |
| Figure 160:Salle de documentation..... | 78 |
| Figure 161:Salles de détente..... | 78 |
| Figure 162:Salles de repos..... | 78 |
| Figure 163: organigramme fonctionnel..... | 79 |
| Figure 164:L'emplacement de site..... | 85 |
| Figure 165:Délimitation du terrain..... | 85 |
| Figure 166: Choix des accès..... | 86 |
| Figure 167: Mode d'occupation..... | 86 |
| Figure 168:Zoning..... | 88 |
| Figure 169:Parcours mécaniques et zoning extérieur..... | 89 |
| Figure 170:Protection par végétation..... | 90 |
| Figure 171:végétation locale..... | 91 |
| Figure 172:Sous Zoning : Affectation des espaces :..... | 93 |
| Figure 173: Intelligence Artificielle..... | 94 |
| Figure 174:les domaines de l'intelligence artificielle..... | 94 |
| Figure 175:le processus de ANN..... | 95 |
| Figure 176:les différents types de processus de ANN..... | 95 |
| Figure 177: l'idée de ANN sur terrain..... | 96 |
| Figure 178: l'idée de ANN sur terrain..... | 96 |
| Figure 179:la projection de l'idée sur l'organisation spatiale de projet..... | 97 |
| Figure 180: Les parcours d'articulation..... | 97 |
| Figure 181:Traitement d'enveloppe..... | 98 |
| Figure 182:Traitement des couvertures..... | 98 |

| | |
|--|-----|
| Figure 183:traitement des façades avec des élément locaux. | 98 |
| Figure 184:le résultat final..... | 99 |
| Figure 185:plan de masse..... | 99 |
| Figure 186:type des végétations..... | 100 |
| Figure 187: aménagements extérieurs. | 101 |
| Figure 188: type de traitement des parcours | 102 |
| Figure 189: type de Eclairage extérieur. | 103 |
| Figure 190: plan de masse..... | 104 |
| Figure 191: plan de rez-de-chaussée niveau +0.45m..... | 106 |
| Figure 192:Le premier étage niveau +5.65m..... | 107 |
| Figure 193:Le deuxième étage niveau +10.85 m..... | 108 |
| Figure 194:Le troisième étage niveau +16.05 m | 108 |
| Figure 195: La façade principal | 109 |
| Figure 196: L'entrée principale..... | 109 |
| Figure 197: vue des espaces extérieur du projet..... | 110 |
| Figure 198: brise-soleils au niveau du façade ouest | 110 |
| Figure 199: vue de 3D du projet | 111 |
| Figure 200: vue de 3D du projet | 111 |
| Figure 201: végétation sur terrasse | 112 |
| Figure 202: végétation sur terrasse | 112 |
| Figure 203: façade sud..... | 113 |
| Figure 204: façade Est | 113 |
| Figure 205: vue de 3D du projet | 114 |
| Figure 206: vue de 3D du projet | 114 |
| Figure 207: façade sud-ouest | 115 |
| Figure 208: façade nord | 115 |
| Figure 209: façade Est | 116 |
| Figure 210: façade Est | 116 |
| Figure 211: façade ouest | 117 |
| Figure 212: façade ouest..... | 117 |
| Figure 213: vue de 3D du projet | 118 |
| Figure 214: vue de 3D du projet | 118 |
| Figure 215: L'effet aérodynamique par logiciel ansys.17.2..... | 119 |
| Figure 216: L'effet aérodynamique..... | 119 |
| Figure 217:liaison entre les tiges et la platine..... | 120 |
| Figure 218:ancrage du pied de poteau métallique dans la fondation..... | 120 |
| Figure 219:revêtement d'un poteau tubulaire. | 121 |
| Figure 220:Poutre cellulaire..... | 121 |
| Figure 221:Poutre à treillis..... | 122 |
| Figure 222:double nappe tridimensionnelle..... | 122 |
| Figure 223:Plancher Mixte. | 123 |
| Figure 224:les toitures..... | 124 |
| Figure 225:les joints..... | 125 |
| Figure 226:Bloc de ciment avec liège recycle | 125 |
| Figure 227:Bloc de ciment avec liège recycle | 126 |
| Figure 228:Les Caractéristiques physiques de matériau utilisé..... | 127 |

| | |
|---|-----|
| Figure 229:Représentation du fonctionnement d'un bâtiment..... | 143 |
| Figure 230:les sources des gains énergétique dans un bâtiment..... | 144 |
| Figure 231:les sources des déperditions énergétiques dans un bâtiment..... | 144 |
| Figure 232:fonctionnement de vitrage performant dans l'été et hiver..... | 145 |
| Figure 233:Les paramètres liés à l'individu et liés à l'environnement..... | 146 |
| Figure 234: le processus de la simulation avec RHINO | 150 |
| Figure 235: logiciel RHINO | 151 |
| Figure 236:plugin grasshopper | 151 |
| Figure 237:plugin ladybug et honeybee..... | 151 |
| Figure 238:Créer l'enveloppe du laboratoire..... | 153 |
| Figure 239: les dimensions du laboratoire | 153 |
| Figure 240: les paramètres de création l'enveloppe de laboratoire en grasshopper | 155 |
| Figure 241:les paramètres de création les fenetres en grasshopper | 156 |
| Figure 242:les paramètres de création lesbrise-soleils en grasshopper | 156 |
| Figure 243:les paramètres de création l'auditorium en grasshopper..... | 156 |
| Figure 244:les paramètres de l'introduction les matériaux de construction en grasshopper.. | 157 |
| Figure 245: plan de calepinage. | 157 |
| Figure 246:les paramètres de l'introduction les installations électriques en grasshopper..... | 157 |
| Figure 247:les paramètres de l'introduction les températures de service en grasshopper..... | 158 |
| Figure 248:les paramètres de l'éclairage contrôler en grasshopper | 158 |
| Figure 249:Indice de la performance énergétique annuelle | 159 |
| Figure 250:Indice de la performance énergétique -climatisation- | 160 |
| Figure 251:Indice de la performance énergétique -chauffage- | 160 |
| Figure 252:L'intensité de la consommation d'énergie..... | 161 |
| Figure 253:La consommation d'énergie | 161 |
| Figure 254:le confort thermique | 162 |
| Figure 255:La température opérative..... | 162 |
| Figure 256:Le vote moyen prévisible PMV..... | 163 |
| Figure 257:Le pourcentage de personnes insatisfaites PPD | 163 |
| Figure 258: le confort visuel | 163 |
| Figure 259:UDI..... | 164 |
| Figure 260:DA | 164 |
| Figure 261:Le triple vitrage "à basse émissivité" | 164 |
| Figure 262:Le vitrage Electrochromic Glass | 165 |
| Figure 263: Confort thermique les trois cas..... | 167 |
| Figure 264:PMV les trois cas..... | 167 |
| Figure 265:UDI et SDA les trois cas..... | 167 |
| Figure 266:la performance énergétique les trois cas..... | 168 |
| Figure 267: Structure générale du mémoireVitrage..... | 170 |
| Figure 268:diagramme les coordonnées parallèles | 170 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1: Les systèmes de la domotique..... | 21 |
| Tableau 2: Smart Building et les comforts..... | 24 |
| Tableau 3: les recommandations d'après les exemples..... | 52 |
| Tableau 4: les recommandations contextuelles..... | 64 |
| Tableau 5 :les entités du projet..... | 65 |
| Tableau 6: Programme qualitatif..... | 78 |
| Tableau 7: Programme quantitatif..... | 81 |
| Tableau 8: Surface par entité..... | 82 |
| Tableau 9: Les systèmes techniques..... | 141 |
| Tableau 10: La sensation thermique exprimée selon l'échelle de l'ASHRAE..... | 147 |
| Tableau 11: les caractéristiques de logiciel RHINO..... | 152 |
| Tableau 12: Les caractéristiques d'espace de simulation..... | 153 |
| Tableau 13: Les caractéristiques des matériaux de construction..... | 154 |
| Tableau 14: Les caractéristiques de triple vitrage avec gaz d'argon..... | 154 |
| Tableau 15: les caractéristiques des vitrages du cas améliorer..... | 166 |
| Tableau 16: Les données de la meilleure corrélation..... | 170 |



INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction :

Dans le contexte énergétique actuel où le besoin en énergie a augmenté, associé à l'épuisement de ressources fossiles et au réchauffement climatique, des nouvelles performances sont exigées dans le domaine des bâtiments pour les constructions. Il s'agit de la qualité et des performances énergétiques et environnementales. De ce fait, l'industrie de la construction a été identifiée dans le monde entier comme l'une des priorités d'action dans la réalisation d'un développement intelligent, durable et inclusif basée sur l'utilisation efficace des ressources énergétiques.

Dans le même but, la discipline de bâtiment intelligent a vu le jour en architecture. Ce type de constructions répond aux critères de haute efficacité énergétique, il est caractérisé par l'intégration de systèmes immotiques, l'utilisation des façades intelligentes, les matériaux de construction intelligents et l'exploitation des énergies renouvelables. Son objectif est d'assurer la sécurité, le confort et réduire la consommation énergétique.

A l'échelle mondiale et surtout au niveau des pays en voie de développement, on constate un mouvement économique dans le domaine des entreprises et la création d'une dynamique d'emplois décents et productifs, notamment celles orientées aux jeunes qui jouent le rôle d'un moteur de tout développement et qui ont pris de l'ampleur dans la vie économique. Dans ce sens, des nouvelles infrastructures d'incubation ont émergé, son rôle est d'accompagner les projets des entreprises innovantes en création, jusqu'à leur création et parfois pendant leurs premières périodes d'existence.

En Algérie, les incubateurs de start-up sont confiés et encadrés par l'agence nationale de développement des parcs technologiques (ANPT). Un comité national de la labélisation des start-ups, des projets innovants et des incubateurs, dénommé ci-après le « comité national » qui se compose de membres de plusieurs ministères et qui a été créé par décret exécutif n°20-254 du 15/09/2020 et a pour objet de fixer ces missions, sa composition et son fonctionnement. (JORA, 2020). La mise en place des politiques d'accompagnement des entreprises innovantes est régie par la loi n° 01-18 du 12 décembre (article 12), les organisations chargées de soutenir les PME nommées pépinière d'entreprises.

Les autorités nationales ont lancé une stratégie nationale en matière de promotion et de développement des parcs technologiques pour offrir aux porteurs de projets l'accompagnement, le coaching et les facilités nécessaires et ce afin de leur assurer le lancement et la continuité de leurs projets. Sur terrain, plusieurs incubateurs sont installés comme : le Cyber parc à Sidi Abdellah à Alger, l'université de Ouargla, d'autres incubateurs à Oran, Annaba, Sétif, Constantine, Boughzoul et Ghardaïa. On peut remarquer qu'ils sont peu nombreux dans le sud algérien. L'Etat algérien souhaite diversifier son économie et propose

plus d'encadrement et d'accompagnement pour les différentes entreprises en les poussant à se développer.

Parmi les régions qui possèdent des potentialités diversifiées et qui nécessitent des infrastructures et des incubateurs vient la région de Laghouat avec sa position stratégique entre le nord et le sud du pays. Cette zone est classée parmi les zones arides caractérisées par un climat chaud et sec. La proposition d'un incubateur à Laghouat pourrait fournir plus d'encouragement pour les idées de création des nouvelles entreprises des Start-up.

L'intérêt accordé aux infrastructures d'incubation entraîne forcément un intérêt pour les espaces abritant les activités y afférentes. La présente étude vise à concevoir un incubateur à Laghouat capable de répondre aux exigences climatiques de cette région aride, ainsi qu'aux besoins socio-économiques de la communauté locale. L'incubateur doit également intégrer des innovations technologiques, telles que l'utilisation de matériaux et équipements intelligents, pour créer une structure moderne et avancée.

1 Problématique :

Les bâtiments sont actuellement responsables de 38 % de la consommation mondiale d'énergie et émettent un tiers des gaz à effet de serre¹. Cependant, des études ont montré que le secteur de la construction peut améliorer son efficacité énergétique et réduire ses émissions à moindre coût. En améliorant la performance énergétique des bâtiments, il est possible de bénéficier d'une durabilité accrue, d'un entretien réduit, d'un plus grand confort, de coûts réduits, d'une augmentation de la valeur des propriétés, d'une augmentation de l'espace exploité, d'une augmentation de la productivité, ainsi qu'une amélioration de la santé et de la sécurité pour les occupants.

La conception d'un incubateur de start-up qui répond aux exigences énergétiques, climatiques, de santé et de sécurité dans un climat chaud et sec tel que de la zone de Laghouat remet en question la qualité de l'environnement intérieur, surtout dans ses aspects de confort et d'efficacité énergétique.

Toutefois, afin de garantir une étude de conception efficace d'un projet d'incubateur de start-up, certains points doivent être clarifiés. Par exemple :

- Quelles sont les méthodologies et les directives à suivre pour répondre aux objectifs visés ?

¹ The United Nations Environment Programme (UNEP), web édition 2020

- Comment peut-on concevoir un incubateur de start-up spécialisé dans les matériaux intelligents, tout en respectant à la fois les exigences environnementales, les enjeux du smart building afin de garantir un environnement sain et agréable pour les occupants ?
- Est-ce que le concept de Smart Building est la meilleure solution pour allier les avantages des nouvelles technologies avec les impératifs de l'architecture durable ?

2 Hypothèse :

Afin de répondre à ces questions on a émis les hypothèses suivantes :

- Le Smart Building pourrait constituer une solution pour répondre aux enjeux de l'efficacité énergétique et optimiser les solutions de l'architecture durable (les solutions passives et les énergies renouvelables).
- L'utilisation des éléments naturels comme la végétation et l'eau et le recours à la forme compacte pourraient participer à réduire la consommation énergétique du bâtiment
- L'intégration de l'atrium au noyau du bâtiment pourrait améliorer la qualité des conditions de l'environnement intérieur et par conséquent, augmenter la performance énergétique du bâtiment.

3 Objectifs :

- Conception d'un bâtiment digital à basse consommation énergétique à l'aide des nouvelles technologies par l'exploitation des énergies renouvelables, des matériaux intelligents et façades intelligentes.
- Rendre la construction des smart building accessible au sud Algérien afin d'activer la démarche techno-optimiste dans une visée durable et lutter contre la consommation abusive des stocks naturels locaux.

4 Méthodologie :

Afin d'atteindre les objectifs visés, une méthodologie a été adoptée et qui s'organise en trois missions à accomplir successivement :

La première : elle traite l'aspect théorique du sujet ; une recherche bibliographique des concepts liés au projet et liées à la performance énergétique, une analyse des exemples similaires, et une analyse contextuelle permet de connaître les éléments influant sur le site d'intervention. L'achèvement de cette partie permet d'élaborer le programme de l'incubateur start-up et une synthèse sous forme d'une série de principes et

recommandations de conception architecturale appropriées

La deuxième : destiné au processus de conception architecturale en s'appuyant sur les principes et les normes fixés dans la partie précédente.

La troisième : c'est l'évaluation numérique par simulation « logiciel RHINO » qui vise la vérification des conditions de confort et de performance énergétique dans les laboratoires.

5 Structure générale du mémoire :

La structure générale du mémoire est représentée comme suit :

- Etude thématique : une recherche bibliographique en relation directe au thème d'incubateur spécialisé en smart building et sur la durabilité et la performance énergétique.
- Etude analytique des exemples similaires aux fonctionnements et au climat ainsi que d'autres exemples complémentaires et cela afin d'élaborer un programme quantitatif et qualitatif et intégrer des stratégies environnementales et durables à travers l'étude des techniques et des dispositifs utilisés à travers les exemples analysés.
- L'étude du contexte permet de connaître les éléments influant sur le site d'intervention par des visites sur terrain, la consultation des documents graphiques liés au site d'intervention pour assimiler les atouts et les contraintes du site.
- La conception architecturale : l'utilisation des connaissances récoltées durant les étapes précédentes aide dans le processus de conception du projet architectural qui prend en compte l'aspect formel, fonctionnel et durable.
- Etude technique : consacrée à la présentation de des différents systèmes structuraux utilisés et les différents matériaux et techniques de construction.
- Simulation : simuler l'impact de quelques solutions architecturales et techniques sur les différents types de confort avec le logiciel de simulation « logiciel RHINO », afin de renforcer le niveau de confort et améliorer la performance énergétique.

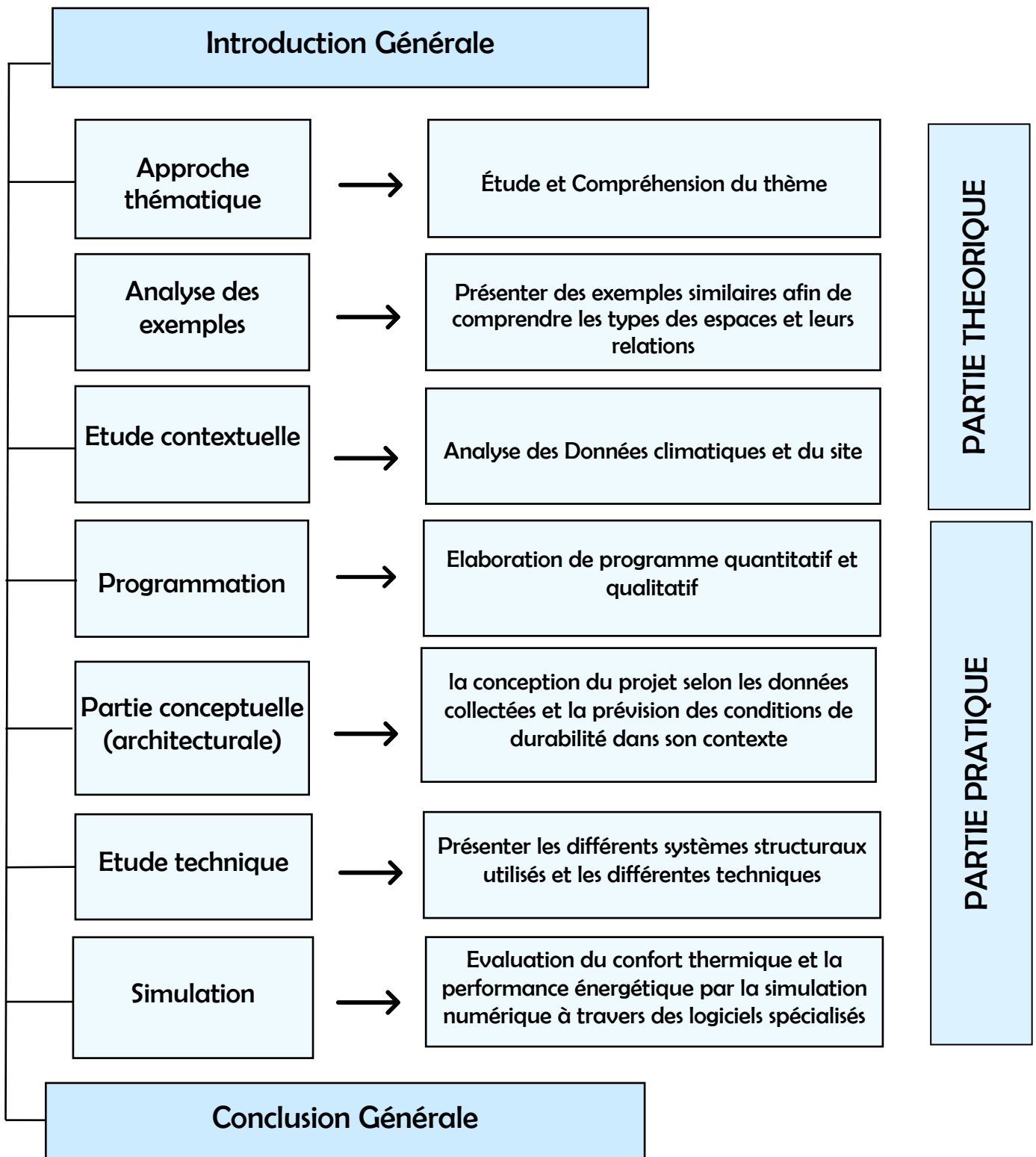



Figure 1: Structure générale du mémoire
Source : auteur

Chapitre 01:



ÉTUDE THÉMATIQUE

Introduction

Dans ce chapitre on va développer deux volets : Le premier est consacré à l'aspect environnemental dans lequel on définit les notions et les concepts liés à la durabilité dans un premier lieu ensuite on expose les concepts et les principes de l'architecture et environnement appliqués dans les zones arides.

Le second volet est relatif aux incubateurs, les start-ups et les bâtiments intelligents en Algérie. L'intérêt principal de ce chapitre est de bien comprendre et d'approfondir nos connaissances sur les notions relatives à notre thématique.

1 Volet 01 : Définition des concepts liés à l'environnement

1.1 L'environnement :

L'environnement est défini comme un contexte stable, un ensemble de contraintes supérieures non négociables qui structurent l'activité possible d'un système donné et la déterminent partiellement à travers le comportement d'adaptation imposé à ce dernier.

Cette approche classique revient à postuler une asymétrie et une distance hiérarchique suffisante entre le système et son environnement pour parvenir à séparer ces deux pôles et mettre l'environnement à l'abri de l'action du système².

1.2 L'architecture et environnement :

C'est un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture qui respecte l'environnement tout en créant des conditions favorables aux usagers.

1.3 Développement durable :

Un développement social, économique, et politique qui répond aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations future à satisfaire leur propre développement³.

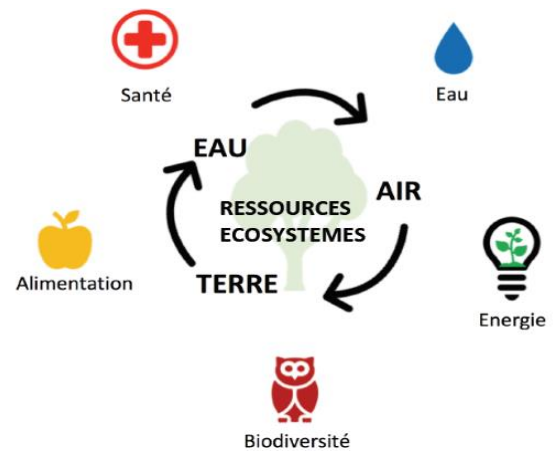


Figure 2: schéma des ressources naturelles de l'environnement
Source : <https://cite-environnement.com/le-concept/>



Figure 3: Les modes de formation
Source : <https://up-magazine.info/urbanisme-architecture-paysages/>

² Environnement et développement durable : Une approche méta-économique. Paris : De Boeck supérieur (2015).

³ La commission mondiale sur le développement et l'environnement. (1987). « Notre avenir à tous ». Londres : Rapport Brundtland.

1.3.1 Les dimensions du développement durable :

Il existe trois piliers du développement durable qui sont selon l'OCDE ⁴:

- **La dimension économique :**

Cette dimension à plusieurs significations, elle est cependant considérée comme les instruments économiques comme la taxation et les mécanismes de marché, les indicateurs économiques (figure 4).

- **La dimension environnementale :**

L'environnement dû à son importance et vis-à-vis des atteintes causées à cet environnement comme le cas de l'industrie : le réchauffement de la planète, les dommages causés à la couche d'ozone, la restriction de la biodiversité, pollution de l'air, de l'eau et des sols.

- **La dimension sociale :**

Elle comporte diverses compréhensions à savoir : aspects sociaux liés à la dimension environnementale, tel que les divers changements entraînant nécessairement dans les modes de consommation et qui sont acceptés par la société ; aspects juridiques et politiques. (E. Arnaud, 2011).

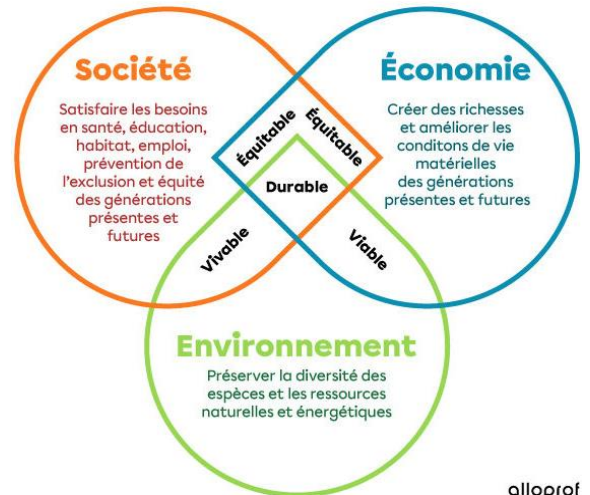


Figure 4: schéma des trois piliers du développement durable
Source : <https://villagemonde.com/sinformer/>

1.3.2 Architecture durable :

Une pratique qui a pour objectifs de réduire l'impact négatif d'un bâtiment sur son environnement et de prendre soin de la qualité de vie des utilisateurs et des communautés riveraines⁵.

La construction durable est utilisée pour désigner toute construction qui, tout en assurant confort et santé des occupants, limite au mieux les impacts sur l'environnement, en cherchant à s'intégrer le plus respectueusement possible dans un milieu et en utilisant le plus possible les ressources naturelles et locales.⁶

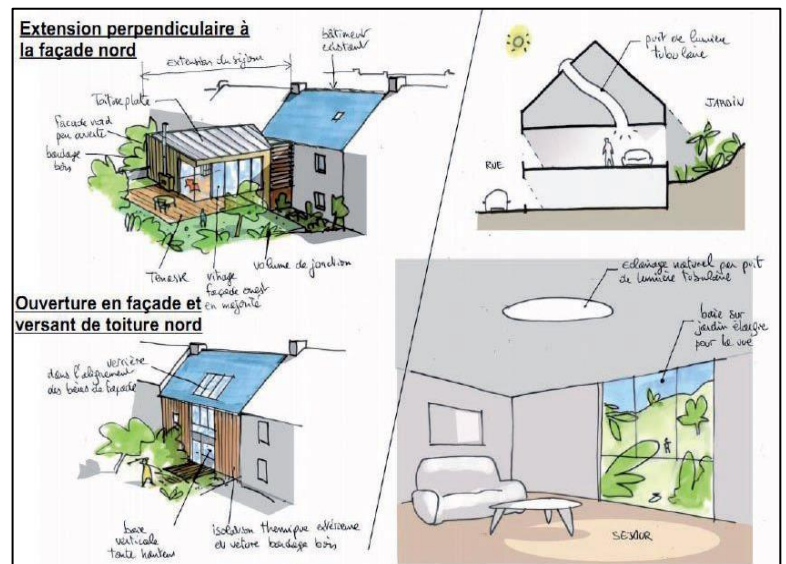


Figure 5: Aspects de l'architecture durable.
Source : <https://atcanal.fr/realisations/etude-strategique-et-projet-damenagement-a-iosselin-56/>

1.3.2.1 Objectifs de l'architecture durable:

Les objectifs de l'architecture durable se résument dans les points suivants :

⁴E. Arnaud, A. B. (2011). « Le développement durable ». Paris : édition Nathan.

⁵ Architecte, A. L. (2011). « Architecte de bâtiment » Fluorcom.

⁶ Bâtir avec l'environnement. (2010). En 100 mots de la construction durable. Paris : FFB.

- Promotion de l'équilibre harmonieux entre le bâtiment et son environnement.
- Réduire l'impact négatif d'un bâtiment sur son environnement
- L'amélioration de la qualité de vie des utilisateurs.
- Durabilité des ressources naturelles.
- Protection de la santé des occupants.

1.3.3 Classification des bâtiments durables :

Il existe plusieurs types de bâtiments durables qui diffèrent selon l'objectif visé et le contexte climatique, ce qui engendre l'apparition de plusieurs standardisations, certificats et labels afin de les évaluer et de connaître leur qualité. Les bâtiments durables dans le but de répondre aux problèmes énergétiques sont :

1.3.3.1 Bâtiment basse consommation (BBC) :

Le concept de bâtiment basse consommation met l'accent sur les économies d'énergie et l'aspect thermique. Selon certains chercheurs, le plus important est de commencer par améliorer l'enveloppe du bâtiment pour limiter les déperditions thermiques. Cette démarche est depuis peu référencée sous la forme d'un label dénommé « BBC-Effinergie », qui atteste d'une consommation de $50 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ et un contrôle d'étanchéité à l'air inférieur à $0,6 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$. Par exemple la résidence Universitaire Languedoc.



Figure 6: Résidence Universitaire Languedoc
Source : <http://blogarchiphotos.com/>

1.3.3.2 Bâtiment zéro-énergie :

Ce type de bâtiment doit répondre aux critères du standard passif, la demande résiduelle d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des locaux doit être totalement compensée par l'énergie renouvelable produite sur place soit par un système de chauffage de l'eau par l'énergie solaire, des panneaux photovoltaïques pour transformer l'énergie solaire en énergie électrique et géothermique, éolienne. Par exemple le centre de recherche de l'Université de Valladolid.



Figure 7: centre de recherche de l'Université de Valladolid
Source : <https://www.construction21.org/>

1.3.3.3 Bâtiment à énergie positive BEPOS :

C'est généralement un bâtiment passif très performant équipé en moyens de production d'énergie supérieurs par rapport à ses besoins en énergie. C'est un bâtiment qui sur une période donnée -en général 1 an- produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Par exemple le Green Office Meudon.



Figure 8: Green Office Meudon
Source : <https://www.batiactu.com/>

1.4 Le confort

"Le confort est un enjeu. Moins un enjeu de convoitise pour ceux qui aspirent au confort, qu'un enjeu dans une société prise entre une civilisation de l'être et une civilisation de l'avoir."⁷

Une autre approche, définie par Slater consiste à considérer le confort comme « un état plaisant d'harmonie physiologique, psychologique et physique entre un être humain et son environnement ».

1.4.1 Confort thermique :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement. Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7 °C.

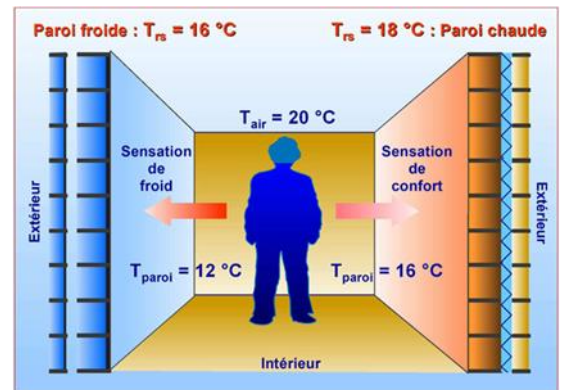


Figure 9: schéma indique que La température de confort dépend de la température de l'air et de la température des parois.

Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.4.2 Confort visuelle :

Le confort visuel fait référence aux « conditions d'éclairage nécessaires pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entraîner de gêne pour l'œil ». Selon (L. Mudri, 2001), il implique l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension .

1.4.2.1 Principes d'isolation visuel

Les principes de mise en œuvre du confort visuel sont :

- Disposer de la lumière du jour dans les zones d'occupation situées en fond de pièce.
- Rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur (éviter le contraste ext/int).
- Eviter l'éblouissement direct et indirect.
- Accéder à des vues dégagées et agréables depuis les zones d'occupation des locaux.
- Protéger l'intimité de certains locaux.
- Optimiser les parois vitrées, en termes de confort visuel, en traitant leur positionnement, dimensionnement et protection solaire.

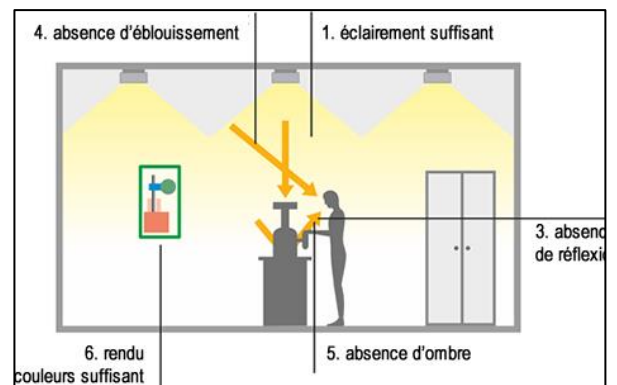


Figure 10: les critères du confort visuel

Source : <https://energieplus-lesite.be/evaluer/confort-visuel2/>

⁷ BARROSO-KRAUSE, C. (1995). La climatisation naturelle : modélisation des objets architecturaux, aide à la conception en Climat tropical".

1.4.3 Confort acoustique :

Le confort acoustique est la maîtrise des bruits par la réduction des sons gênant pour l'activité exercée dans un espace, c'est-à-dire l'amélioration de la qualité d'ambiance sonore.

1.4.3.1 Principes d'isolation acoustique :

- Etanchéifier : Le point le plus faible d'une paroi détermine sa performance d'isolation pour éviter trou, fissure, passage de canalisation
- Désolidariser : Les différents éléments (cloison-plancher, mur-plancher, canalisation-mur, etc.) au moyen de joints souples, joints de dilatation, « plots antivibratoires » afin d'éviter la propagation des vibrations
- Ajuster les surfaces réfléchissantes et absorbantes : Murs, plafond, sol mais également le mobilier.

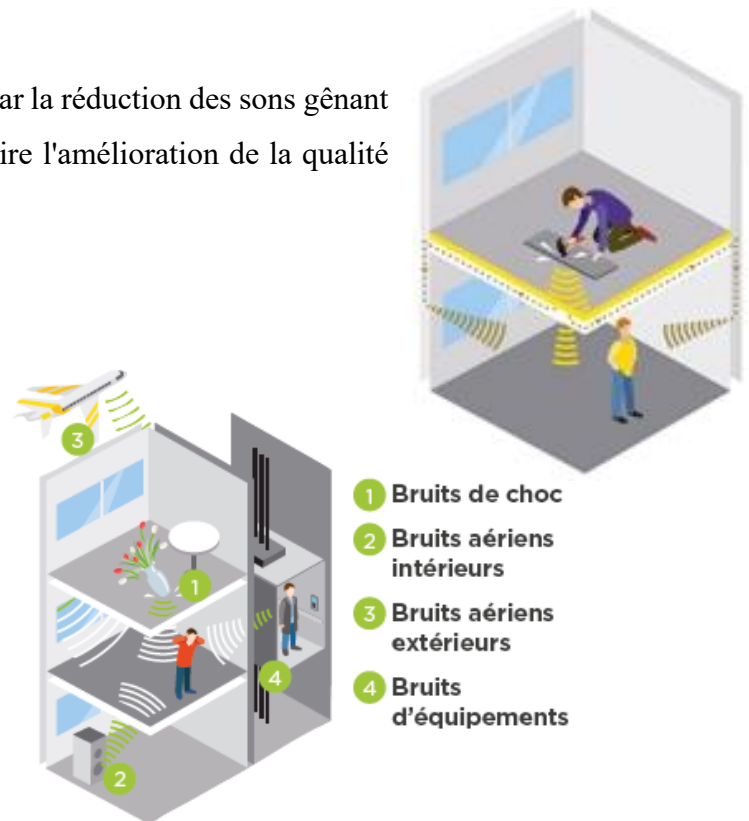


Figure 12: les critères du confort visuel
Source : <https://www.isover.fr/guides/isolation-acoustiquevisuel2/>

1.4.4 Confort respiratoire :

Le renouvellement d'air et la ventilation naturelle :

Le renouvellement d'air et la ventilation visent à maintenir la qualité de l'air intérieur des bâtiments. La qualité de l'air est assurée par le contrôle des débits d'air à l'entrée et à la sortie du bâtiment (ventilation). En général, un renouvellement d'air exécuté par une ventilation naturelle doit répondre aux exigences suivantes :

- Le taux de renouvellement d'air doit être suffisant pour fournir suffisamment d'air neuf afin d'assurer la santé et le confort des occupants.
- Pendant l'été, le taux de renouvellement d'air doit être suffisant pour permettre l'évacuation des gains de chaleur internes et maintenir des conditions de confort acceptables.

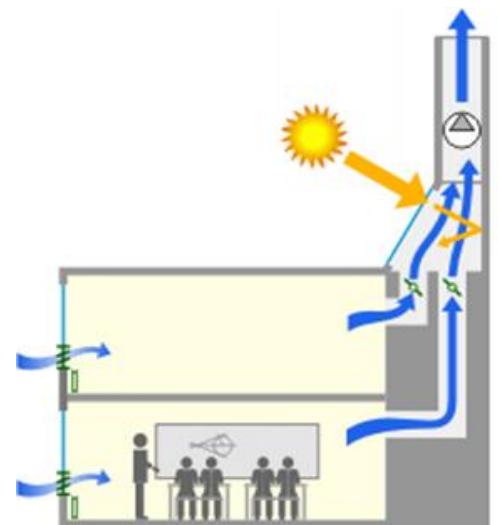


Figure 11: Schéma de fonctionnement de la ventilation hybride.
Source : <https://energieplus-lesite.be/etudes-de-cas/ventilation3acoustiquevisuel2/>

• Le débit d'air doit être distribué uniformément dans la zone d'occupation afin d'éviter les zones de sous ou sur rafraîchissement et assurer partout une bonne qualité d'air, En ventilation naturelle, les pressions motrices sont très faibles, typiquement inférieures à 10 pascals⁸.

1.5 Les zones arides

Les zones arides se caractérisent par une chaleur excessive, une longue période chaude et une précipitation faible et variable ; on y trouve cependant des contrastes climatiques.

En Algérie cette zone s'étale sur la majorité du territoire au sud saharienne.

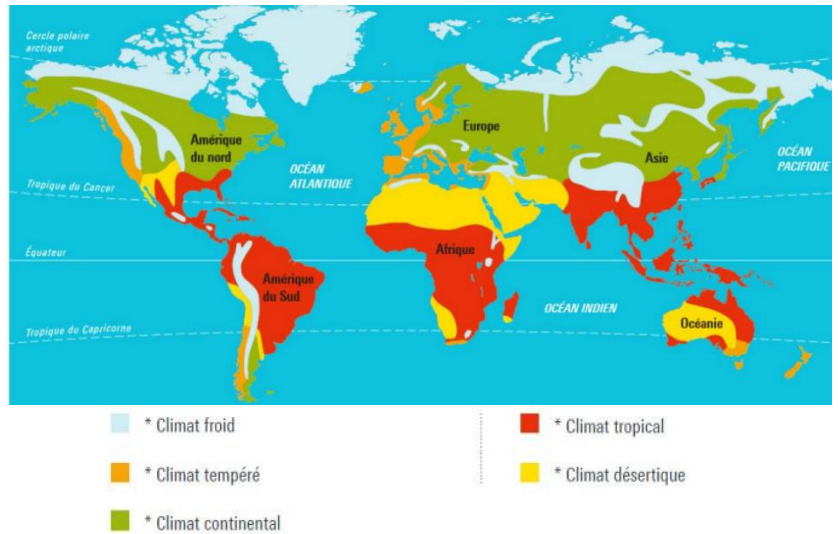


Figure 13: schéma des zones arides et semi-arides
 Source : <http://www.s-com-science.com/work-view/schemas-zones-semi-arides>

1.5.1 Les concepts de l'architecture et environnement appliqués dans un climat aride :

1.5.1.1 Site et implantation :

Elle détermine l'éclairement les apports solaires, les déperditions, la possibilité d'aération. L'objectif est de récupérer au maximum les apports solaires passifs en hiver et de les réduire en été.

- L'emplacement de projet par l'exploitation des potentiels naturelles du site.

- Protection des vents par des collines et ouverture au soleil

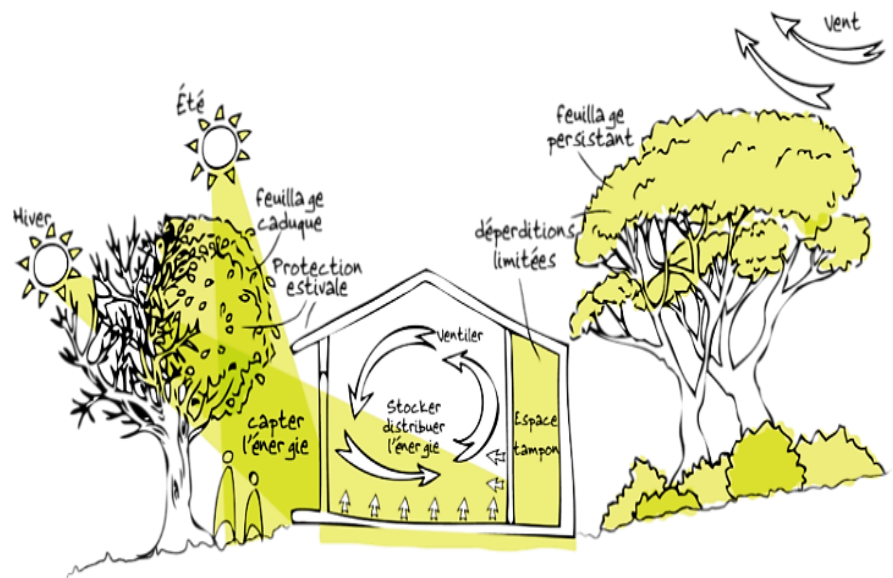


Figure 14: Les principes de l'architecture durable
 Source : <https://afournaise.fr/>

- Exploiter l'ensoleillement en hiver par l'utilisation de serre/ l'isolation en été.

⁸ Mémoire De Magister : Impact De La Conception Des Fenêtres Sur l'environnement Intérieur Dans Les Salles De Classe En Zones Arides. Mezaoukh Lakhdar 2012

1.5.1.2 Orientation :

-Les espaces actifs vers le Sud et l'Est pour capter le soleil.

-Les espaces non actifs vers le nord et l'Ouest.

-L'utilisation des rayons solaires pour chauffer le bâtiment en hiver (en fonction de l'orientation et de la proportion des surfaces vitrées), et les vents pour refroidir en été (l'orientation des ouvertures ...).

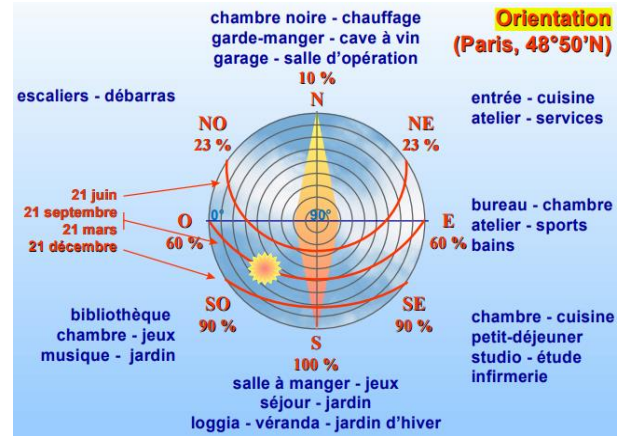


Figure 15: Exemple de l'orientation d'un édifice par rapport aux vents et au soleil.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.5.1.3 La forme du bâtiment

- Privilégier une forme compacte qui augmente le rapport entre le volume des espaces intérieurs et la surface exposée aux intempéries pour limiter les pertes calorifiques. (Compacité)

- Utilisation de patio pour un microclimat.

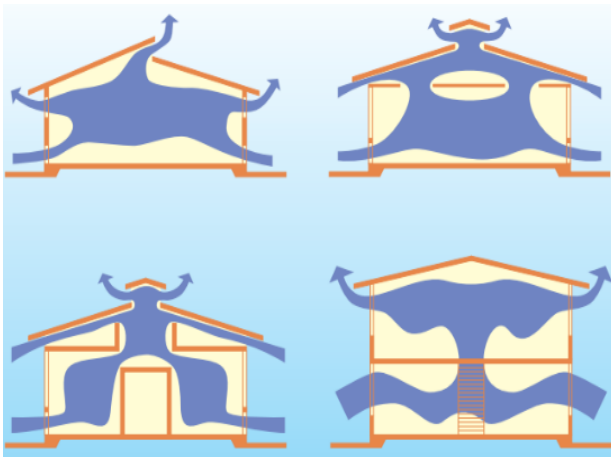


Figure 16: principe d'écoulement d'air.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.5.1.4 Distribution des Espaces intérieurs

- Le zonage d'un bâtiment permet d'adapter des ambiances thermiques appropriées à l'occupation.

-Au nord on aménagera des espaces non chauffés dits « tampons », ils assurent une protection thermique et contribuent directement aux économies d'énergies et au confort des occupants.

1.5.1.5 Traitement de L'enveloppe

- Des surfaces avec albédo élevé.

- Texture rugueuse.

- L'utilisation de dispositifs architecturaux tel que les pare-soleil horizontaux ou verticaux.

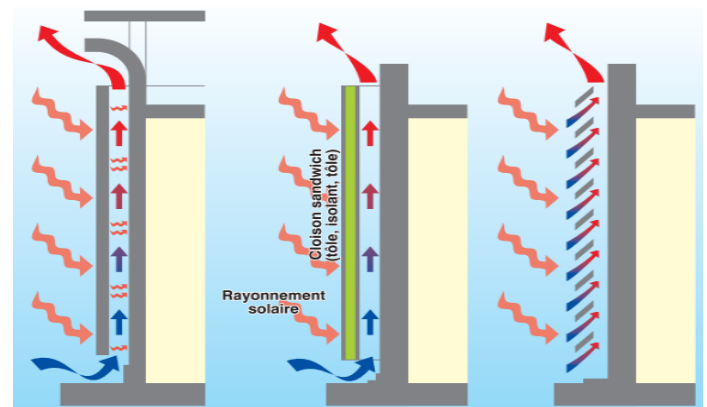


Figure 17: Typologies de pare-soleil verticaux.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.5.1.6 techniques Constructives/structure

- Utiliser des dispositifs comme la façade ventilée etc.
- Toit : on distingue deux types : toit en dôme et toit ventilée. Ce sont des toits qui permettent de bénéficier de ventilation naturelle.

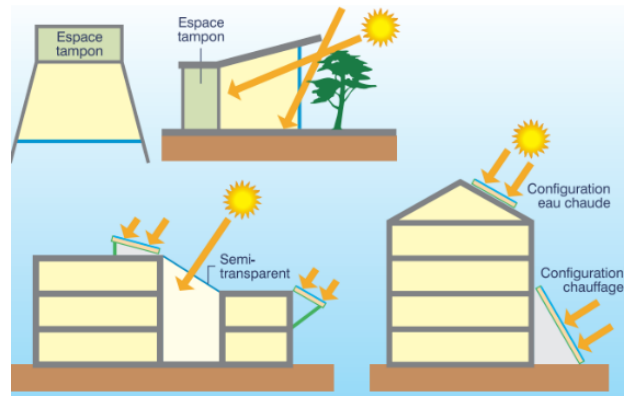


Figure 18: intégration l'énergie renouvelable dans le bâtiment.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

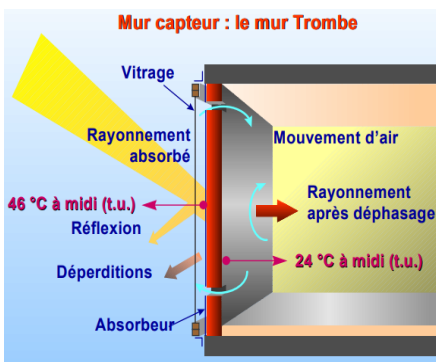


Figure 21: schéma de principe d'un mur capteur.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

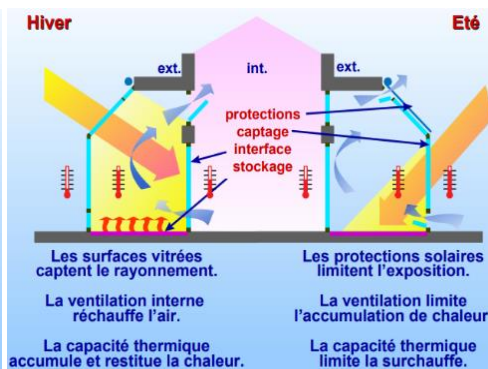


Figure 21: fonctionnement de la serre en hiver et en été.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

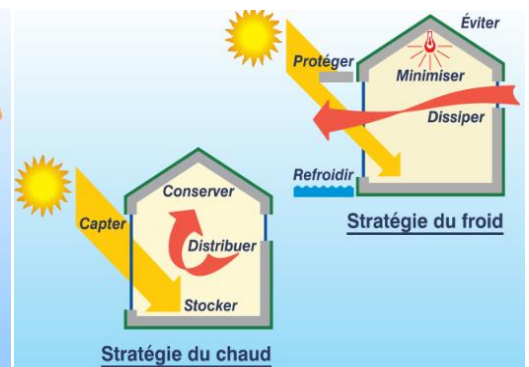


Figure 21: les concepts de confort d'hiver et d'été.
Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

1.5.1.7 Matériaux innovants : Eco-matériau", "écoproduit" et "éco-procédé"

Les nouveaux matériaux sont des matériaux particuliers de l'éco-construction utilisés ou fabriqués de manière innovante. Leurs caractéristiques indiquent la réduction des impacts sur la santé et l'environnement lors du processus de fabrication, ainsi que la valorisation des déchets.

On trouve par exemple :

- Des isolants (laines de fibres végétales ou animales, de textile recyclé, chènevotte, ...)
- Des mortiers et bétons (brique mono-mur, béton de chanvre, de bois, ...)
- Des panneaux (particules ou fibres végétales, paille compressée, ...)
- Des matériaux composites plastiques (matrices, fibres de renfort, charges, ...)
- Des matériaux de chimie du bâtiment (colles, adjuvants, peintures, ...)⁹



Figure 22: Les matériaux de construction innovants
Source : <https://www.deutschland.de/fr/>

⁹ ZANNAKIS, R. (2014). Master 2 Ingénierie Numérique et Signal Image et Informatique Industrielle, Calais. Université du Littoral Côte d'Opale.

2 Volet O2 : Définition des concepts liés aux incubateurs

2.1 Pépinière d'entreprises :

Le petit Robert la définit comme « Une structure proposant des aides pratiques, des conseils pour aider les jeunes entreprises. » (Secrétariat, salles de réunions...). Pour le ministère algérien de la PME, elle est définie comme « une structure publique d'appui, d'accueil, d'accompagnement et de soutien aux promoteurs de projets, mise en place par le ministère de la PME »¹⁰



Figure 23: Concept d'affaires des incubateurs.
Source : <https://valognes-lyon.fr/le-cabinet/>

2.2 Les incubateurs :

« L'incubateur est défini comme une structure accueillante et accompagnante des entreprises en création, jusqu'à leur création et parfois pendant leurs premiers mois d'existence » selon innoviscop (Pr. Chouam BOUCHAMA, 2016).

Le terme incubateur regroupe les différents dispositifs d'accompagnement de projets d'innovations, portant sur trois étapes :

- La pré-incubation :

Dans cette étape, il y a lieu de faire l'évaluation de l'innovation, le plan d'affaires, l'élaboration et la modélisation de l'entreprise et de la formation ;

- L'incubation :

Cette étape consiste à faire l'accès au financement, l'encadrement, l'hébergement, la commercialisation et la planification des activités de pointe ;

- La post-incubation :

Elle concerne le diagnostic de l'innovation, le soutien de la technologie, la commercialisation et le développement des affaires. L'incubateur intervient avant la création de l'entreprise proprement dite sous plusieurs formes comme le coaching individualisé, la formation et la transmission des expériences du terrain. Les missions essentielles d'un incubateur se résument dans les points suivants :

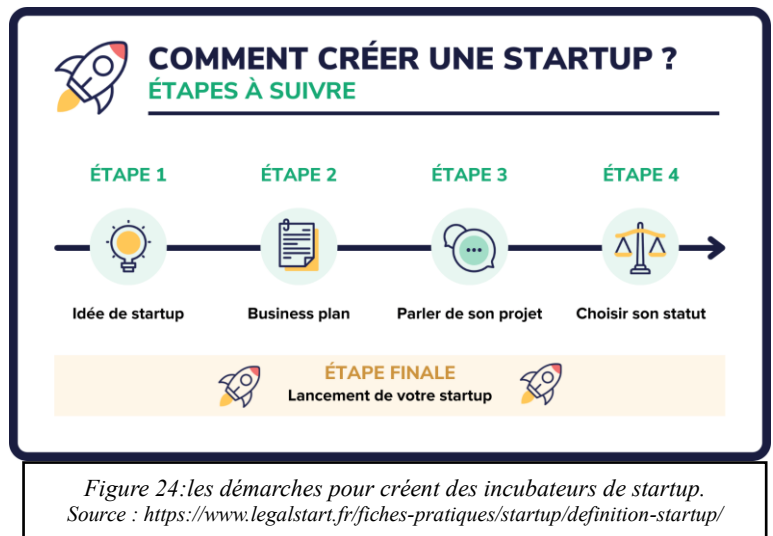
- Apporter un réseau relationnel,
- Permettre de gagner du temps,
- Apporter des conseils dans différents domaines,

¹⁰ Pr. Chouam BOUCHAMA, P. B. (2016). Etat des lieux des incubateurs en Algérie Cas de l'incubateur de l'INTTIC d'Oran Mohammed DJELTI, ITO.REVUE ECONOMIE &GESTION.

- Assurer une formation en entrepreneuriat, management, marketing, gestion financière, comptabilité, propriété intellectuelle, droit des affaires...etc.

2.2.1 L'incubateur de startup

Un incubateur d'entreprises est une structure qui accompagne les entreprises en création, jusqu'à leur création et parfois pendant leurs premiers mois d'existence (Yahia DJEKIDEL, 2021). L'incubateur permet la gestation des projets innovants et les porteurs de projet disposant ainsi d'un hébergement et d'un accompagnement personnalisé¹¹.



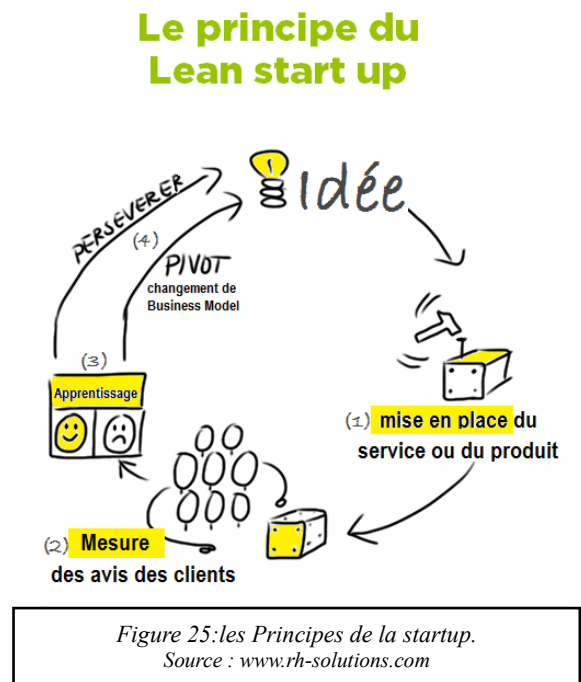
2.2.1.1 Principes de la startup¹²

Le modèle startup est un système qui associe la rigueur du management traditionnel et la nature hautement itérative de startup. Il est susceptible d'être utilisé par toute organisation qui entend pratiquer l'innovation continue, indépendamment de sa taille, de son âge ou de sa mission. Les principes de la startup sont ci-après (Rais MERRAD, 2018) :

- **L'innovation continue :**

Trop de leaders sont à la recherche de l'innovation-miracle. Mais la croissance de long terme repose sur un autre prérequis : une méthode qui permet d'identifier en permanence de nouvelles opportunités, en exploitant la créativité et les talents à tous les échelons de l'organisation.

- **La start-up comme unité de travail distincte :**



¹¹ Yahia DJEKIDEL, D. M. (2021). La startup en Algérie : Caractéristiques et Obligations.

¹² Rais MERRAD. (2018). Le modèle startup : devenir une entreprise moderne en adaptant le management entrepreneuriat. France : Pearson.

Si elles veulent créer des cycles d'innovation continue et identifier de nouvelles sources de croissance, les entreprises doivent se doter d'équipes capables d'expérimenter pour les découvrir. Ces équipes sont des start-up internes et constituent donc des entités distinctes.

- **La fonction manquante :**

L'intégration de start-up dans l'écosystème d'une organisation impose de gérer celles-ci en prenant de la distance par rapport aux méthodes traditionnelles. Or la plupart des organisations manquent d'une compétence-clé –l'entrepreneuriat – aussi vitale pour leur réussite future que la fonction marketing ou finance.

- **La seconde fondation :**

Apporter ce changement fondamental à la structure d'une organisation équivaut à la fonder une seconde fois, qu'elle ait cinq ans ou cent ans d'existence.

- **La transformation continue ¹³:**

Tout cela suppose de développer une nouvelle capacité organisationnelle : il faut réécrire l'ADN de l'organisation en réponse aux multiples défis qui s'offrent à elle.

Il serait dommage de s'en tenir à une seule transformation. Dès lors que l'entreprise a réussi à se transformer, elle peut – et devrait – se préparer à renouveler cette expérience.

2.2.1.2 Les incubateurs en Algérie

En Algérie, une stratégie nationale en matière de promotion et de développement des parcs technologiques a été mise en œuvre. Plusieurs incubateurs à travers le pays ont vu le jour ;

- Le Cyber parc de Sidi Abdellah (2010).
- L'incubateur de Ouargla (2012).
- L'incubateur « Techno bridge » de l'INTTIC d'Oran (2013).
- L'incubateur de l'université de Batna (2013).

Leur mission principale est de prendre en charge les porteurs de projets innovants dans le domaine des TIC et les accompagner jusqu'à la création de la start-up. Des conventions de partenariat ont été signées entre l'ANPT ¹⁴et ces établissements (L'Agence Nationale de Promotion, 2004). Les incubateurs de start-up dans le domaine des TIC sont pilotés par l'ANPT.

¹³ Revue D' Etudes juridiques et Economiques ISSN 2602-7321/ EISSN 2773- 2649 (2022) p1344-1361.

¹⁴ L'Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques (2004).

2.3 Bâtiment intelligent (smart building)

2.3.1 Définition du smart building

Le smart building peut être défini comme un bâtiment à haute performance énergétique, qui peut gérer de manière optimisée des équipements consommateurs et des moyens de production et du stockage de l'énergie tout en assurant le confort des usagers. Il implique l'installation et l'utilisation de systèmes de technologie de construction avancés et intégrés. Ces systèmes comprennent l'automatisation des bâtiments, la sécurité des personnes, les télécommunications, les systèmes d'utilisateurs et les systèmes de gestion des installations (Sinopoli, 2010).

Principaux caractéristiques du smart building

Les bâtiments intelligents fournissent des informations exploitables sur un bâtiment ou un espace dans un bâtiment pour permettre au propriétaire ou à l'occupant du bâtiment de gérer le bâtiment ou l'espace.

Les bâtiments intelligents sont également un élément essentiel en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie et la durabilité des bâtiments et le réseau électrique intelligent. Les systèmes d'automatisation du bâtiment, tels que le contrôle CVC, le contrôle de l'éclairage, la gestion de l'alimentation et les moteurs des bâtiments intelligents sont l'économie, l'énergie et la technologie. Les bâtiments intelligents exploitent l'infrastructure des technologies de l'information grand public et tirent parti des technologies existantes et émergentes¹⁵.

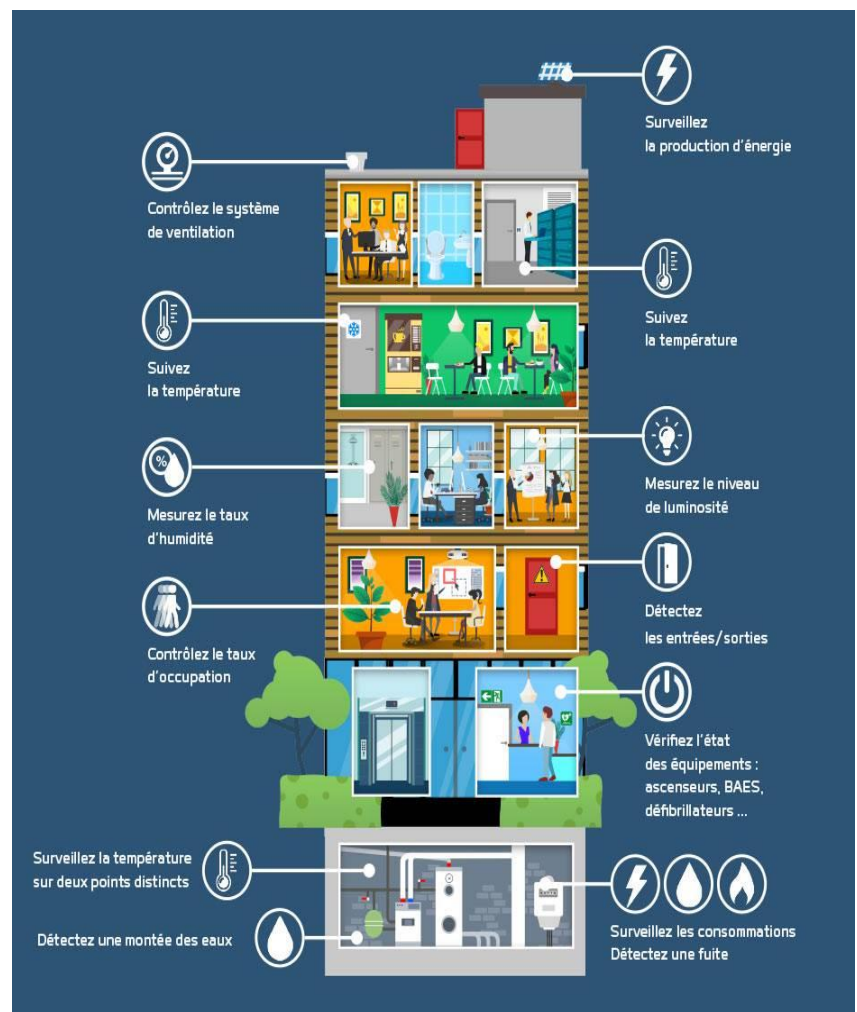


Figure 26: Multifonction locale et à distance consoles de gestion.
Source : <https://www.adeunis.com/smart-building-iot/>

¹⁵ Sinopoli, J. (2010). Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders. USA: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier.

La figure ci-dessous regroupe les différents systèmes d'automatisation d'un bâtiment.

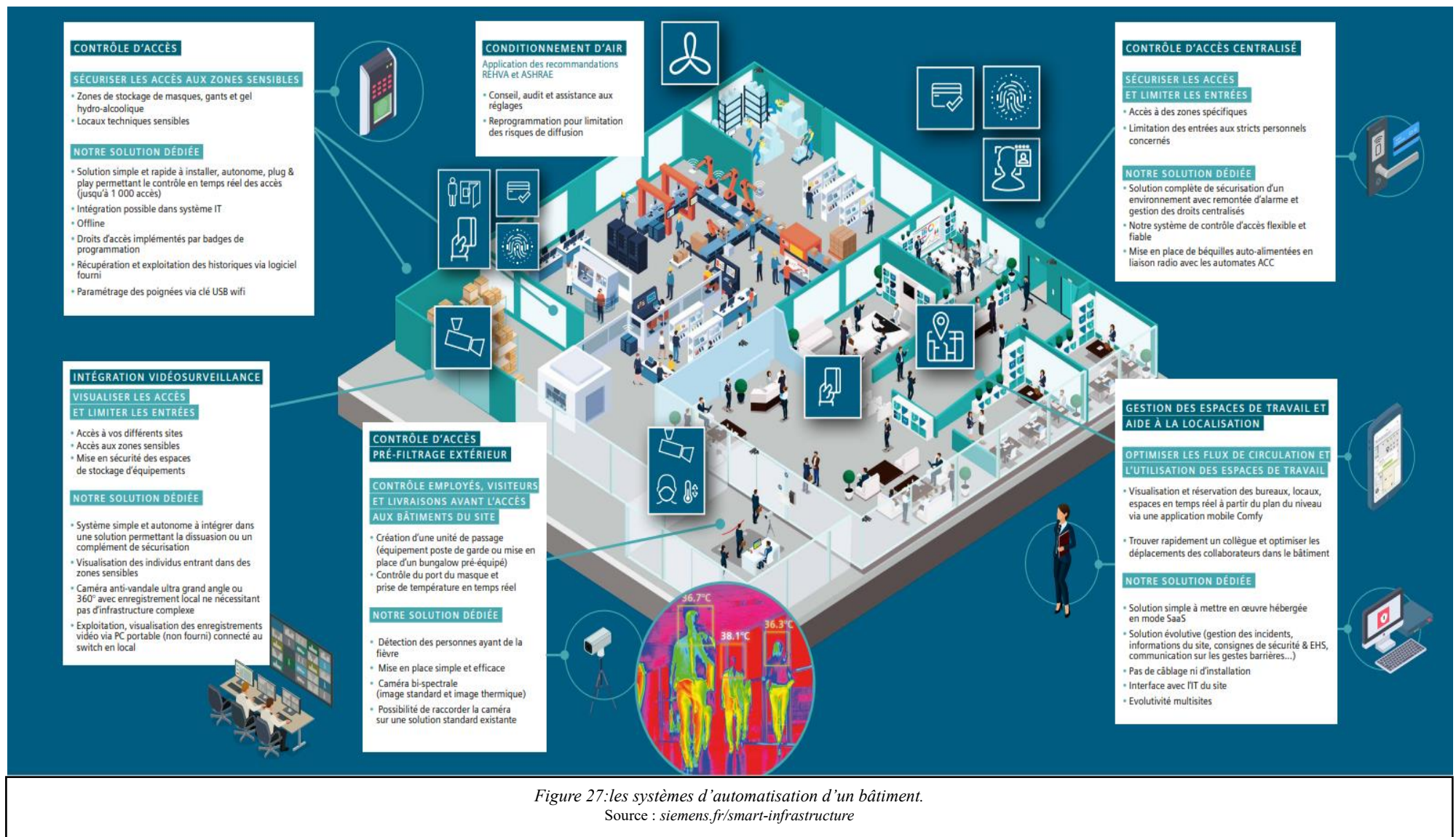


Figure 27: les systèmes d'automatisation d'un bâtiment.
 Source : siemens.fr/smart-infrastructure

2.3.2 Les aspects fondamentaux d'un smart building

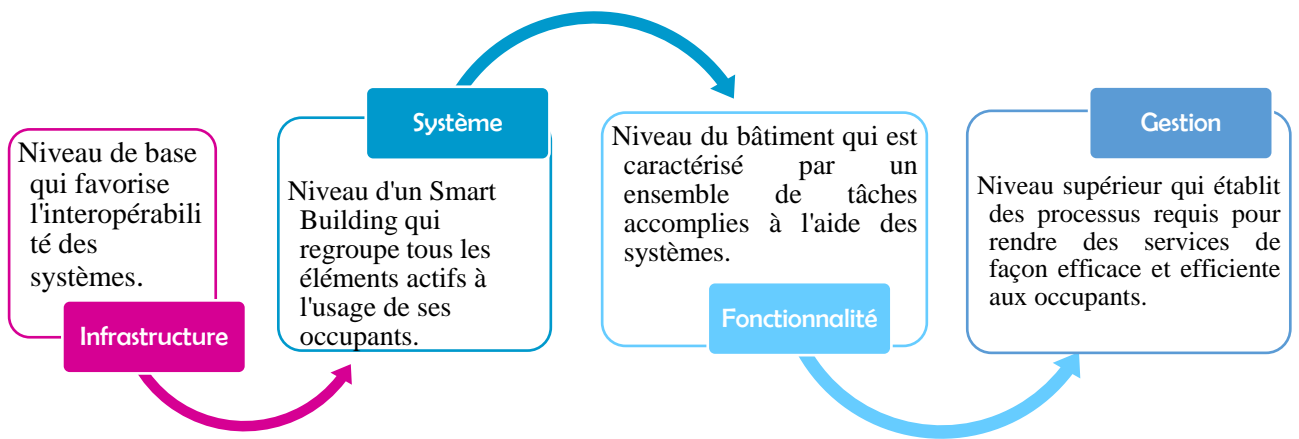


Figure 28: Les aspects fondamentaux d'un SB.
Source : siemens.fr

2.3.3 Les composants conceptuels d'un smart building

2.3.3.1 Les systèmes intelligents

La domotique dans le bâtiment

La domotique, du latin « domus » signifiant maison, est l'ensemble des technologies de l'électronique, de l'information et des télécommunications permettant d'automatiser des bâtiments.

Le principe de la domotique est la gestion centralisée des équipements techniques (chauffage, sécurité, éclairage, etc.) et du multimédia dans un bâtiment.

Elle vise à apporter des fonctions de confort, de sécurité, d'économie d'énergie et de communication aux maisons ou appartements équipés. Ces fonctions sont réalisées par des capteurs, des actionneurs, des automates et plus généralement par des équipements électriques et/ou électroniques.



Figure 29: Le principe de la domotique.
Source : <https://fr.depositphotos.com/>

Les systèmes domotiques

La domotique permet l'interaction entre les contrôleurs (programmeurs, télécommandes, etc.) et les actionneurs (prises, relais, etc.).

Le contrôleur utilise des capteurs comme entrées (par exemple, des détecteurs de présence, des interrupteurs, des capteurs de température, etc.) et réagit automatiquement en fonction des conditions (température, luminosité, etc.) et des scénarios définis par l'utilisateur du contrôleur.

La gestion est centralisée au travers de dispositifs tels que les box domotiques.

| Domaines | Fonctions |
|--------------|---|
| Audio/vidéo | <ul style="list-style-type: none"> • Ecouter de la musique dans toutes les pièces • Visualiser une ou des caméras (surveillance, enfants, portier, ...) sur une chaîne de télévision • Visualisation de caméras à distance par interface web (prévoir ADSL, ...) • Enregistrer une vidéo par une caméra sur le déclenchement d'un événement extérieur (alarme, sonnette, détecteurs de passage). |
| Téléphonie | <ul style="list-style-type: none"> • Recevoir l'interphone du portier extérieur sur le téléphone. • Pilotage de commandes d'automatismes sur téléphone sans fil. • Mise en route du répondeur sur mise en service de l'alarme. |
| Sécurité | <ul style="list-style-type: none"> • Centrale d'alarme de plusieurs zones avec télémaintenance clavier, clé de proximité et enregistrement des événements. • Radar de détection volumétrique. • Détecteurs d'ouverture de porte. • Sirènes diffusables dans des haut-parleurs. • Transmetteur avec écoute distante. • Radar de détection d'approche extérieure et action sur la simulation de présence. • Mise en service automatique de l'alarme sur fermeture à double tour du verrou. • Verrouillage biométrique de la maison. |
| Automatismes | <ul style="list-style-type: none"> • Commande centralisée des volets roulants en courant porteur • Pilotage à distance du chauffage/climatisation • Gestion du chauffage sur inoccupation. |
| Eclairage | <ul style="list-style-type: none"> • Gestion et variation de l'éclairage dans plusieurs pièces Extinction générale de la lumière lors de la mise en route de l'alarme |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Gestion d'ambiance lumineuse en fonction des activités (Dîner, Lecture, Home cinéma, ...) • Pilotage par télécommande des lumières |
| Informatique | <ul style="list-style-type: none"> • Réseau informatique dans chaque pièce et partage des ressources (imprimantes, jeux, scanner, échanges de fichiers, ...) • Internet haut débit sur tous les postes informatiques via ADSL ou câble • Accès à distance sécurisé à vos fichiers personnels (photos, ...) • Pilotage à distance par Internet des équipements domestiques |
| Contrôle d'environnement | <ul style="list-style-type: none"> • Logiciel de contrôle par menus interactifs sur TV • Télécommande sans fil universelle avec incrustation d'image • Téléphone à écran tactile type web phone (gestion minitel, Internet et visioconférence) • Pilotage à la voix des systèmes domotiques |
| Fonctions pour personnes âgées ou handicapées | <ul style="list-style-type: none"> • Surveillance et contrôle d'environnement par une plate-forme de services adaptés • Montre avec relevé de courbes médicales (rythme physiologique) |

Tableau 1: Les systèmes de la domotique.
Source: livre Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders.

2.3.3.2 Les matériaux intelligents

On appelle matériau intelligent tout matériau ayant des capacités intrinsèques et extrinsèques leur permettant tout d'abord de répondre aux stimuli et aux changements qui se produisent dans l'environnement, puis d'activer en conséquence leurs fonctions correspondantes. Les stimuli peuvent venir de l'intérieur ou de l'extérieur.



Figure 30: matériau innovant et intelligent
Source: www.groupe-axiome.fr

Depuis ses débuts, la science des matériaux a évolué, de l'usage de matériaux structurels inertes à celui de matériaux fabriqués dans un but particulier, en passant par des matériaux actifs ou adaptatifs, pour en arriver aux matériaux intelligents qui ont des capacités de reconnaissance, de discrimination et de réaction plus précises.

Classement des matériaux intelligents¹⁶

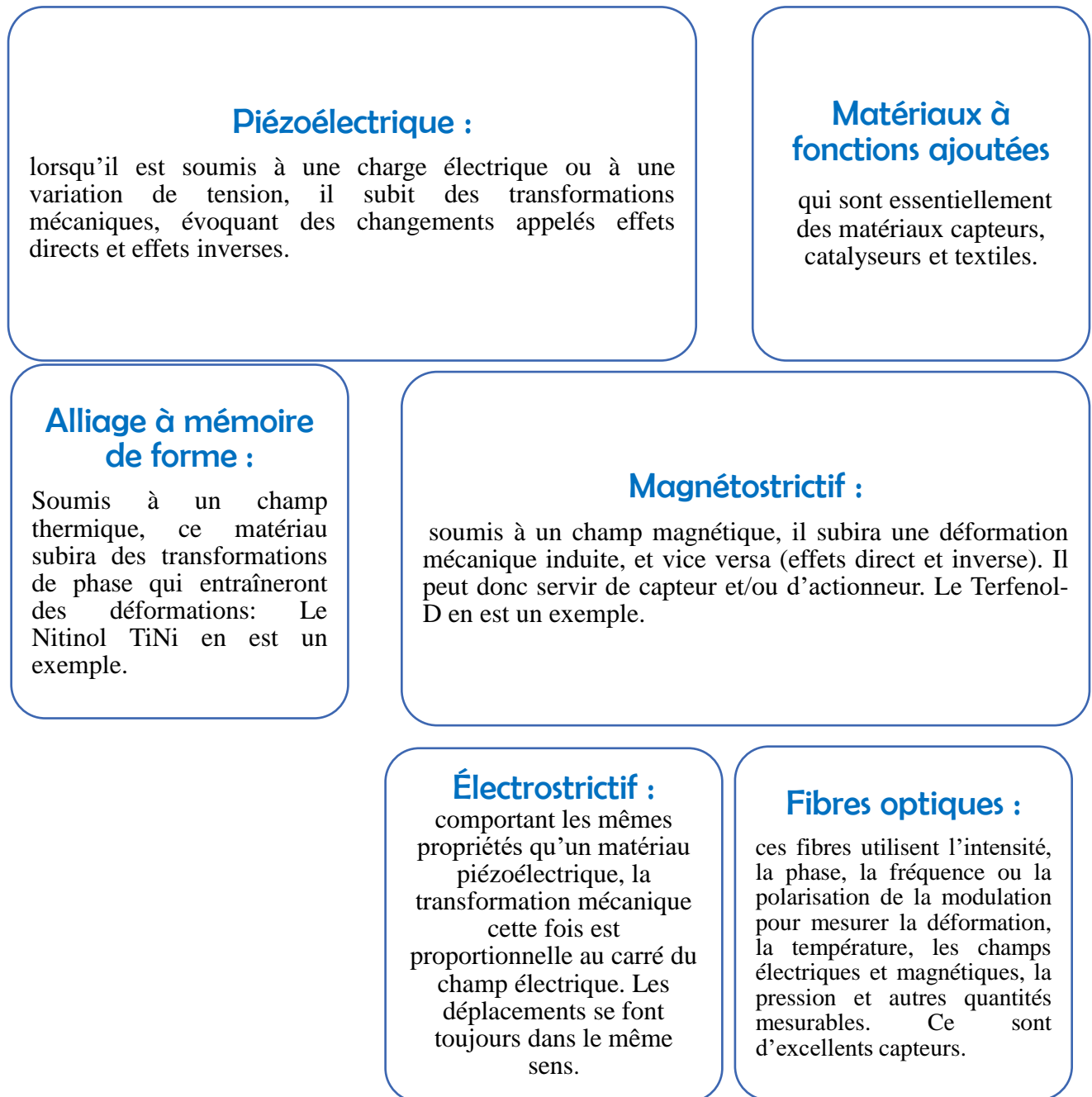


Figure 31: Classement des matériaux intelligents
Source: www.groupe-axiome.fr

¹⁶ Mémoire :Incubateur De Startups Dans Le Domaine Des Matériaux Intelligents A Boumerdes (2021).

2.3.3.3 Les façades intelligentes

La « façade intelligente » fait partie de la nouvelle conception intelligente du bâtiment, se référant à cet élément qui remplit la fonction d'enveloppement de l'intérieur habité

Types des façades intelligentes

Les façades intelligentes viennent améliorer l'interdépendance entre les environnements interne et externe.

Outre le pouvoir esthétique, les façades intelligentes sont essentielles pour améliorer les performances environnementales et l'énergie dans le bâtiment.

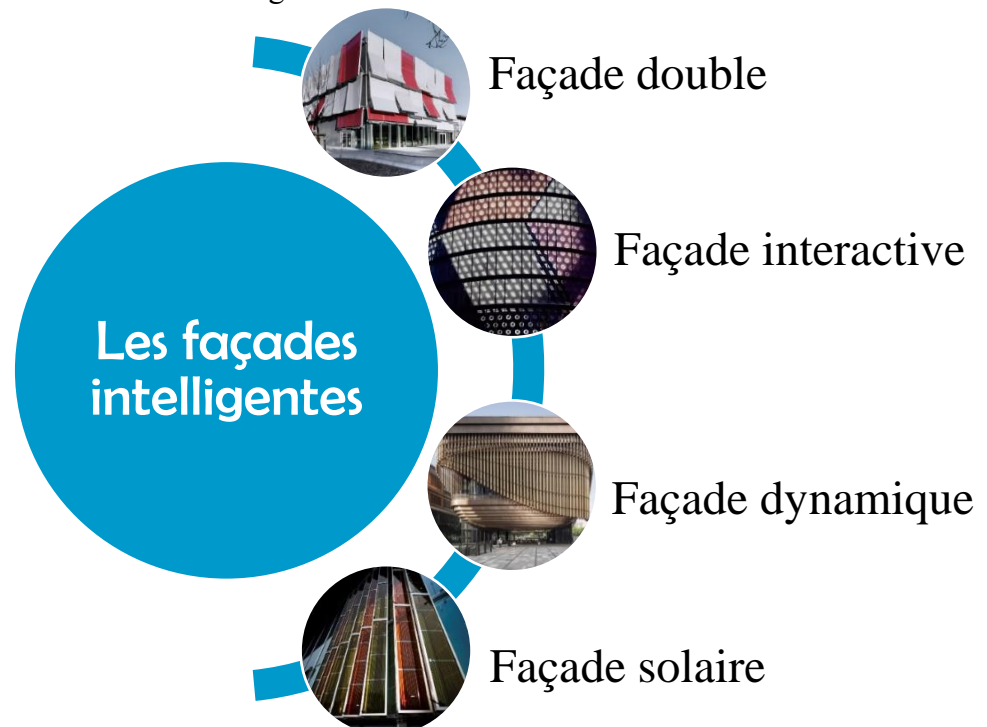


Figure 32 : Types des façades intelligentes
Source: www.groupe-axiome.fr

2.3.4 Smart Building et qualité d'usage

La notion de qualité d'usage d'un lieu peut se définir comme sa capacité de répondre aux

besoins, attentes et contraintes des parties prenantes d'un bâtiment (occupants, usagers, maître d'ouvrage, etc.). Pour le bâtiment, il s'agit alors d'apporter des réponses spatiales, techniques et fonctionnelles.

Cette notion est indissociable de la démarche de « la qualité environnementale » qui a été prise en compte dans les démarches de conception afin de construire des bâtiments durables.

La qualité d'usage renvoie aux dimensions diverses et complémentaires suivantes :


- La protection et l'entretien des personnes et des biens (sécurité, santé, entretien des équipements, etc.) ;
- L'assistance aux personnes (accessibilité, maintien des a domiciles, etc.) ;
- La création des conditions de confort d'ambiance et d'usage (conforts psychophysiologique, ergonomie des espaces, et confort d'activités, etc.).
- La notion de confort est une partie importante et intégrante de la qualité d'usage.

| | |
|--|---|
| C onfort thermique | Plage de confort entre froid et chaud, conditionnées par le contact entre l'environnement thermique intérieur et celui extérieur ; ainsi que l'installation du chauffage et du refroidissement mises en place. |
| C onfort acoustique | Niveau de bruit des nuisances acoustiques et leurs représentations mentales relatives. |
| C onfort visuel | -Marge de confort visuel entre éclairage naturel et artificiel ; -Qualité et degré de variation de l'éclairage, nécessaire aux besoins psychologiques des occupants ; -Qualité des vues vers l'extérieur. |
| Q ualité de l'air | -Vitesse d'air perçue par les occupants, entre aération naturelle et artificielle ; -Degré de pureté de l'air ou de pollution perçue sous forme d'odeurs ou suscitant des irritations et/ ou allergies. |
| <i>Tableau 2: Smart Building et les comforts</i> <i>Source: auteur.</i> | |

Synthèse :

- La meilleure solution pour étendre le terme de développement durable est de construire des bâtiments à grande échelle durables comme les incubateurs en tant qu'une nouvelle idée et une vitrine a la technologie et avec des nouveaux concepts durables et technologiques.
- L'objectif de garantir le confort dans les bâtiments s'inscrit dans une perspective de réduction de la consommation énergétique. Toute solution envisagée doit être adaptée au contexte local, prenant en compte les aspects climatiques, urbains, techniques et économiques.
- Pour être qualifié d'intelligent, un bâtiment doit maximiser l'utilisation de ses ressources, être économe en énergie, intégrer les énergies renouvelables et aborder la question du stockage électrique.
- Les concepts essentiels pour réussir les stratégies de bâtiments intelligents à faible consommation d'énergie sont le comportement énergétique et la sobriété énergétique.

Chapitre 02:



ÉTUDE ANALYTIQUE

Introduction

L'objectif de ce chapitre est de déterminer les caractéristiques d'un projet d'incubateur de smart building et les principes de conception appropriés, et ce à travers une analyse des exemples similaires. Cette analyse permet de comprendre le fonctionnement, les entités, les technologies intégrées de ce genre des équipements. En plus on va donner l'importance à la notion de la durabilité et de l'environnement pour approfondir la réflexion dans la phase conceptuelle.

1 EXEMPLE 01 : Centre technologique NAITEC - ESTELLA, ESPAGNE

Critères du choix:

Ce projet est conçu selon plusieurs considérations, notamment :

- Les aspects formels et fonctionnels
- Les aspects environnementaux.
- La richesse du programme architectural.

1.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET

- **Architecte** : MRM Architecture.
- **Date d'achèvement du projet** : 2011.
- **Surface du projet** : 17 000 m².
- **Climat** : Climat chaud et tempéré même lors des mois les plus secs. Une température annuelle moyenne de 11.6 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteint 792 mm.



Figure 33: Entrée principale du projet
Source : www.archdaily.com

1.2 Description du projet

Le centre technologique NAITEC est un incubateur pour les startups bio-technologiques. Il a une taille moyenne d'une superficie est de 17 000 mètres carrés. L'approche de conception s'est concentrée sur une interaction entre la technologie, le site, la fonction et le paysage.

1.3 ASPECT ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER

1.3.1 Situation du projet

Le projet se situe au Sud-Ouest de la ville ESTELLA, Espagne en zone périurbaine, avec un environnement agricole ayant vocation à accueillir des potentialités d'urbanisation future.

- L'altitude : 42.38° N
- Longitude : 2.01° O

1.3.2 Voisinages du projet



Figure 35: Plan de voisinage du projet
Source : Google Earth\ traité par l'étudiant.

1.3.3 Plan de masse

- Le projet est en R+2 ;
- Deux parties du projet sont en RDC avec mezzanine (un niveau intermédiaire) et deux étages en R+1.
- **La nature du terrain :** Le bâtiment est situé sur un terrain plat de surface de 17000 mètres carrés avec quatre côtés ouverts.
- **Mode d'occupation du terrain :** le projet occupe la moitié nord du terrain (la partie frontale).
- **Orientation du projet :** orientation nord-sud.

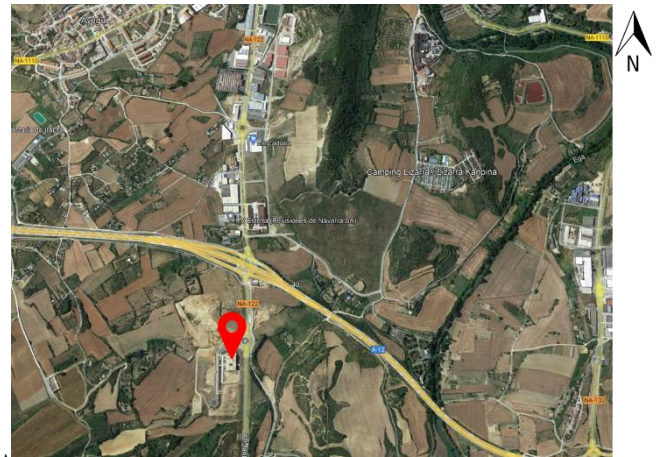


Figure 34: Plan de situation du projet
Source : Google Earth

Le projet est situé dans une zone pré-urbaine, où on trouve :

- Dans le côté Sud : des zones agricoles.
- Dans le côté Ouest : Montagnes Montejurra
- Dans le côté Nord : Autoroute Camino de Santiago.
- Dans le côté Est : Municipalité villatuerta.



Figure 36: Limites du terrain
Source : Google Earth\ traité par l'étudiant.

• **Occupation de la parcelle :**

La surface du bâti est de 3000 m² ce qui représente environ 18% de la surface totale du terrain (17000 m²).

- Le Cadre non Bâti du projet
- Le Cadre Bâti du projet

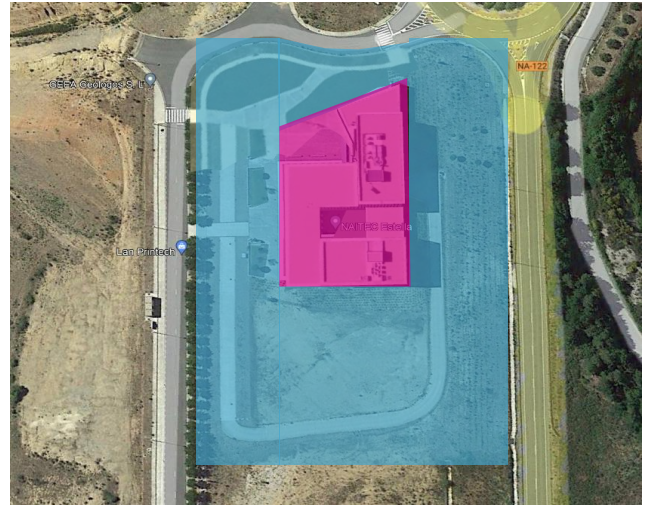


Figure 37: Occupation de la parcelle
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

• **Le Cadre non Bâti du projet :**

- **Circulation:**

Il existe une circulation mécanique périphérique et deux circulations piétons côté Nord et coté Est.

- **Végétations :**

Manque de végétations (présence de gazon uniquement) cependant son intégration visuelle optimale et une meilleure transition avec la nature existante de la colline de Montejurra.

1.3.4 Accessibilité du projet

- ▶ Accès Piétonne principale
- ▶ Accès mécanique
- Le Bâtiment Parking
- ➔ Voie mécanique principale
- ➔ Accès piéton de la route principale
- ➔ Un accès mécanique vers le parking et l'entrée secondaire

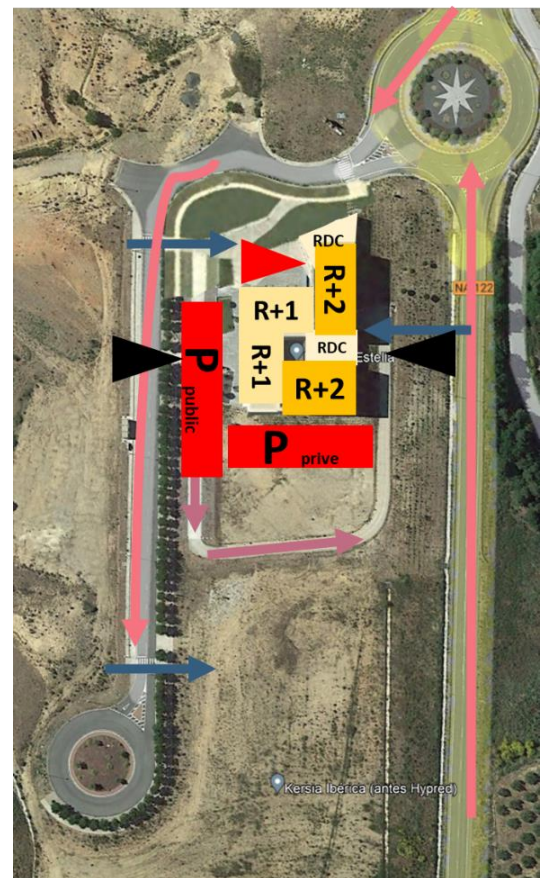


Figure 38: Accessibilité et gabarit du projet.
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

Parking : divisé en 2 parties, le premier privé réservé aux administrateurs et chercheurs et le deuxième public pour les visiteurs.

1.3.5 Plan de distribution



Figure 40: Vue aérienne du projet
Source : Google Earth

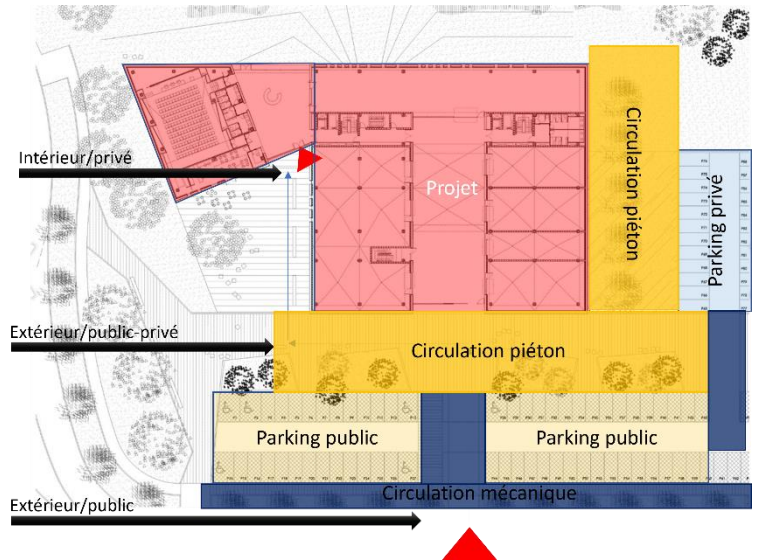


Figure 39: Plan de distribution des espaces.
Source : Auteur.

1.3.6 Nature formelle du projet (volumétrie)

- Le projet est de forme compacte.
- Deux blocs de gabarit R+2 et socle de RDC.
- Se compose par l'intersection de deux blocs parallélépipèdes pour créer un espace protégé de contact informelle au niveau de l'espace extérieur.
- Juxtaposition de deux parallélépipèdes sur les volumes principaux ; un bloc orienté Nord-Sud et perpendiculaire sur le 2^{ème} bloc orienté Est-Ouest.
- L'Accès principal est placé sur la façade ouest, vers la voie mécanique principale.

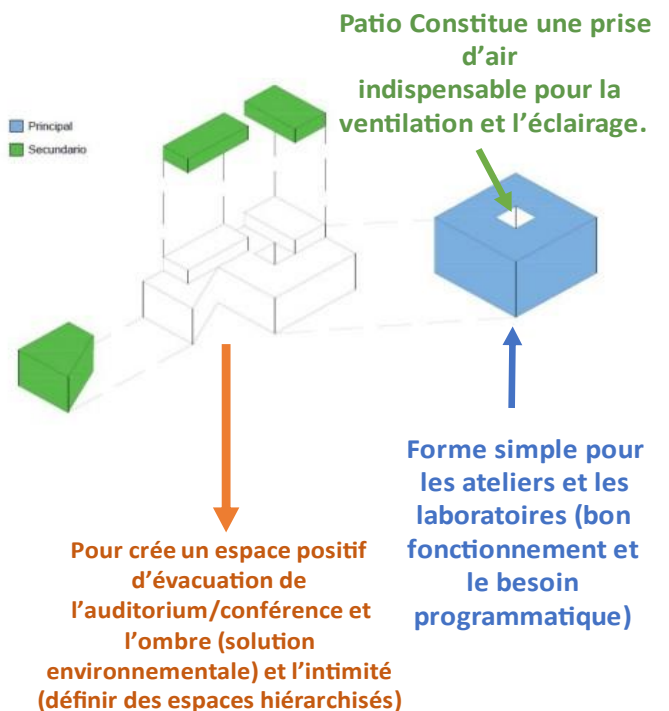


Figure 41: Nature formelle du projet.
Source : Auteur.

1.3.7 Conception des façades

- Un traitement de façades linéaire et uniforme, composé d'ouvertures verticales pour équilibrer l'horizontalité du contour de la façade.
- L'utilisation des différentes protections solaires dans toutes les façades.
- Façade rigide et caractérisée avec une légèreté
- Le traitement des façades se caractérise par un rapport de plein et vide rythmé avec 65% de vide contre 35% de plein.
- Un toit plat.
- Couleur sombre gris dominant tout le projet.

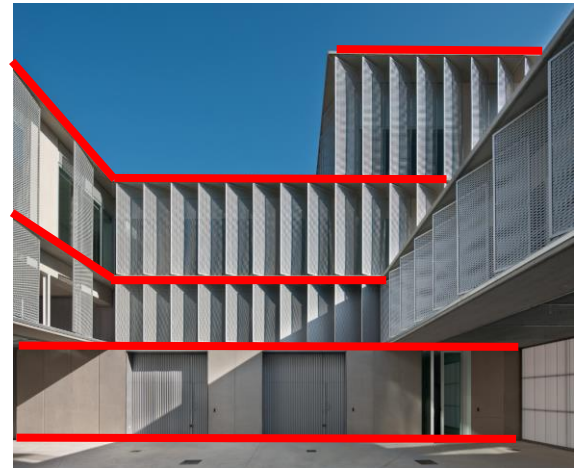


Figure 42: Traitement de façades.
Source : Auteur.

1.3.8 Analyse du coffret mural

- Le soubassement : plat, cependant le rez-de-chaussée est conçu comme un socle opaque pour les niveaux supérieurs avec une finition en béton apparent.
- La corp: constitué de grands treillis dense et superposés en aluminium anodisé, orientées Ouest, qui filtrent la lumière du soleil à l'intérieur et évitent la lumière directe du soleil sur les vitres.
- Le rythme : (A-A-A-A) les travées seront plutôt régulières et la composition symétrique.

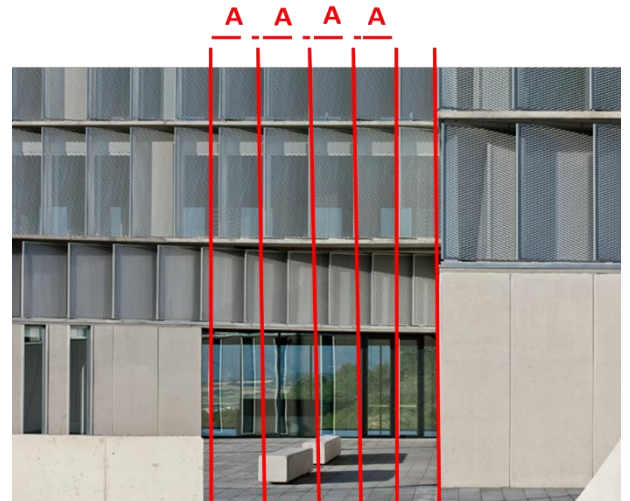


Figure 43: le rythme de la façade.
Source : Auteur.

1.4 Aspect fonctionnel du projet

Organisation centrale (le hall constitue le noyau central de circulation)

- Au niveau du RDC : se trouve les espaces publics, l'administration, et les espaces techniques.
- Les deux autres étages contiennent les laboratoires, les bureaux de la pépinière d'entreprise.

Une circulation verticale est assurée par 3 cages d'escaliers latérales.

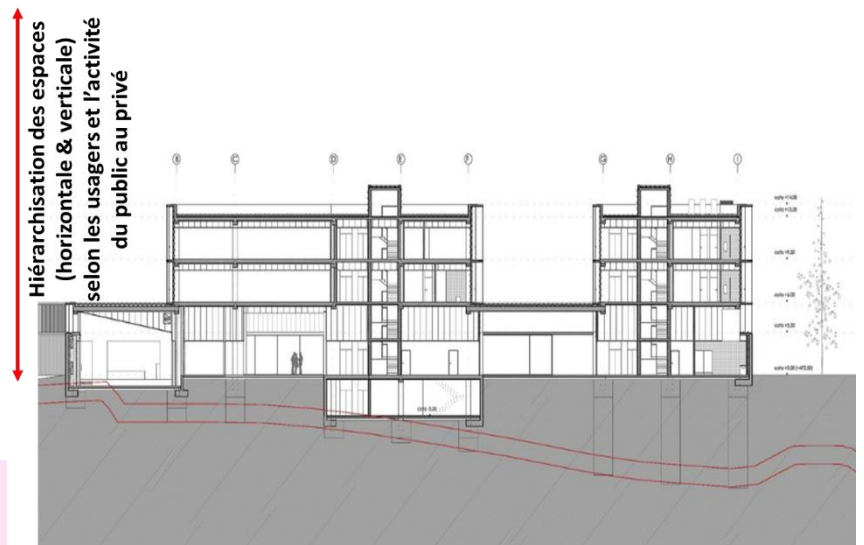
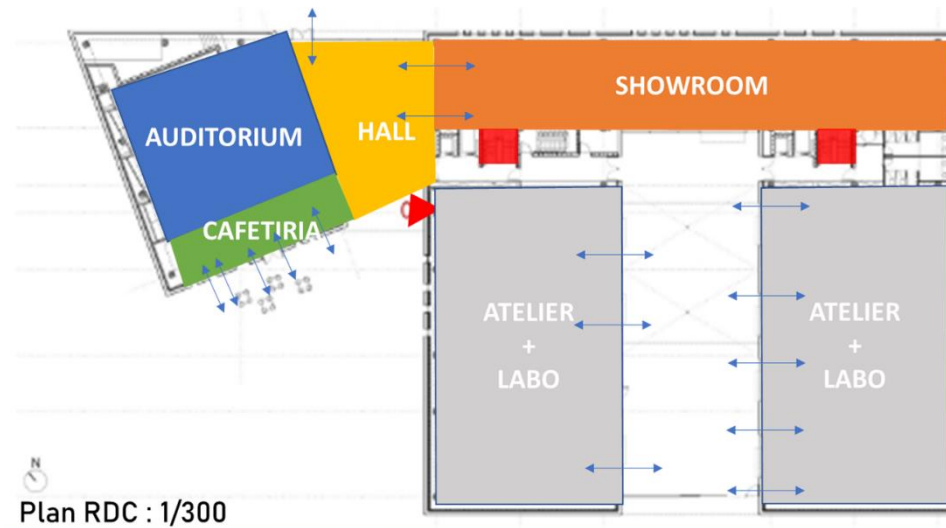


Figure 44: Coupe montre l'organisation centrale du projet
Source : www.archdaily.com

1.4.1 Analyse et lecture des plans



Plan RDC

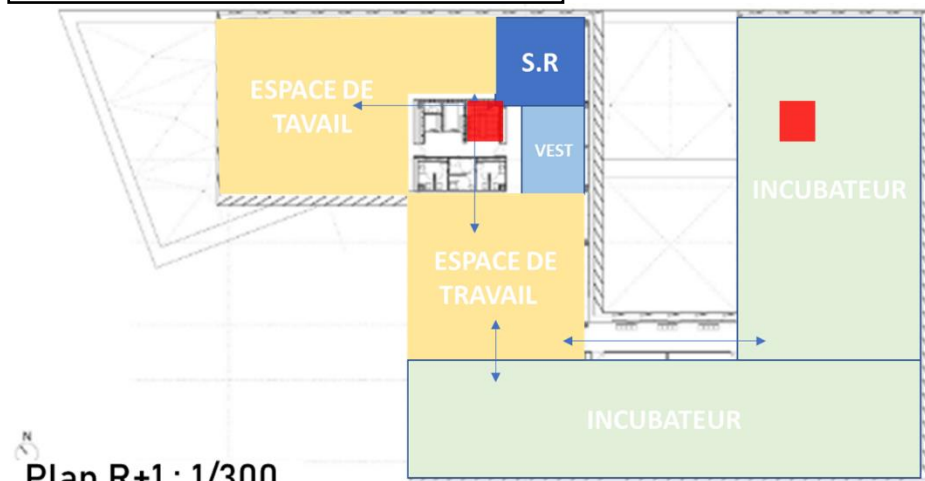
Figure 45: Plan RDC du projet.
Source : Auteur

Entité de détente :

- Espace Commun donnant sur l'extérieur.
- Espace d'exposition rectangulaire assure l'accessibilité pour les ateliers donnant à l'est.

Entité de recherche :

- Ateliers technique libre de forme rectangulaire à la façade Sud et Ouest du projet.
- Hall de réception de forme trapézoïdale.
- Auditorium rectangulaire
- cages d'escaliers et ascenseur (circulation verticale)

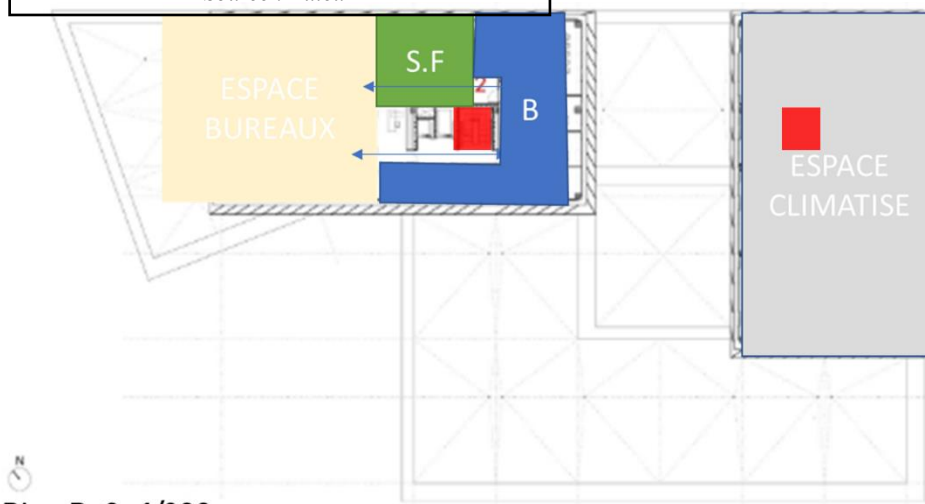


Plan R+1

Figure 46: Plan R+1 du projet.
Source : Auteur

Entité administrative :

- Bureaux libres, donnant à la façade Nord
- Bureaux de recherche individuelles de forme rectangulaire de la pépinière d'entreprise perpendiculaire a le sud et l'ouest
- Salle de réunion articule les bureaux administratifs
- 2 cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)



Plan R+2

Figure 47: Plan R+2 du projet.
Source : Auteur

Entité administrative :

- Bureaux libres, donnant à la façade Nord
- Bureaux individuels donnant sur le patio.
- Salle de formation donnant sur la façade est .

Entité technique :

- Locale technique donnant sur la façade sud
- 2 cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)

1.5 ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE

1.5.1 Le confort thermique :

- La forme compacte.
- Parmi les principes durables est l'intégration de l'économie dans la phase conceptuelle.



Figure 48: Façade principale montrant la forme compacte du projet
Source : www.archdaily.com

- Le choix de vitrages permet un lien fort avec l'extérieur pour assurer une continuité visuelle et la cour paysagée tout en limitant les apports solaires grâce les brise-soleils.

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



Figure 49: Vue intérieur du bureau montrant les apports solaires
Source : www.archdaily.com

2 EXEMPLE 02: TURBOSEALTECH new incubator and office building- TEHRAN, IRAN

Les critères du choix de l'exemple :

Ce projet est conçu selon plusieurs considérations, notamment :

- Le projet intègre les nouvelles techniques qui aident à minimiser l'impact environnemental spécialement l'utilisation d'un enveloppe pixellisée idéale pour le confort d'été et adaptables aux conditions variables d'ensoleillement.

2.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET

- **Architecte:** New Wave Architecture
- **Date d'achèvement du projet :** 2022
- **Surface du projet :** 2500 m²
- **Climat :** un climat méditerranéen chaud avec été sec. Sur l'année, la température moyenne à Téhéran est de 17.7°C et les précipitations sont en moyenne de 313.8 mm.



Figure 50: Vue d'ensemble sur le projet
Source : www.archdaily.com

2.2 Description du projet

TURBOSEALTECH est un projet de taille moyenne et de superficie de 2500 mètres carrés. L'approche de conception s'est concentrée sur une interaction entre la technologie, le site, la fonction et le paysage.

En tenant compte de la continuité des vues du site, du contrôle de la chaleur et de la fonction du bâtiment, le formulaire a été généré.

Le volume du bâtiment est tiré du sol, créant une ligne oblique visuellement belle et qui présente une harmonie avec l'environnement et offrant une plate-forme aux chercheurs à innover et à créer.

2.3 ASPECT ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER

2.3.1 Situation du projet

- Le projet se situe à l'Est de la ville Téhéran.
- Le projet est situé dans le parc technologique Paradis, dans la banlieue de Téhéran dans un milieu urbain.

- Latitude : 35.73° N
- Longitude : 51.82° E



Figure 51: Plan de situation du projet
Source : Google Earth

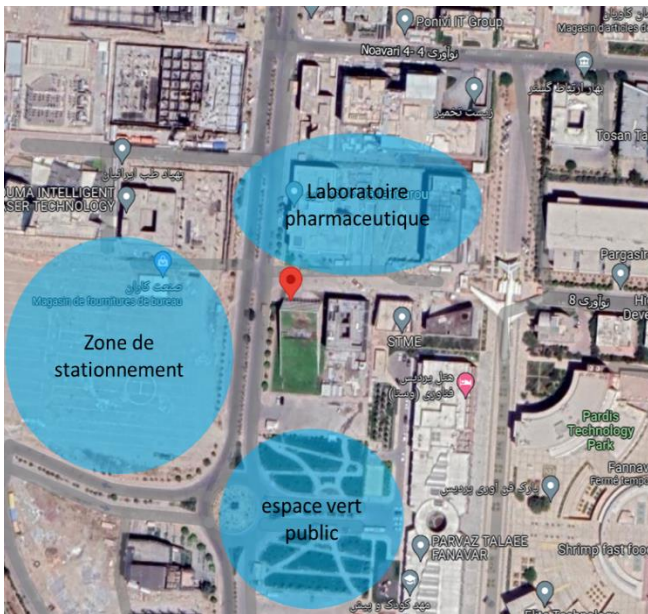


Figure 52: Plan de voisinage du projet
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

2.3.2 Voisins du projet

Le projet est situé dans un milieu urbain, où on trouve :

- Dans le côté Sud : espace vert public.
- Dans le côté Ouest : zone de stationnement privé.
- Dans le côté Nord : Laboratoire pharmaceutique Darlan Darou.
- Dans le côté Est : Paradis technologies Park.

2.3.3 Plan de masse

- Le projet est en R+2.
- **La nature du terrain** : Le bâtiment proposé est situé sur un terrain plat de longueur de 2500 mètres carrés avec trois façades.
- **Mode d'occupation du terrain** : le projet occupe la moitié nord du terrain (la partie frontale).

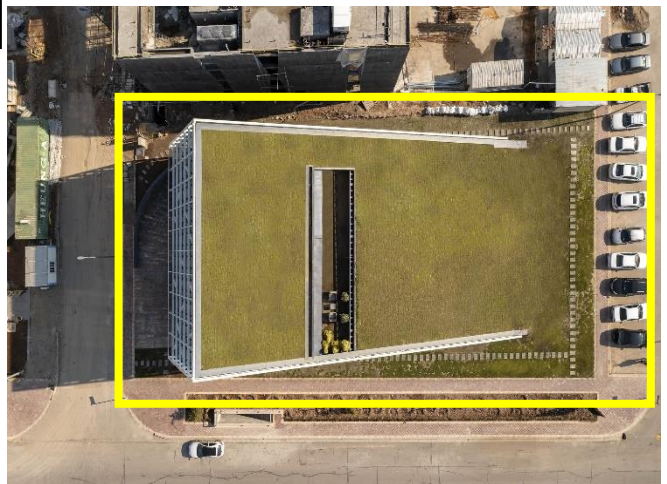


Figure 53: limite du terrain du projet
Source : www.archdaily.com

- **Orientation du projet :** orientation Nord-Sud.

- **Occupation de la parcelle :**

La surface du bâti présente 52% (1300 m²) de la surface totale du terrain (2500 m²).

- Le Cadre non Bâti du projet
- Le Cadre Bâti du projet

- **Le Cadre non Bati du projet :**

- **Circulation:**

La circulation est délimitée par des parterres paysagers.

- **Végétations :**

Dans la limite Ouest du terrain et l'entrée principale ; l'utilisation d'espèces d'arbres indigènes dans toute la zone garantit son bon développement, son intégration visuelle optimale et une meilleure transition avec le projet.



Figure 54: Occupation de la parcelle
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

2.3.4 Accessibilité du projet

- ➡ Voie mécanique principale.
- ➡ Accès piéton de la route principale.
- ➡ Un seul accès mécanique vers la route secondaire.



Figure 55: Accessibilité du projet
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

Parking divisé en 2 parties :

Privé (sous-sol) pour les administratifs / chercheurs et public pour les visiteurs.



Figure 56: Accessibilité du projet
Source : www.archdaily.com \ traité par l'étudiant.

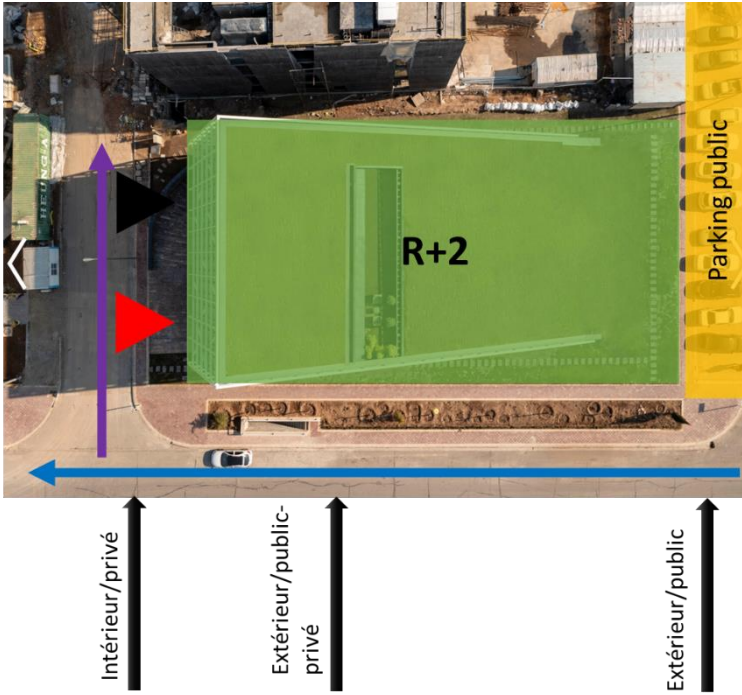
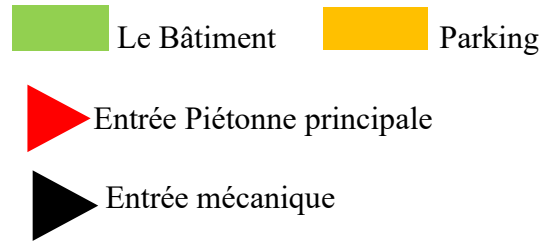


Figure 57: Hiérarchisation des accès et gabarit du projet
Source : www.archdaily.com \ traité par l'étudiant.



Figure 58: vue sur le projet
Source : www.archdaily.com



2.3.5 Nature formelle du projet (volumétrie)

- Le bâtiment impressionne par sa forme en porte-à-faux, qui s'élève du sol dans une trajectoire oblique.
- Une pente de trente degrés qui est l'angle optimal pour les panneaux solaires de cette région qui sont installés sur son toit végétalisé.
- Il a une construction en forme de bloc enfermée dans une coque en verre et en aluminium grillagé.

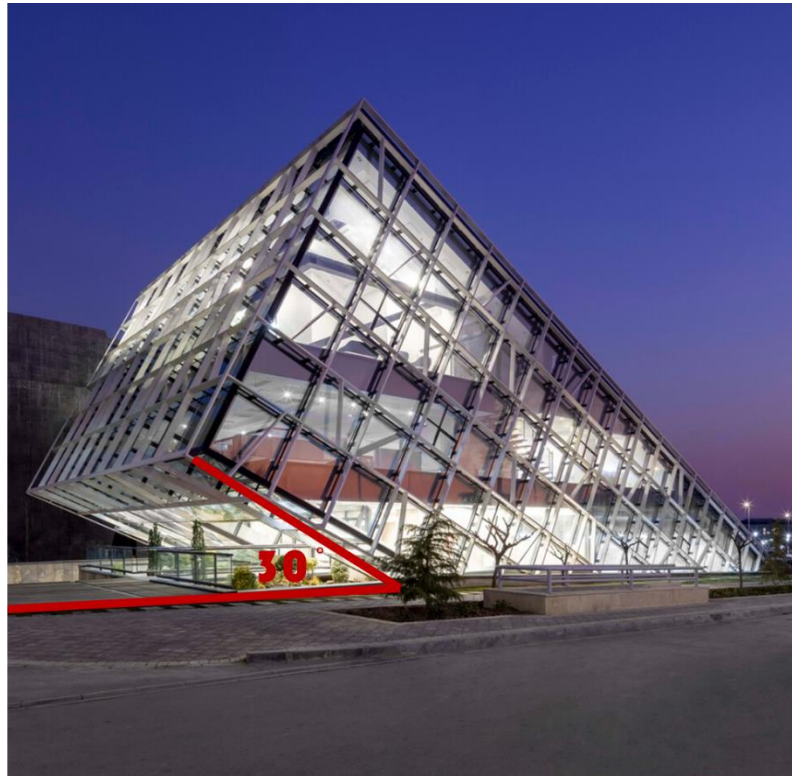
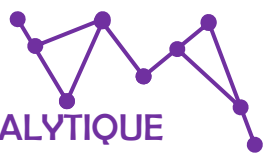


Figure 59: Angle d'inclinaison
Source : www.archdaily.com \ traité par l'étudiant.



01



La structure du bâtiment est soulevée du sol, créant ainsi un panorama visuellement magnifique en harmonie avec son environnement.

Figure 62: Etape 01 de l'idée de projet.
Source : www.archdaily.com

02

L'entrée est située dans le coin triangulaire du bâtiment, elle est bordée de plantations, ce qui motive agréablement les visiteurs potentiels à entrer dans le bâtiment.



Figure 62: Etape 02 de l'idée de projet.
Source : www.archdaily.com

03

Le toit découpé crée une terrasse qui apporte de la lumière et de l'air naturels et forme un espace extérieur partagé permettant aux visiteurs et aux employés d'avoir accès à l'air frais, d'interagir et d'accomplir leur travail.

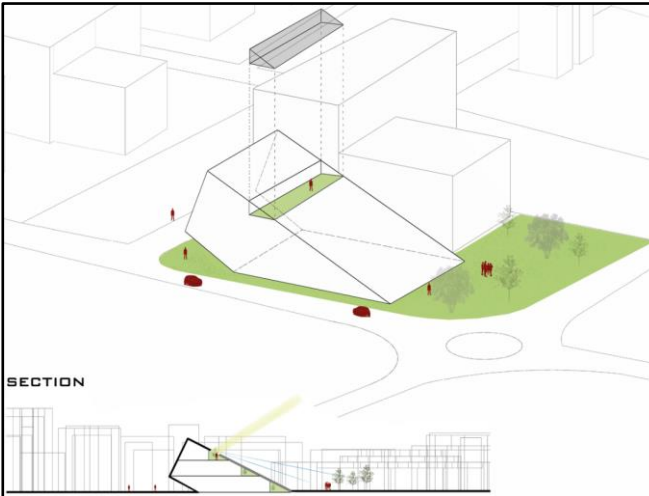


Figure 62: Etape 03 de l'idée de projet.
Source : www.archdaily.com

2.3.6 La conception des façades

- La structure apparente utilisée pour l'intérieur rappelle la structure caractéristique des bâtiments industriels
- Prendre plus de lumière naturelle à l'intérieur en tenant compte du climat du site pour contrôler la masse de chaleur gagnée.



Figure 63: Façade Ouest du projet.
Source : www.archdaily.com

-Un volume vitré à façades double-peau est conçu avec une surface interne de verre photochromique et des feuilles planes de matériau léger en couche externe qui sont découpées en forme de grilles cubiques perpendiculaires.

-D'autre part, pour empêcher la lumière ouest indésirable, cette grille a changé de taille pour faciliter la lumière plus que les autres côtés.

-Et a conduit une quantité agréable de lumière dans le côté sud du bâtiment qui a une exposition à la lumière suffisante et adéquate pour le toit vert.

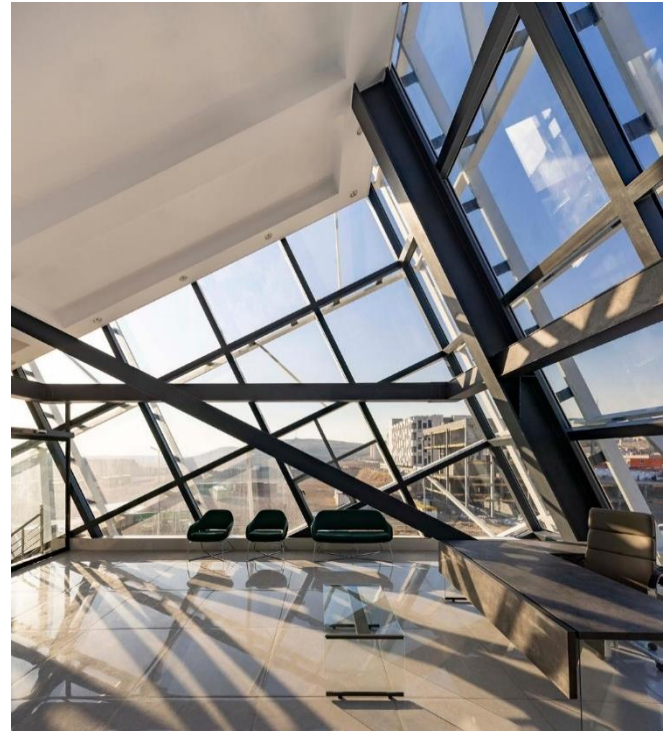


Figure 64: Vue intérieure du projet montrant les vitrages
Source : www.archdaily.com

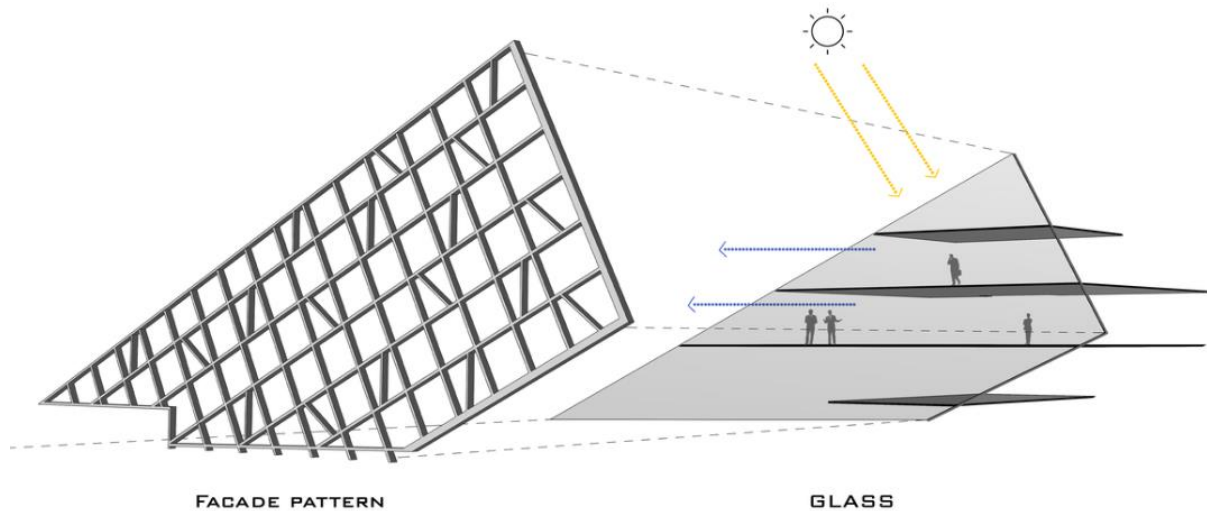


Figure 65: Détails des façades.
Source : www.archdaily.com

2.4 Aspect fonctionnel du projet

- Les éléments des bâtiments ont une forme pyramidale qui fonctionne en divisant l'ensemble du programme en niveaux horizontaux qui sont bien reliés verticalement par un ascenseur transparent fournissant ainsi l'entité du bâtiment afin que les bureaux se situent dans les niveaux supérieurs.
- Les espaces de travail sont essentiellement situées au niveau inférieur avec une enceinte transparente à l'entrée du bâtiment qui donne aux visiteurs la possibilité d'être au courant de la production de l'entreprise.

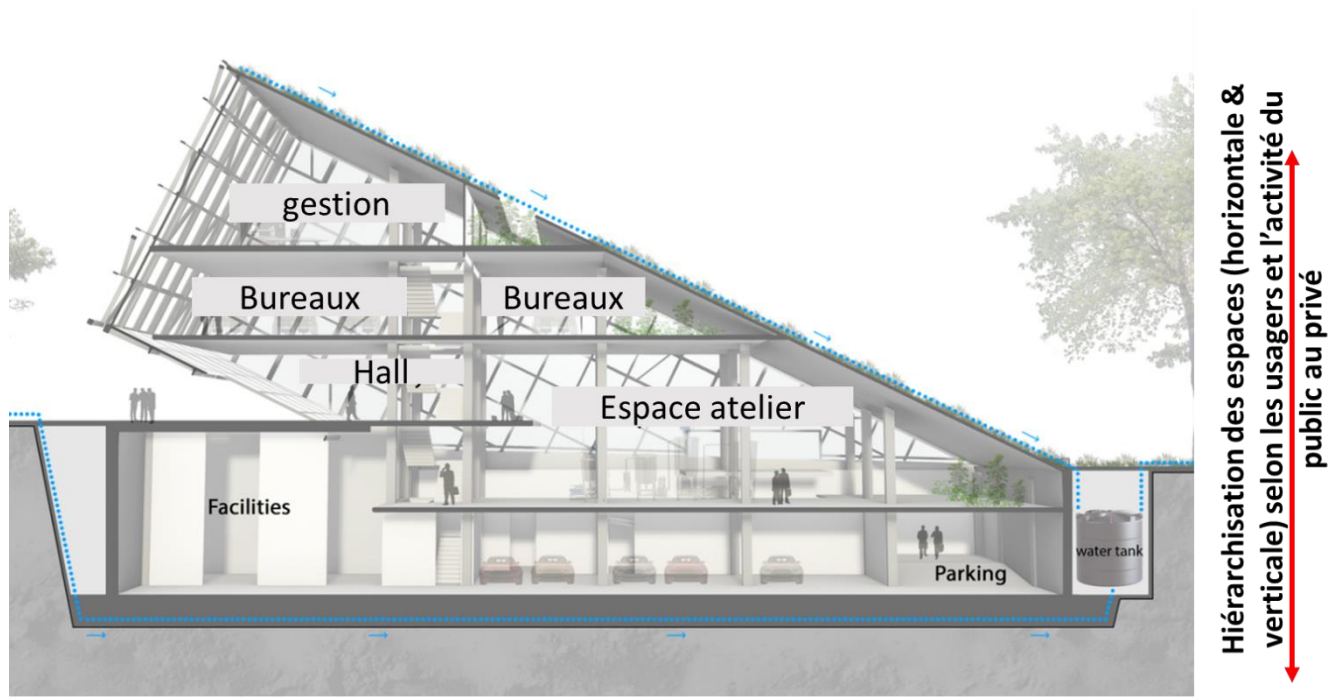


Figure 66: Coupe (Aspect Fonctionnel du projet)
Source: www.archdaily.com

a) Analyse et lecture des plans

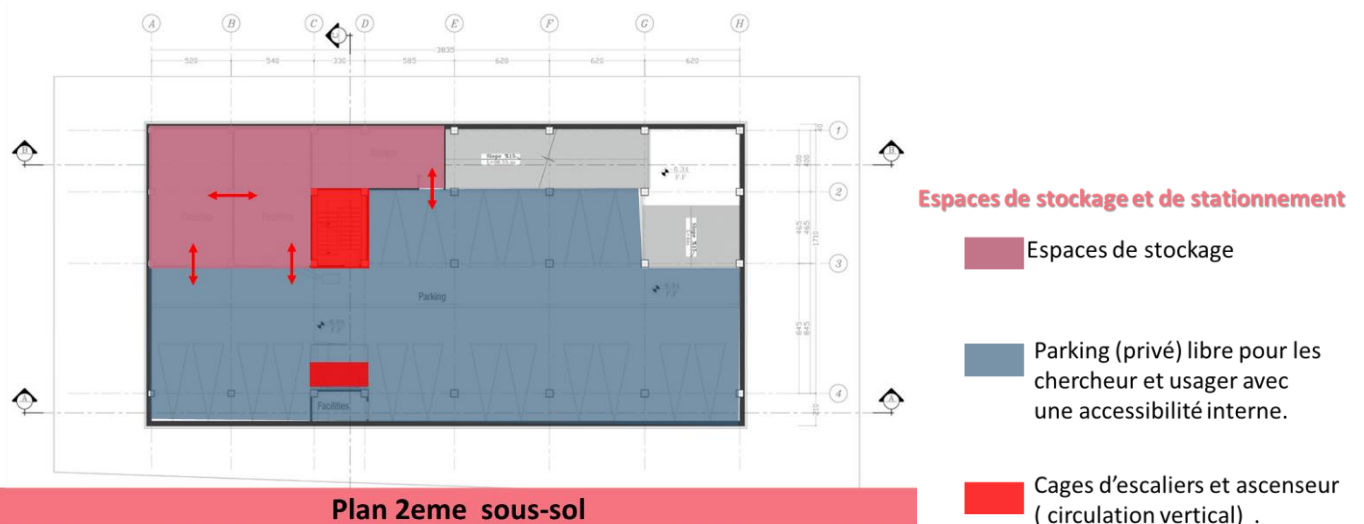
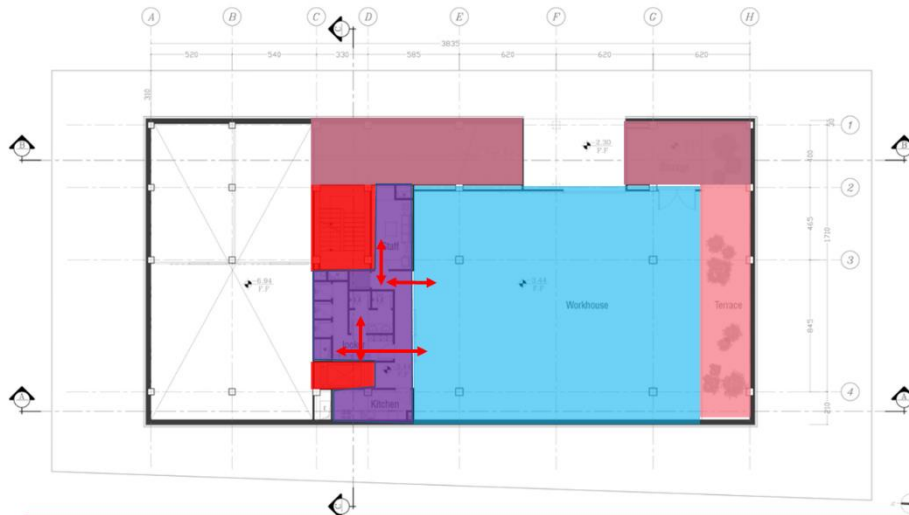


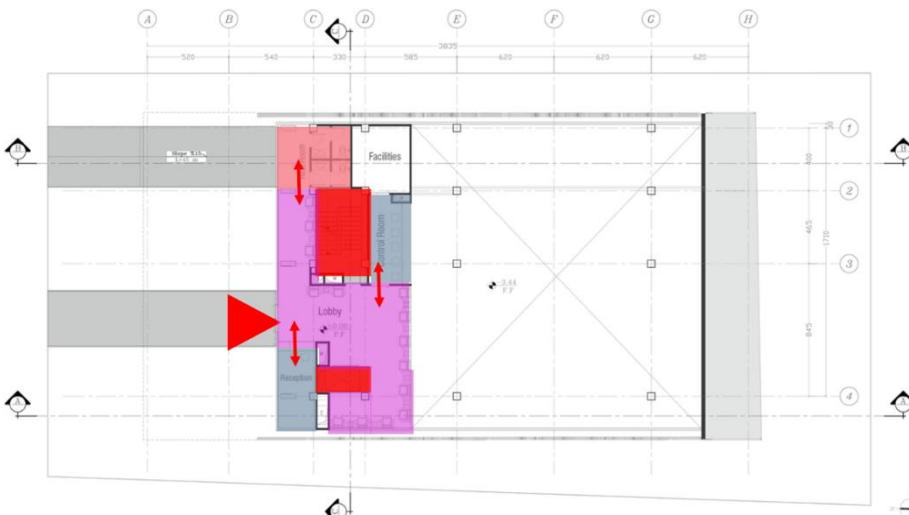
Figure 67: Plan 2-ème sous-sol du projet.
Source : Auteur



Plan 1eme sous-sol

Figure 69: Plan 1-ème sous-sol du projet.
Source : Auteur

- Entité de détente :**
- Espace de repos
- Entité de recherche :**
- Ateliers technique libre donnant a la terrasse
 - Espaces de stockage
 - Espaces servants : cuisine et magasin
 - Cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)



Plan RDC

Figure 68: Plan RDC du projet.
Source : Auteur

- Entité de détente :**
- Espace de repos
- Entité administratif :**
- Réception et bureaux de contrôle
 - Hall assure la flexibilité Circulation libre sans couloir
 - Cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)




Plan R+1

Figure 70: Plan R+1 du projet.
Source : Auteur


- Entité de détente :**
- Espace de repos (terrasse)
- Entité de recherche :**
- Bureaux de recherche perpendiculaire a l'ouest et donnant à la façade nord et le terrasse
 - 2 cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)




Entité de détente :

 Espace de repos (terrasse)

Entité administratif :

 Salle de conférence et hall et gestion et une chambre avec SDB et WC et salle pour les invités

 2 cages d'escaliers et ascenseur (circulation vertical)

Plan R+2

Figure 71: Plan R+2 du projet.
Source : Auteur

2.5 ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE

- Les terrasses ont des rôles multifonctionnels dans la construction ; celui du haut est un lieu de rassemblement et d'interconnexion entre visiteurs et usagers, et ceux du bas sont des points de détente pour les employés.
- Le toit incliné est entièrement vidé pour créer un couloir vert du sol au toit pour créer un espace dynamique permettant de réduire la température du



Figure 72: Vue sur la terrasse.
Source : www.archdaily.com

bâtiment et la consommation d'énergie.



Figure 73: Vue sur Le toit incliné.
Source : www.archdaily.com

- Un réservoir d'eau est également intégré à côté du bâtiment pour recueillir l'eau de pluie qui sera utilisée à des fins d'irrigation et d'utilisations non potables.

3 Exemple 03 : THE CRYSTAL- LONDRES, Royaume-Uni

3.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET

- **Architecte** : (Shell & core) Wilkinson Eyre (intérieur) Pringle Brandon.
- **Date d'achèvement du projet** : Juillet 2012
- **Surface du projet** : 22300m²
- **Climat** : de type océanique, frais, humide et pluvieux.
- **Critère de Choix** : Aspects technologiques et environnementaux intéressants.



Figure 74: Entrée principal du projet
Source : www.archdaily.com

3.2 Description du projet

- Le Crystal est l'un des bâtiments les plus connus au monde et abrite la plus grande exposition : l'avenir des villes. Il a remporté le prix national "Innovation Award of British Council for Offices".
- Un siège social hybride ouvert au public offrant des espaces permanents d'exposition, d'éducation et un lieu de travail.
- Certification: LEED Platinum / BREEAM outstanding.



Figure 75: Entrée principal du projet
Source : www.archdaily.com

3.3 ASPECTS : ARCHITECTURAL, FONCTIONNEL ET PAYSAGER

3.3.1 Situation du projet

- Le projet est situé à l'Est de l'ancienne ville de Londres et au Nord de la Tamise.
- Le projet est situé dans un milieu urbain.
- Latitude : 51.30° N
- Longitude : 0.00° E



3.3.2 Voisins du projet

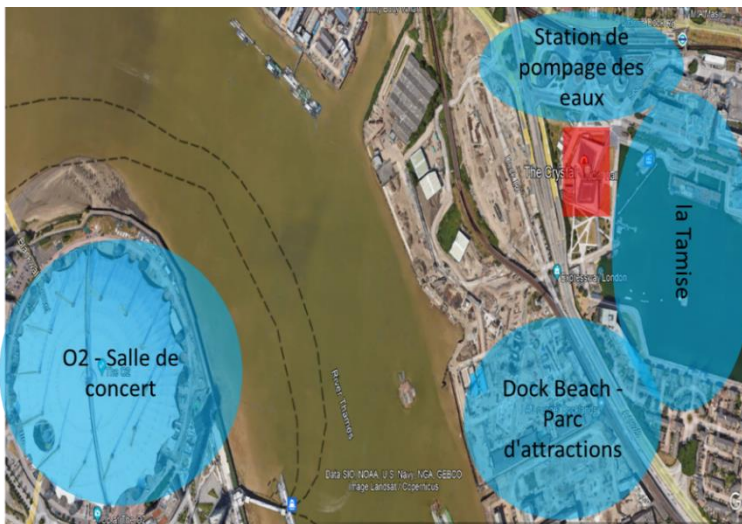


Figure 76: Plan De Situation du projet
Source : Google Earth

Le projet est situé dans un milieu urbain, où on trouve :

- Dans le côté Sud : Parc d'attractions Dock Beach
- Dans le côté Ouest : deux salles de concert.
- Dans le côté Nord : station de pompage des eaux.
- Dans le côté Est : la Tamise (fleuve)

Figure 77: Plan de voisinage du projet
Source : Google Earth\ traité par l'étudiante.

3.3.3 Plan de masse

- Le projet est en R+2.
- **La nature du terrain** : Le bâtiment proposé est situé sur un terrain plat et en longueur de 22300 mètres carrés avec trois côtés ouverts.
- La parcelle est de forme polygonale.
- **Mode d'occupation du terrain** : le projet au centre du terrain.
- **Orientation du projet** : Le bâtiment est orienté sur l'axe Nord –Sud.

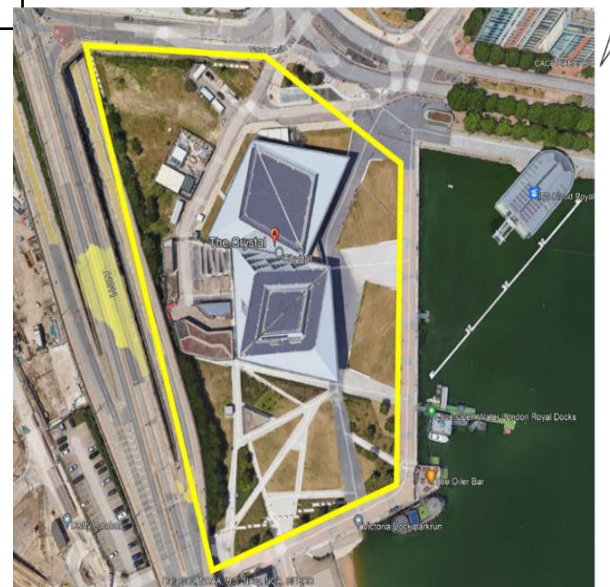


Figure 78: Délimitation du terrain
Source : Google Earth\ traité par l'étudiante.

- **Occupation de la parcelle :** La surface du bâti présente 31% (6920 m²) de la surface totale du terrain (22300m²).

- Le Cadre non Bâti du projet
- Le Cadre Bâti du projet

3.3.4 Accessibilité du projet

- Entrée Piétonne principale
- Entrée Piétonne secondaire
- Voie mécanique
- Accès piéton de la route principale.
- Un seul accès mécanique de la route principale.

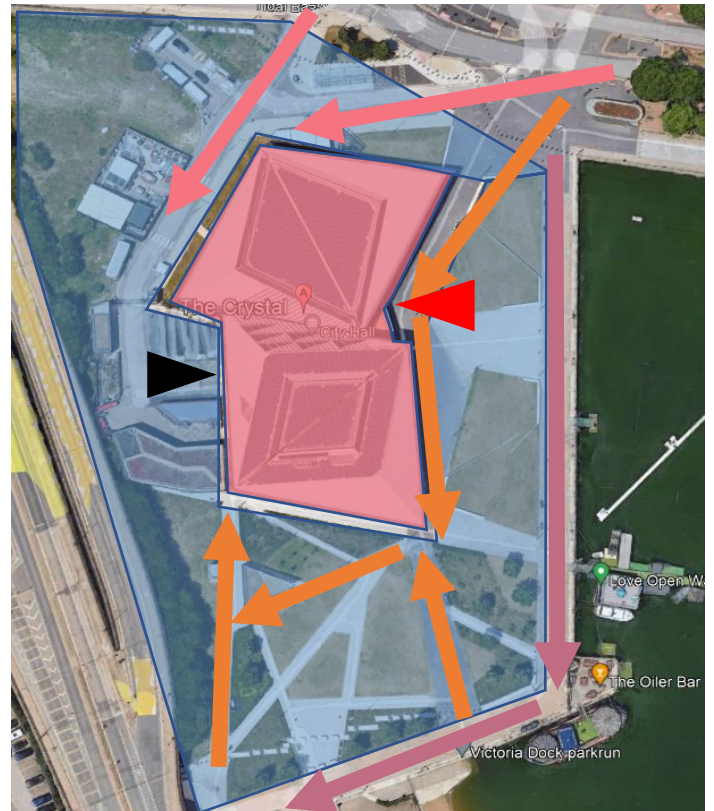
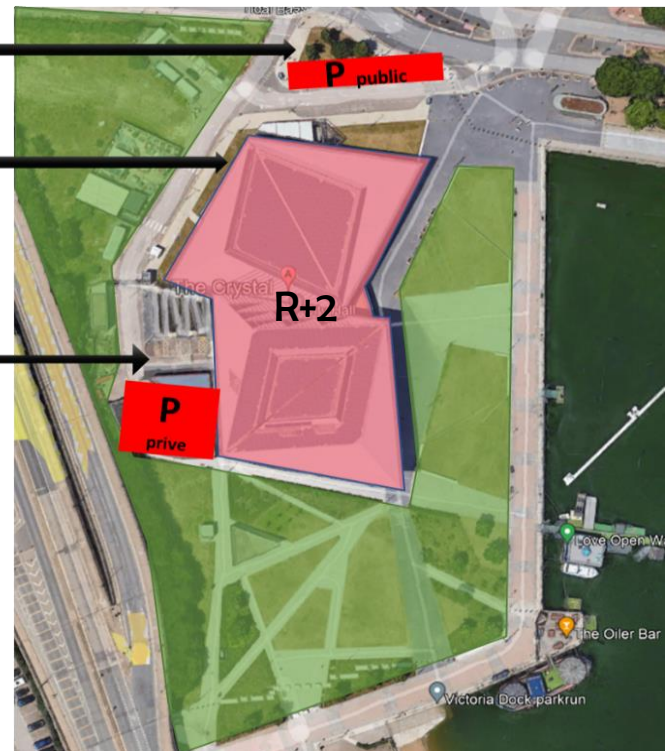


Figure 79: Occupation de la parcelle
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

- Extérieur/public
- Extérieur/public-privé
- Intérieur/privé



Parking divisé en 2 parties :

Privé pour les véhicules électriques pour les administratifs/ chercheurs et public pour les visiteurs.

Figure 80: Hiérarchisation des accès et gabarit du projet
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

3.3.5 Nature formelle du projet (volumétrie)

- Le bâti est composé de deux volumes en parallélogramme attachées qui prennent la position centrale et sont entourés par des espaces verts.
- Le Crystal se base sur la forme cristalline qui représente les complexités et les défis de la vie urbaine aux multiples facettes à travers sa conception.
- Le revêtement en verre réfléchissant de la façade crée un effet visuel dynamique sur le front de mer.

3.4 ASPECTS LIÉS A LA DURABILITE :

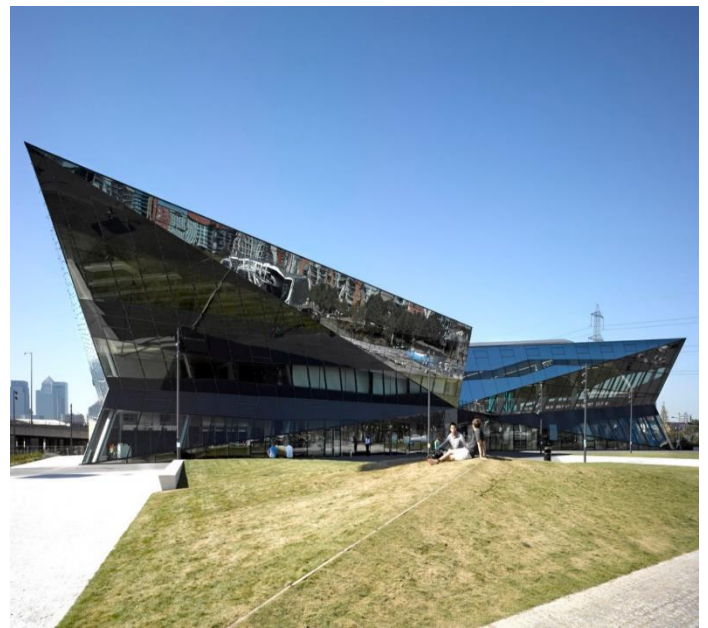
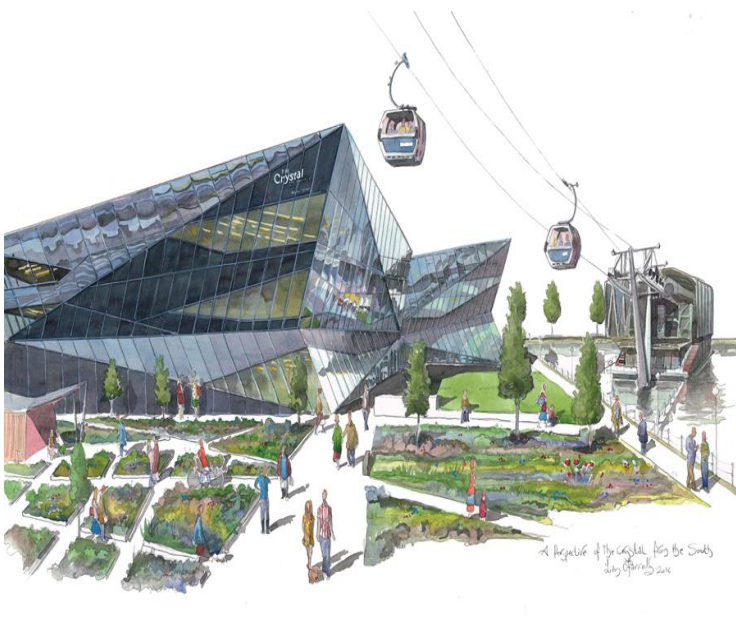


Figure 81: Vue sur l'extérieur du projet.
Source : www.liamofarrell.com

3.4.1 Un bâtiment intelligent

La gestion de l'énergie du bâtiment Crystal : Le système est produit par Siemens et contrôle pour tous les éléments électriques et systèmes mécaniques dans le bâtiment. Les informations provenant d'une station météo extérieure complète plus de 3 500 points de données dans le Crystal.

Les systèmes connectés incluent :

- Chauffage, climatisation et systèmes de ventilation.
- Station météo.
- Commandes d'éclairage.
- Pompe à chaleur géothermique.
- Chauffe-eau solaire thermique.
- Systèmes d'eaux noires et pluviales.
- Systèmes d'alarme incendie et d'évacuation.
- Système photovoltaïque.



Figure 82: La gestion de l'énergie du bâtiment Crystal.
Source : www.wilkinsoneyre.com

3.4.2 Lumière naturelle

- Façade auto-ombragée.

Les façades auto-ombragées du Crystal utilisent un haut verre solaire performant qui offre environ 70 % de la lumière visible à travers chaque fenêtre, mais seulement environ 30% de l'énergie solaire.

- Le verre a trois couches et une cavité Argon.
- Presque tous les espaces du bâtiment ont accès à la lumière du jour naturelle, c'est-à-dire une lumière artificielle minimale.



Figure 83: Vue sur l'intérieur du projet.
Source : www.wilkinsoneyre.com

3.4.3 Systèmes d'éclairage [Confort visuel]

- 65% d'éclairage fluorescent, 35% d'éclairage LED avec un système de contrôle avancé qui ajuste automatiquement chaque lampe individuelle pour fournir des niveaux de luminosité confortables sans gaspiller l'électricité.



Figure 84: Vue sur l'intérieur du projet.
Source : www.wilkinsoneyre.com

3.4.4 Systèmes de ventilation [Confort hygrothermique]

-Le système détecte les conditions intérieures et extérieures puis contrôle le mode de ventilation le plus approprié et le plus économe en énergie pour chaque partie du bâtiment.

À des températures modérées, la ventilation naturelle est utilisée avec des fenêtres ouvertes automatiquement.

-A des températures basses ou élevées, les fenêtres se ferment et une ventilation mécanique contrôlée prend le relais.

-La ventilation naturelle peut aussi être utilisée pendant la nuit, réduisant ainsi la demande de refroidissement au cours de la journée suivante.

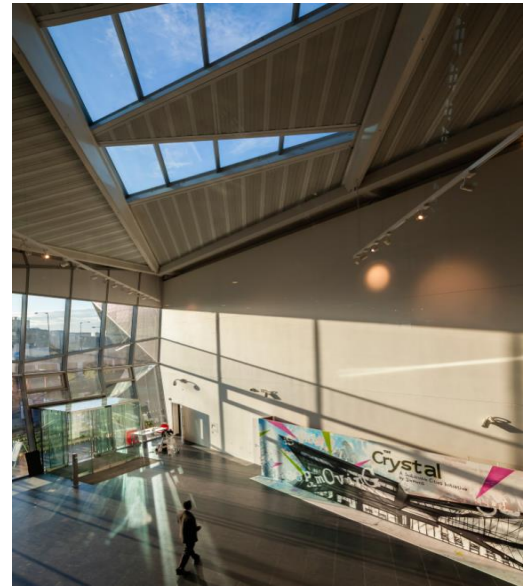


Figure 85: Vue sur l'intérieur du projet.
Source : www.wilkinsoneyre.com

3.4.5 Systèmes d'eau

- L'eau de pluie est récupérée directement du toit du bâtiment et stockée dans un réservoir de stockage souterrain (capacité : 30m³ de volume). L'eau est traitée utilisant la filtration et la désinfection aux ultraviolets.

- Environ 80 % de l'eau chaude du bâtiment est chauffée par une combinaison de chauffage thermique solaire de l'eau du toit et du sol et de pompes à chaleur.

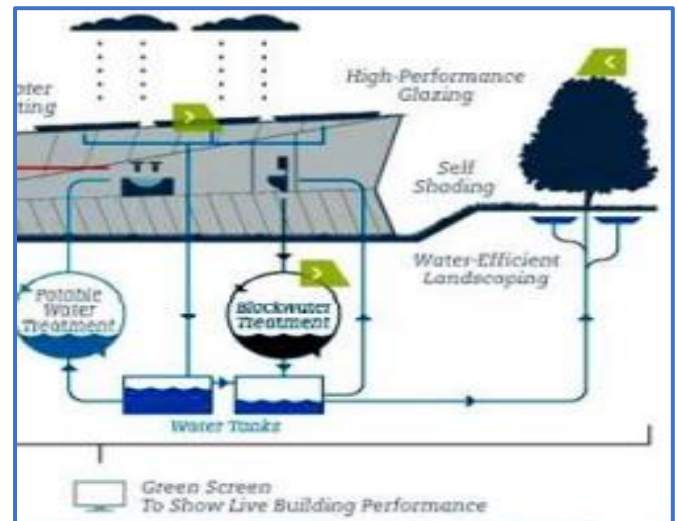


Figure 86: Systèmes d'eau du projet.
Source : www.archdaily.com



Figure 87: Bornes de recharge e-véhicule.
Source : www.thecrystal.org

3.4.6 Transport durable

- 15 Bornes de recharge e-véhicule.
- 66 places de stationnement pour vélos.

3.4.7 Climatisation et chauffage

- Les pompes à chaleur géothermiques fournissent pratiquement tout le chauffage du bâtiment et la plupart de son refroidissement.
- Le système fonctionne par pompage l'eau à travers un tuyau qui fait de boucle profonde dans le sol.
- Il y a 199 tuyaux au Cristal totalisant 17 km de long et atteignant jusqu'à 150 m de profondeur.



Figure 89: Systèmes de control d'eau du projet.
Source : www. thecrystal.org



Figure 88: Les pompes à chaleur géothermiques.
Source : www. thecrystal.org

3.4.8 Efficacité énergétique

Minimisation des pertes thermiques grâce à l'enveloppe du bâtiment

1. Triple vitrage.
2. Positionnement du vitrage.
3. Orientation du bâtiment.

Consommation réduite par les systèmes basse consommation

1. Pompes à chaleur géothermique.
2. Poutres froides.
3. Chauffage par le sol.
4. Déplacement d'air à faible vitesse.
5. Ventilation naturelle.

Les émissions de gaz à effet de serre

Réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce à l'intégration de sources d'énergie renouvelables

1. Pompes à chaleur géothermiques.
2. Panneaux photovoltaïques.

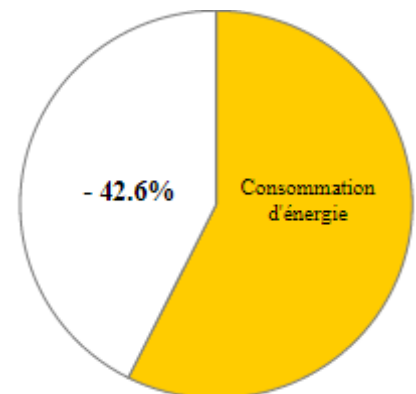


Figure 90: Pourcentage consommation d'énergie.
Source : www. thecrystal.org

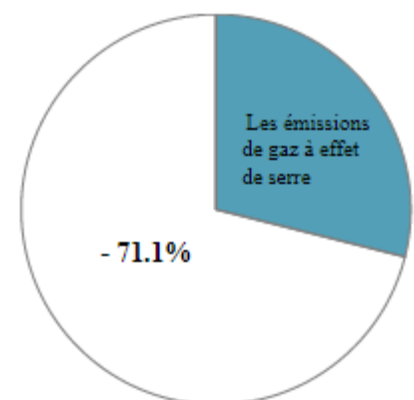


Figure 91: Pourcentage les émissions de gaz à effet de serre.
Source : www. thecrystal.org

4 Exemple 04 : Siege social de la Confédération de l'industrie Danoise, COPENHAGUE, DANEMARK

4.1 FICHE DE PRESENTATION DU PROJET

- **Emplacement:** Copenhague, Danemark.
- **Architecte :** Martin Professional, Kollision et Transform Architect.
- **Date d'achèvement du projet :** 2013
- **Entrepreneur :** E. Phil & Søn.
- **Climat :** Le climat de Copenhague est de type baltique, c'est-à-dire relativement continental, avec des hivers froids et des étés doux ou agréablement chauds.
- **Critère de Choix :** aspects technologique intéressant.



Figure 92: La Confédération Des Industries Danoises.
Source : <https://kollision.dk>

4.2 Description du projet

Avec des lumières colorées dans la double façade vitrée, le bâtiment de la Confédération de l'industrie danoise est devenu un point de repère architectural au cœur de Copenhague.

Sa rénovation a donné au bâtiment une expression architecturale plus moderne, ainsi que des améliorations durables et intelligentes.

Parmi ces améliorations figure la ventilation naturelle automatisée de Windows Master avec des ouvertures contrôlées intelligemment dans le toit et la façade.



Figure 93: Le bâtiment de la Confédération Des Industries Danoises.
Source : <https://stateofgreen.com>

4.3 ASPECT ARCHITECTURAL

4.3.1 Situation du projet

- Le projet se situe au cœur de la ville Copenhague sur la place de la mairie, et surplombe les célèbres jardins de Tivoli à l'arrière.
- Le projet est situé dans un milieu urbain.
 - Latitude: 55.40° N .
 - Longitude : 12.34° E.

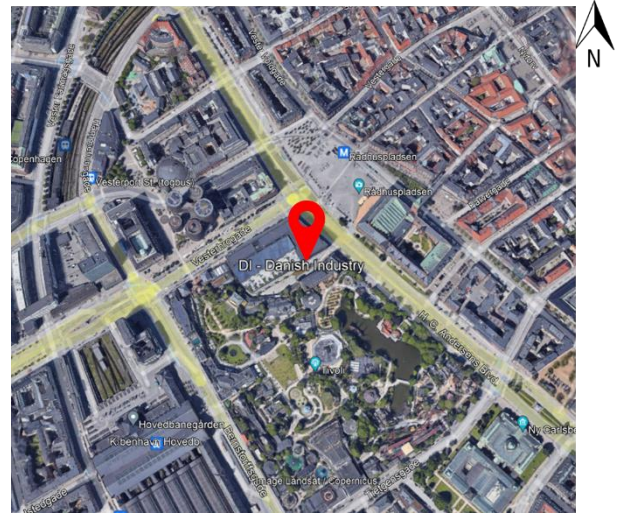


Figure 94: Plan De Situation du projet.
Source : Google Earth

4.3.2 Voisines du projet

Le projet est situé dans un milieu urbain, où on trouve :





- Dans le côté Sud : Jardins de Tivoli.
- Dans le côté Ouest : Aire de restauration du Tivoli
- Dans le côté Nord : Tour d'Axel.
- Dans le côté Est : Hôtel de ville de Copenhague.



Figure 95: Plan De Voisines du projet.
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

4.3.3 Plan de masse

- Le projet est en R+4.
- **La nature du terrain** : Le bâtiment est situé sur un terrain plat avec deux côtés ouverts.
- **Mode d'occupation du terrain** : Le projet occupe tous la superficie de l'ilot.
- **Orientation du projet** : Est-Ouest.
- **Accès** :

-  Voie mécanique Principale
-  Voie mécanique secondaire
-  Entrée Piétonne principale
-  Entrée Piétonne secondaire

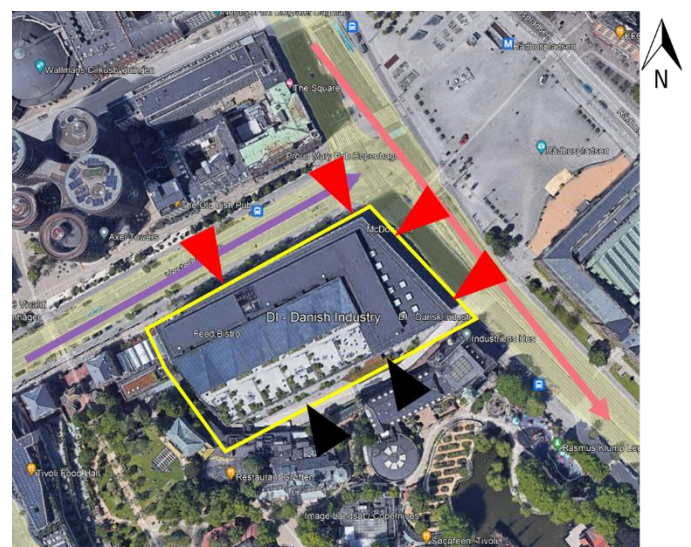


Figure 96: Plan de masse.
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

4.4 ASPECT TECHNOLOGIQUE

Façade interactive (smart façade)

- La conception est en double façade vitrée qui sert à protéger le bâtiment intérieur de la circulation et des autres bruits extérieurs.
- La façade multimédia intègre 4 000 mètres de nouveau VC-Strip de Martin Professional dans une version extérieure personnalisée, formant un motif arlequin sur toute la façade sur lequel une variété de motifs graphiques peut être affichés.
- Les bandes LED sont des réglettes LED RVB couleur avec chaque LED (plus de 90 000-au total) contrôlable individuellement en termes de couleur, de luminosité et d'intensité.
- La façade numérique a transformé l'extérieur du bâtiment, lui donnant une présence beaucoup plus engageante et émotionnelle.



Figure 97: La façade multimédia.
Source : <https://kollision.dk>

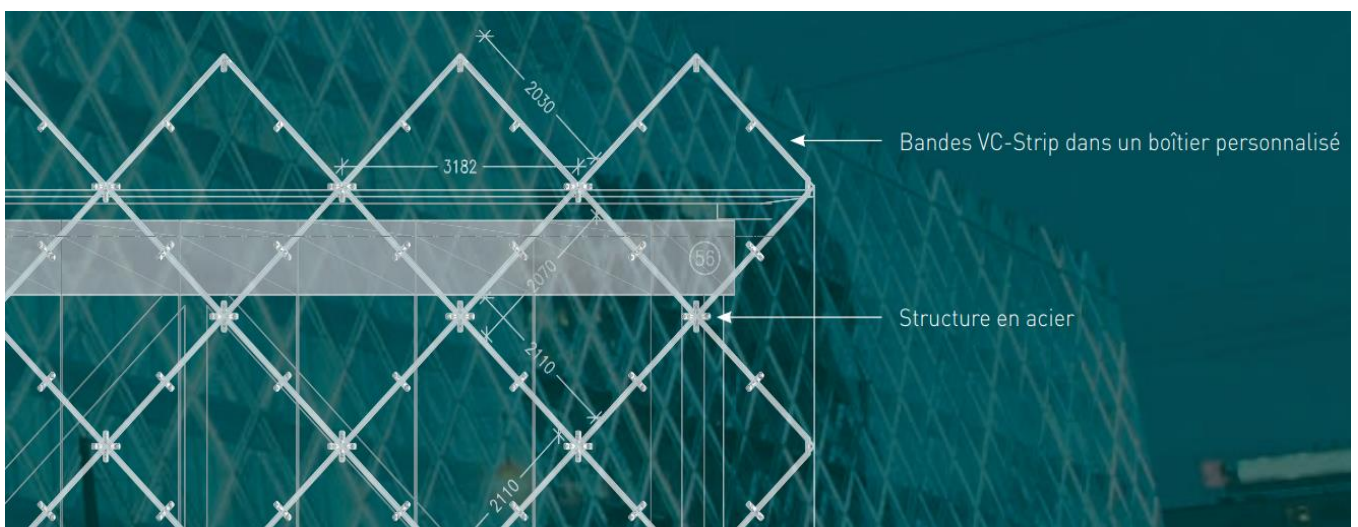


Figure 98: Détails de La façade multimédia .
Source : Catalogue Éclairage Architectural Dynamique-Harman

- Le système de lecteur comprend également une application de service météo intégrée contrôlant la luminosité de la façade.

- Le client peut également contrôler et ajuster la façade via une application iPad personnalisée.

- En accédant à un site Web mobile, les utilisateurs peuvent peindre sur la façade en faisant glisser leur doigt sur l'écran tactile de leur téléphone intelligent, peignant instantanément avec la lumière sur le bâtiment.

- Les différentes conceptions d'éclairage ont été transformées en plugins génériques qui s'intègrent dans le système de lecture de Kollision.

- Ces plugins lumineux peuvent être contrôlés par le département graphique de DI qui peut ajuster et modifier des paramètres tels que la vitesse, les couleurs et la direction en créant des milliers d'expressions différentes.



Figure 89: La façade multimédia.
Source : <https://kollision.dk>

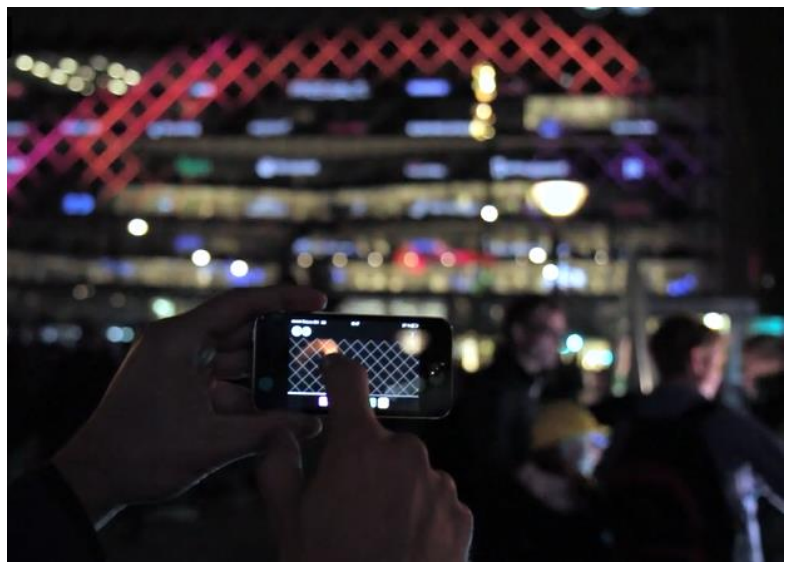


Figure 99: Contrôler la façade via une application iPad personnalisée.
Source : <https://kollision.dk>

Synthèse :

| | |
|---------------------------------------|---|
| S ituation et accessibilité | L'implantation de projet dans un milieu scientifique pur (centre de recherche en technologie/université/laboratoires) pour un travail en coordination avec des voies importante à l'échelle de la ville. |
| P lan de masse | <ul style="list-style-type: none"> • Prévoir un parcours périphérique du projet pour faciliter les déplacements et pour un éventuel danger . • Prévoir des bandes vertes et des plans d'eaux. • Prévoir des espaces de détente. • Le projet doit posséder plusieurs accès ; accès principal sur la façade principale et d'autre accès secondaire et de service ; multitude et variété des accès pour garantir une fluidité des flux et séparation selon le genre des usagers ou d'activités. |
| V olume et façades | <ul style="list-style-type: none"> • Volumétrie compacte. • Une masse (fonctions mère) avec des fonctions complémentaires. • Orientation nord /sud pour meilleure exploitation des rayons solaires par des ouvertures étudiés intègrent dans la façade. • La transparente pour assurer une continuité visuelle entre intérieurs et extérieur. |
| C onception intérieure | <ul style="list-style-type: none"> • La séparation au niveau des entités(recherche/gestion), la circulation (visiteurs, chercheurs), étages. • L'atrium comme une source de lumière et au même temps espace de détente. • Hiérarchisation des espaces et la gestion des flux (active/calme) • Séparer les espaces de services des espaces d'enseignement pour éviter l'intersection des circuits chercheurs/coaches et services. • Aménager des locaux de stockage et des supports laboratoire pour le matériel de laboratoire à proximité des laboratoires. |
| L' aspect de durabilité | <ul style="list-style-type: none"> • Profiter des données climatiques de la zone du projet pour la gestion des besoins énergétique du projet. • Utilisation des systèmes passifs et actifs pour atteindre un confort adéquat à l'intérieur du bâtiment et pour diminuer les consommations d'énergie, et utilisation des matériaux durable. • L'intégration des systèmes des énergies renouvelables (tel que les panneaux photovoltaïque). • L'utilisation des brises soleil pour occulter les ouvertures et contrôler la pénétration de la lumière à l'intérieur des espaces. |

Tableau 3: les recommandations d'après les exemples
Source : auteur

Chapitre 03:



ÉTUDE

CONTEXTUELLE

Introduction

Le but de cette partie d'étude est l'identification des variables contextuelles susceptibles d'influencer la conception architecturale du projet d'incubateur de smart building, et ce sur trois échelles : territoriales, urbaine et locale. Elle représente une étape indispensable avant d'entamer la genèse du projet, pour choisir le site d'intervention et pour fixer les principes et les stratégies conceptuelles à adopter.

1 Présentation de la ville de Laghouat

1.1 Situation de la ville

1.1.1 Situation Astronomique:

- **Coordonnées:**
 - Latitude : 33°.80'N.
 - Longitude : 2°.88'E.
- **Altitude** : 767 mètres.

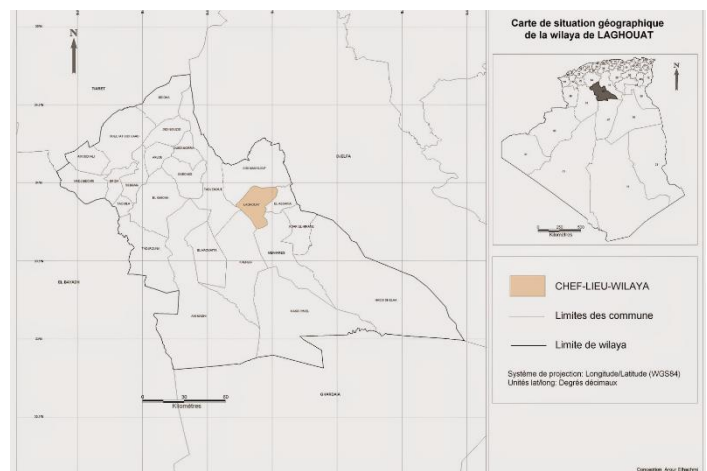


Figure 100: Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat.

Source : <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com>

1.1.2 Situation géographique

- Laghouat est une ville interne du Sud Algérien, à la partie méridionale de la région hauts plateaux centre. Elle est située au piémont de l'atlas saharien à 400 km d'Alger au croisement de la route nationale N°1 reliant Alger à Tamanrasset et de la route nationale N° 23 reliant Mostaganem à Laghouat.
- Le relief de la ville est presque plat avec une faible pente entre 0,1% et 4 %.

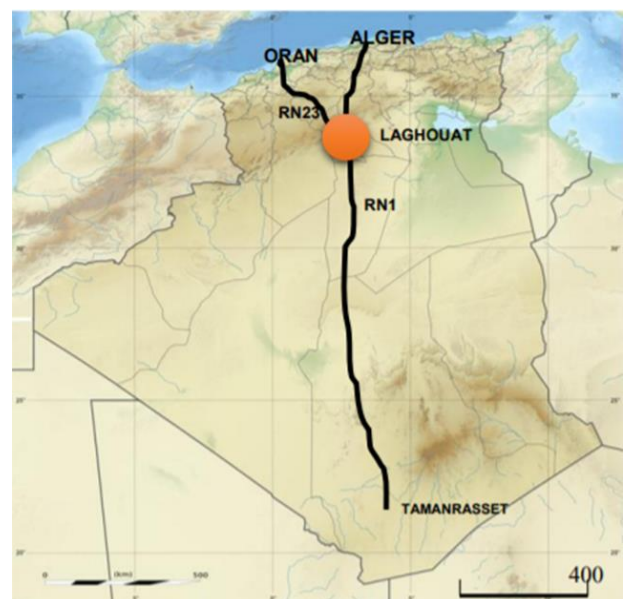


Figure 101: Situation géographique de la ville de Laghouat

1.1.3 Situation administrative

La commune de Laghouat est limitée par¹⁷:

- La commune Sidi Makhlouf ou nord.
- La commune d'el Assafia a l'est.
- Au sud par la commune ksar El Hirane.
- Au Nord-ouest par la commune de Tadjmout.
- Au Sud-ouest par la commune de kheneg.

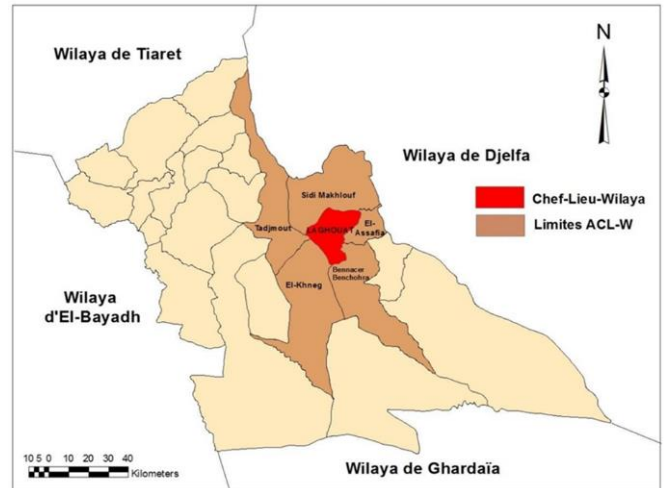


Figure 102: Situation géographique de la commune de Laghouat

Source : Développement urbain et préservation de la

1.2 Accessibilités de la ville

La ville est accessible par :

Infrastructure routière :

- Par la route nationale n°1 (Alger-Laghouat Tamanrasset) et la route nationale N° 23 (Mostaganem à Laghouat).

Infrastructure par voie ferroviaire :

- En cours de réalisation.

Infrastructure aérienne :

- Aéroport à 14 KM de la ville de Laghouat.

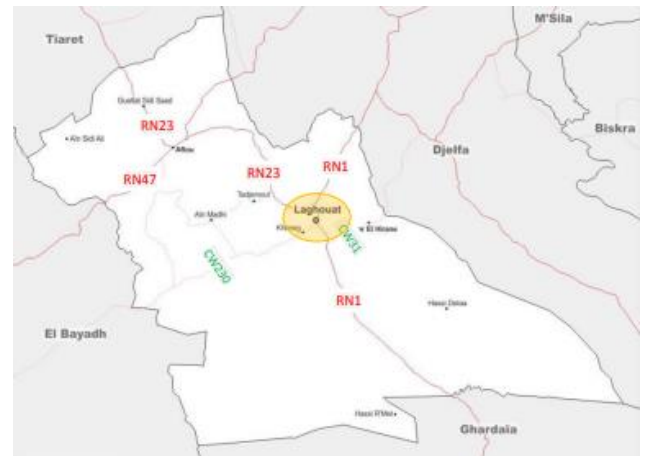


Figure 103: Accessibilités de la ville

Source : Mémoire doctorat : Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, BENARFA

1.3 Limites de la ville de Laghouat

Elle est limitée par des reliefs et éléments naturels:

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

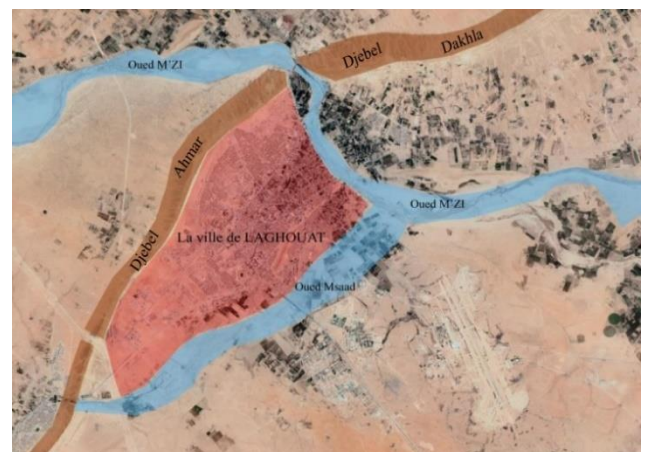


Figure 104: Limites de la ville de Laghouat

Source : Mémoire doctorat : Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, BENARFA

¹⁷ Mémoire doctorat : Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat, BENARFA Kamal (2018)

1.4 Le climat de la ville de Laghouat

La ville de Laghouat fait partie de la zone climatique E3 (zone d'été) et H3a (zone d'hiver) déterminée par deux saisons principales :

-Un été très chaud et sec mais moins pénibles qu'en zone E4.

-Un hiver très froid la nuit par rapport au jour.

1.5 Les données climatiques de la ville

1.5.1 Radiation solaire

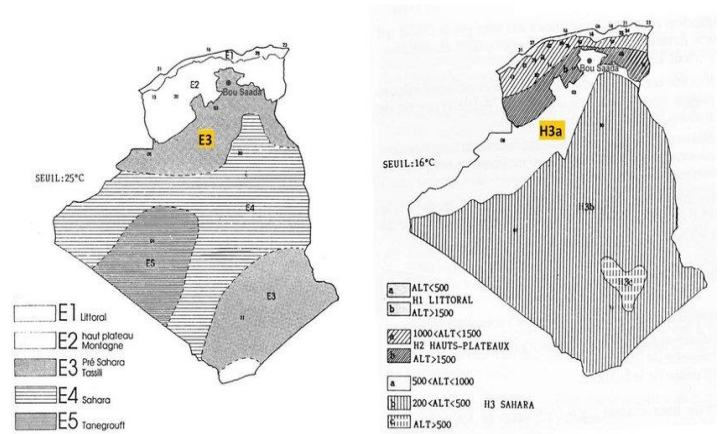
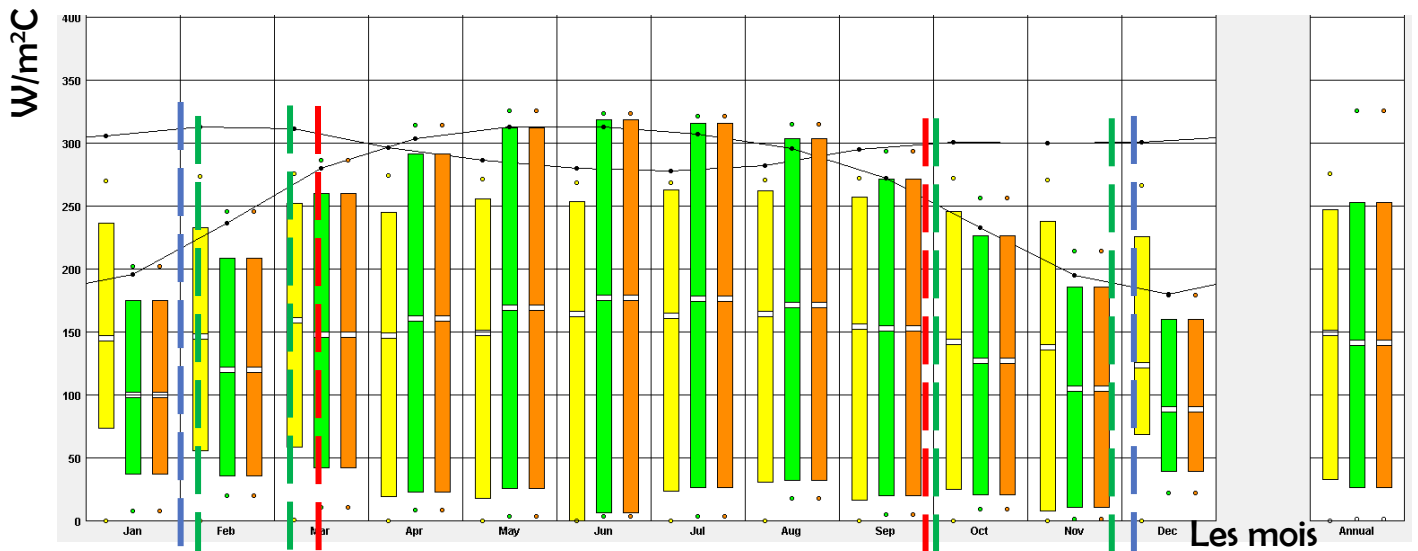


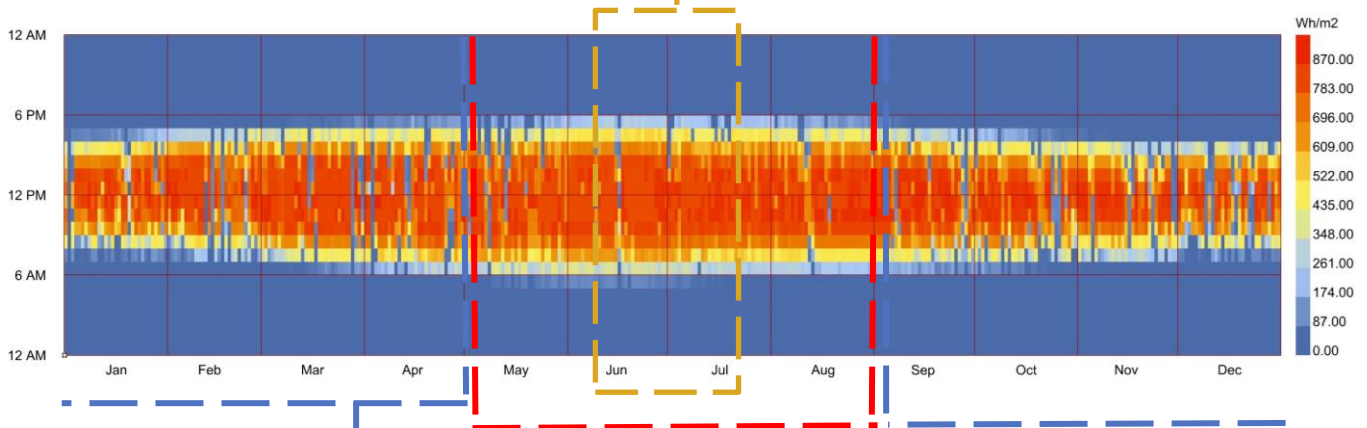
Figure 105: les zones climatiques de l'Algérie. Source : Ministère de l'habitat 1993



La radiation solaire est très faible [Décembre – Février] | La radiation solaire est perceptible de début Avril à fin Septembre . | Le rayonnement solaire est moyen dans les mois mars et octobre et novembre. La moyenne annuelle de 1362W/m²C

Figure 106: Radiation solaire. Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0, 2023

LE PIC de la radiation est observé la mi-Juin avec une valeur de 870,00Wh/m2

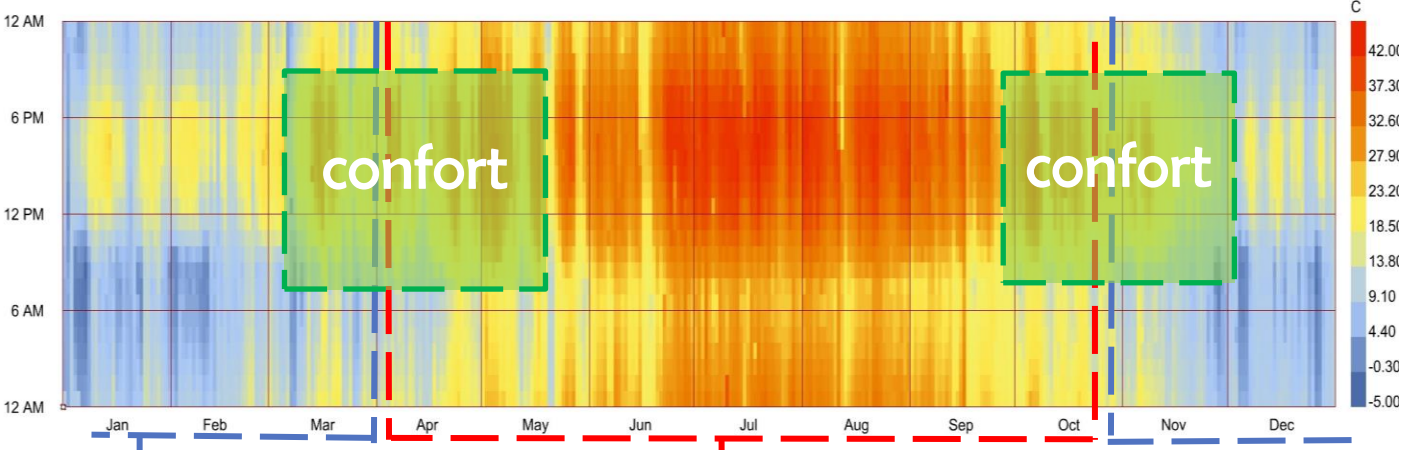


La durée et la quantité de la radiation diminuées durant les mois d'hiver

La radiation en général, est importante, surtout en été (Mai – Septembre)

Figure 107: Radiation solaire.
Source : Auteur,2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

1.5.2 Température sèche

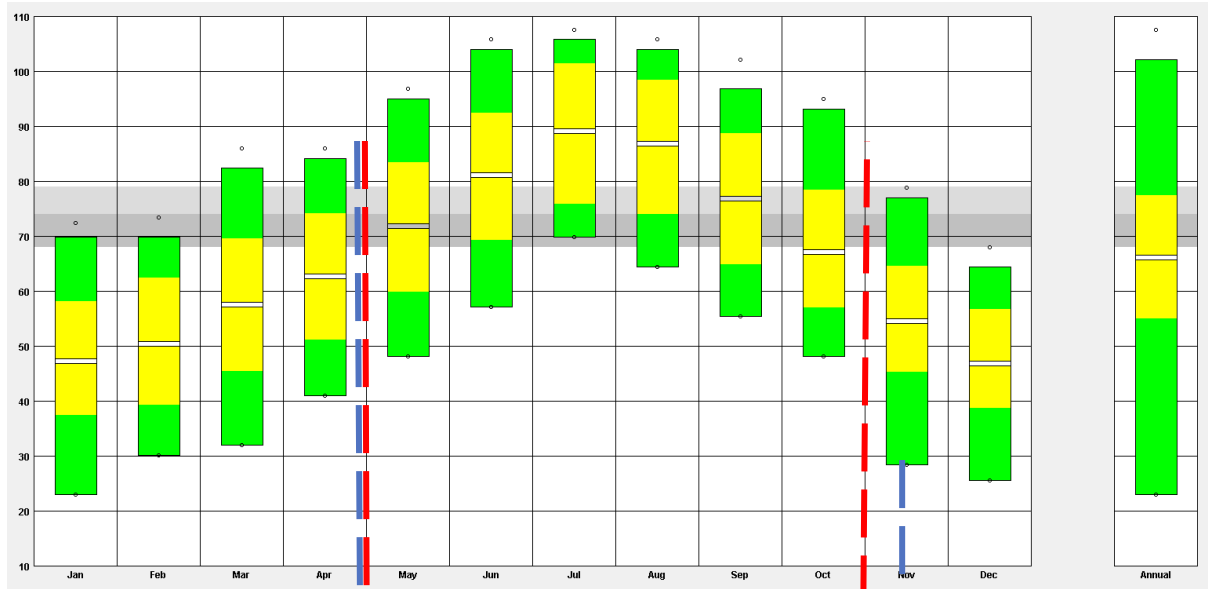


de **Novembre à Mars**, la température est inférieure a 4,4°C dans la majorité de la journée sauf (minuit-10.00)

On remarque que la température sèche est observée dès le début du mois **Avril** jusqu'au la fin du mois de **Septembre** durant toute la journée (42,00°C).

Figure 108: Température sèche.
Source : Auteur,2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

- **Chauffage** : du mois de Janvier au début de mars et la fin du mois de Novembre au mois de Décembre.
- **Climatisation** : du mois de Mai à mi-Octobre.

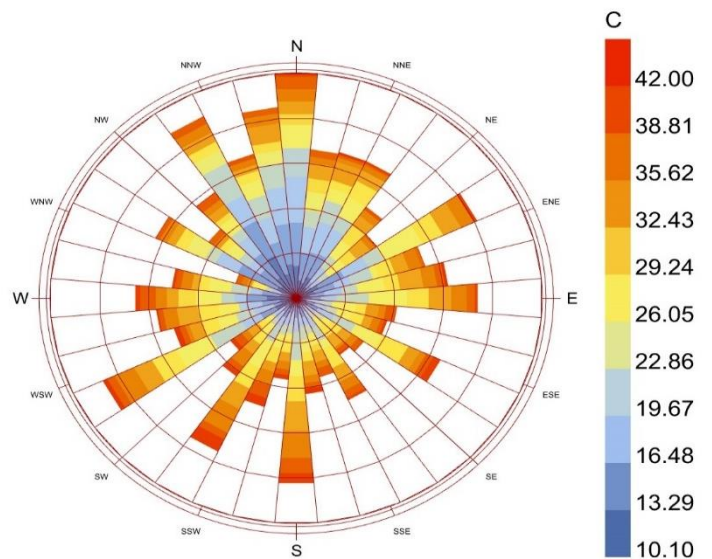


Une saison froide qui dure de novembre à avril avec des températures maximales moyennes comprises entre 25 et 15 °C et des températures minimales moyennes comprises entre 1 et 8 °C.

Longue saison chaude et sèche de mai à octobre avec des températures maximales moyennes comprises entre 27 et 40 °C et des températures minimales moyennes comprises entre 14 et 22 °C.

Figure 109: Température sèche.
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023

- Dans les premiers mois on remarque que la température varie généralement de 10°C à 19,67°C dans les mois de Novembre à Février et elle augmente jusqu'au 42°C (le début du mois Avril jusqu'au la fin du mois de Septembre, dans la direction **NORD** et presque les mêmes valeurs dans **NNO**.
- Et qui peut atteindre en moyenne la valeur de 35°C et le maximum atteindre 42°C dans tous les mois et les mêmes valeurs dans les directions **OSO** et **SSO** et jusqu'à **NNE**.



Dry Bulb Temperature (C)
city: Laghouat Medeghri AP
country: DZA
time-zone: 0.0
source: ISD-TMYx
period: 1/1 to 12/31 between 0 and 23 @1
Each closed polyline shows frequency of 1.0% = 50 hours.

Figure 110: Température sèche.
Source : Auteur, 2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

1.5.3 La Vitesse du vent

- Les vents sont de grande ampleur dans les mois Mars-Avril-Mai avec une moyenne 9,25 m/s.
- Selon la rose des vents, les vents dominants sont de direction Nord et Ouest de vitesse 17m/s et aussi ils sont de vitesse importante du SUD-OUEST (13m/s) et très faible au SUD- EST (5m/s).

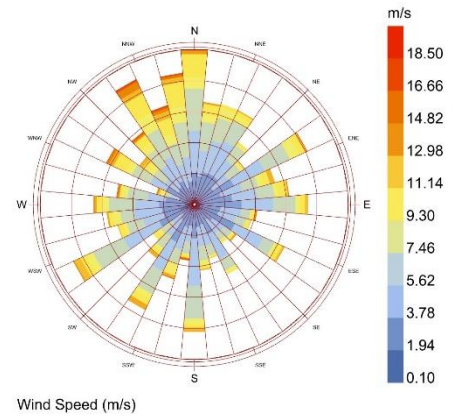


Figure 111: La vitesse du vent durant l'année.
Source : Auteur, 2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

De Mai à Juillet :

Il y a 65 à 70 jours par an avec des vents chauds, qui viennent généralement du NORD et SUD-OUEST peuvent atteindre des vitesses élevées de 16.50 m/s et température de 42°C, par contre ils sont très faibles au NNE, ESE.

D'Aout à Octobre:

- les vents forts: *OSO* et *NNO* (13m/s).
- les vents moyennes : *NORD* et *ENE* et *SUD* (8m/s).
- les vents faibles : *ESE* et *SE*, vitesse presque nul.

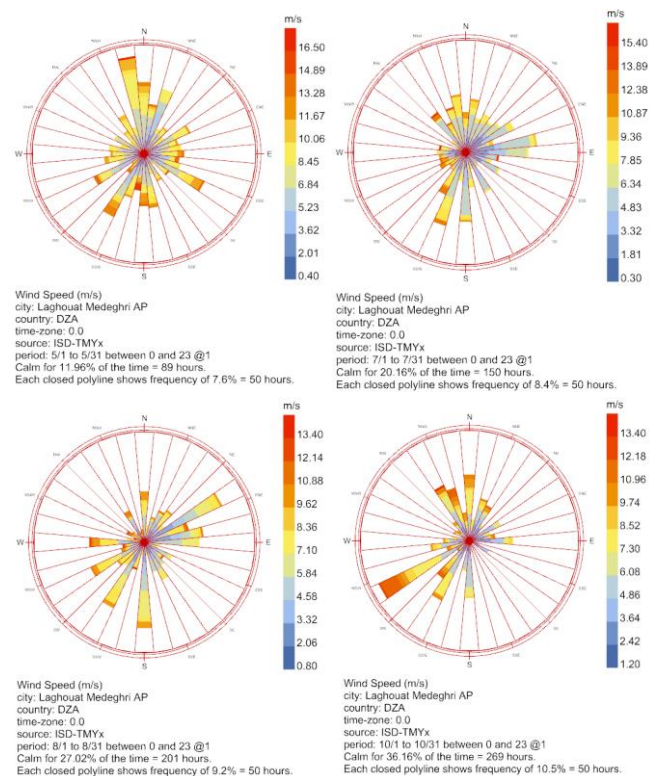


Figure 112: La vitesse du vent durant les mois Mai et Juillet et Aout et Octobre.
Source : Auteur, 2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

Le mois de Mars :

Les vitesses suivant les directions *NORD* et *NNO* sont très fortes et leur vitesse varie de 13 à 15m/s et presque nul dans les directions *NNE* jusqu'au *OSO*.

Le mois de Avril :

Les vitesses suivant les directions L'EST et *NORD* et *NNO* et *NE* sont souvent violents et leur vitesse varie de 16 à 20m/s et faibles dans *SE* et *SO* et *OUEST*.

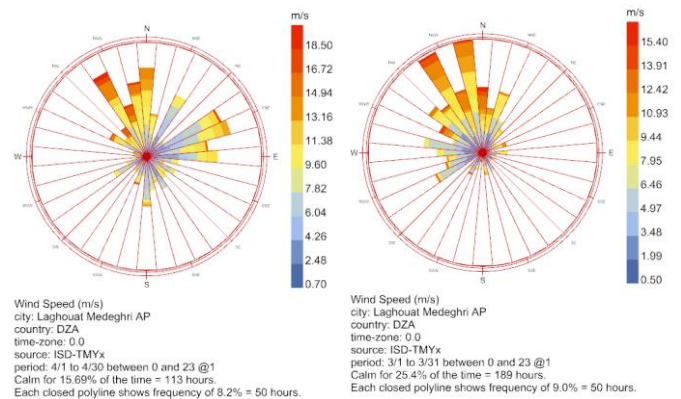
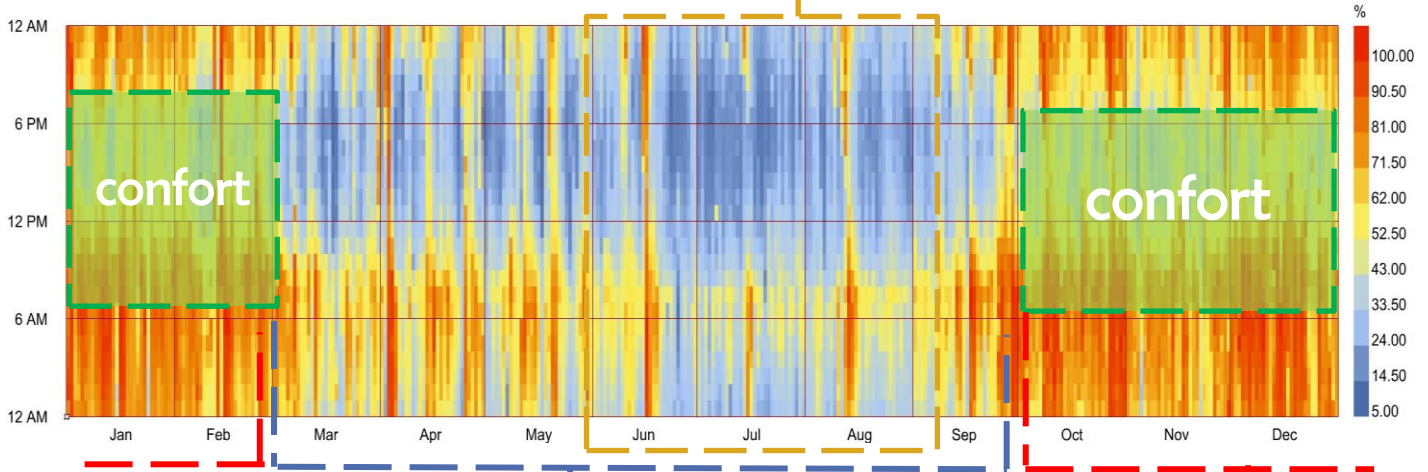


Figure 113: La vitesse du vent durant les mois Mars Et Avril.
Source : Auteur, 2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

1.5.4 Humidité relative

Cet écart progressivement croissant dure toute la journée (de juin à début septembre) de 14% en moyenne .



A partir du 15 février l'humidité diminue et on voit qu'elle prend des valeurs assez faibles dans la journée entre 12h et 20h et la moyenne de **24%**

Du 1er octobre jusqu'au mi-février l'humidité est très élevée en moyenne de **71,50%** .

Figure 114: Humidité relative.
Source : Auteur, 2023 à l'aide de logiciel Rhinoceros.

Les mois de Janvier, Février, Novembre et Décembre:

l'humidité est très élevée entre 40% et 80% et presque égale la température sèche (zone de confort) .

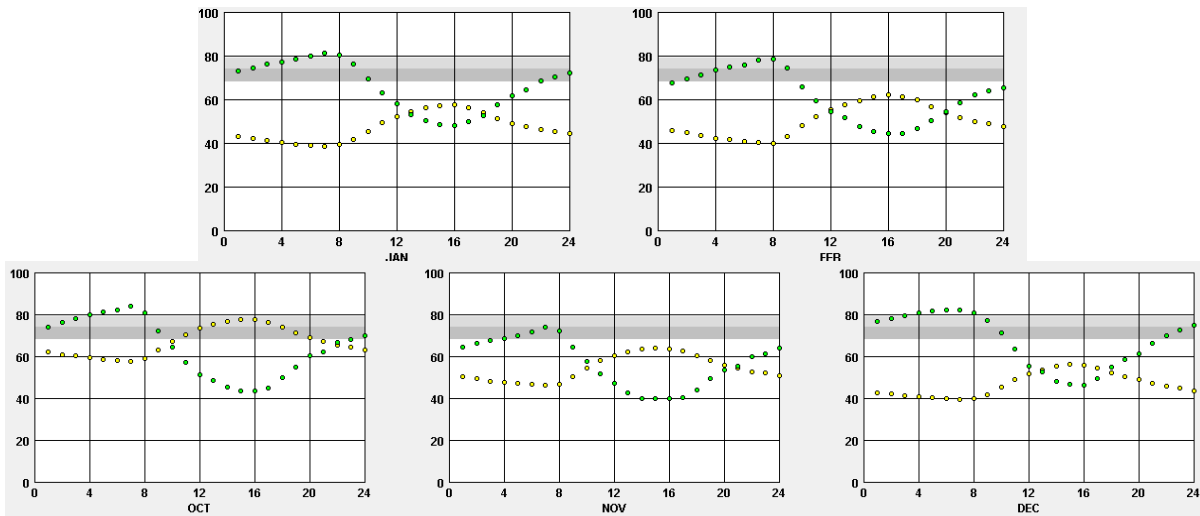
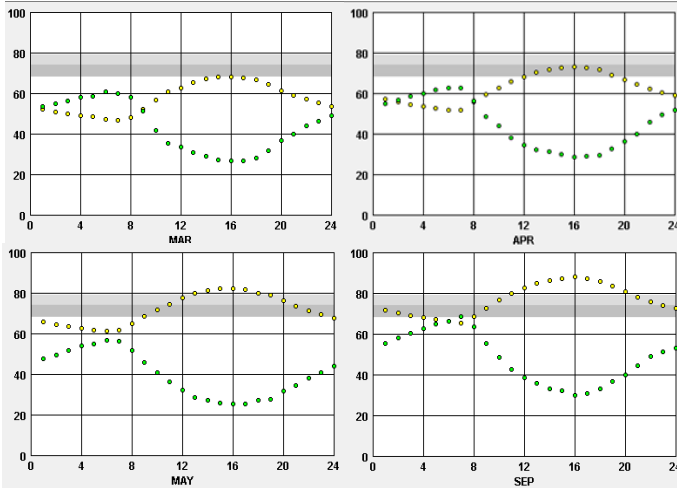
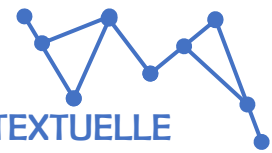


Figure 115: Humidité relative les mois de Janvier, Février, Novembre et Décembre .
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023



Les mois de Mars, Avril, Mai, Septembre:

l'humidité relative est variée entre 25% et 70%.

Figure 116: Humidité relative les mois de Mars, Avril, Mai, Septembre.
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023

Les mois de Juin, Juillet, Août:

l'humidité relative est très faible entre 10% et 50% et en revanche la température sèche très élevé.

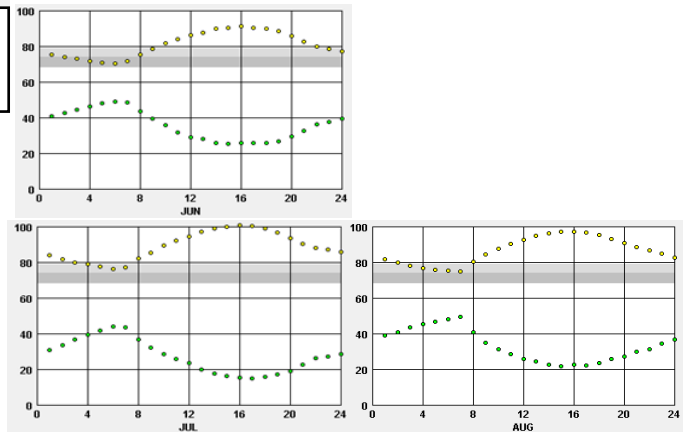


Figure 117: Humidité relative les mois de Juin, Juillet, Août.
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023

1.5.5 Type de ciel

Un ciel clair et dégagé régnant pendant presque toute l'année. Cependant les jours nuageux sont rares.

Le graphique affiche le nombre de jours mensuels avec un pourcentage sans soleil de 70% et un ciel partiellement nuageux inférieur à 10% et 5%.

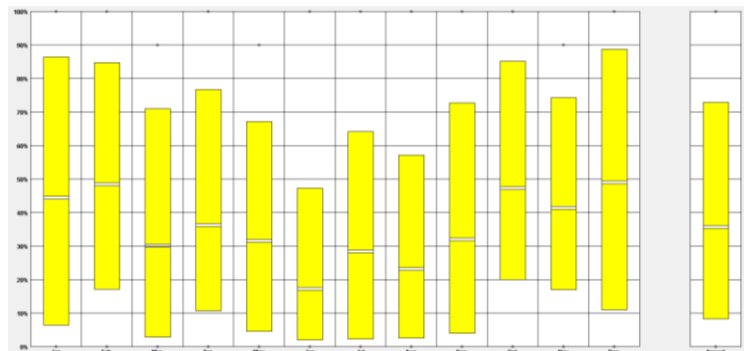


Figure 118: Type de ciel.
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023

1.5.6 Pluviométrie

Très peu de pluie et rare (souvent moins de 25 mm). Il y a une irrégularité saisonnière dans les précipitations et qui ne cesse de s'affaiblir avec le temps.

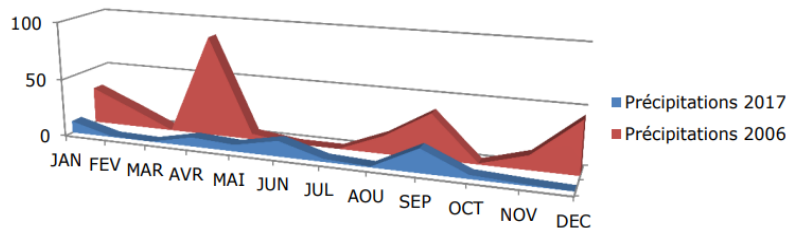


Figure 119: Pluviométrie.
Source : Logiciel CLIMATE CONSULTANT 6.0.17, 2023

2 DIMENSION URBAINE

2.1 Les limites de la ville de Laghouat:

Les limites artificielles:

- Voie N°1
- Voie W230
- réseau en câble électrique

Les limites naturelles :

- Jebel l'Ahmar
- Oued mesaadd
- Oued m'zi

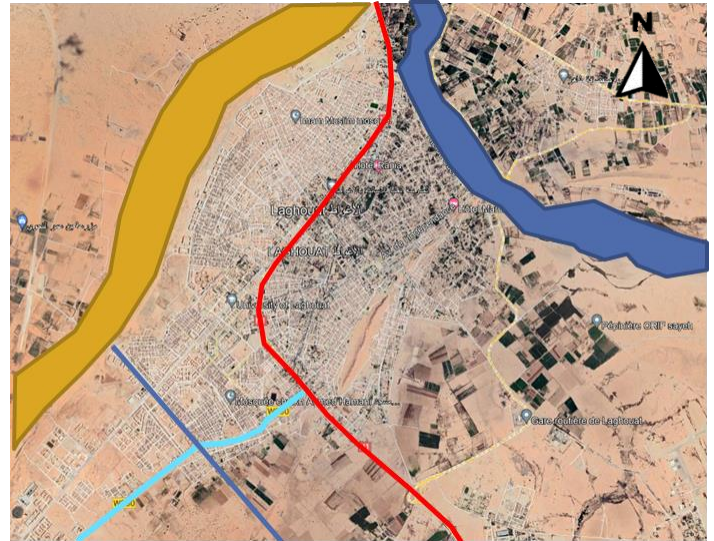


Figure 120: Les limites de la ville de Laghouat.
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

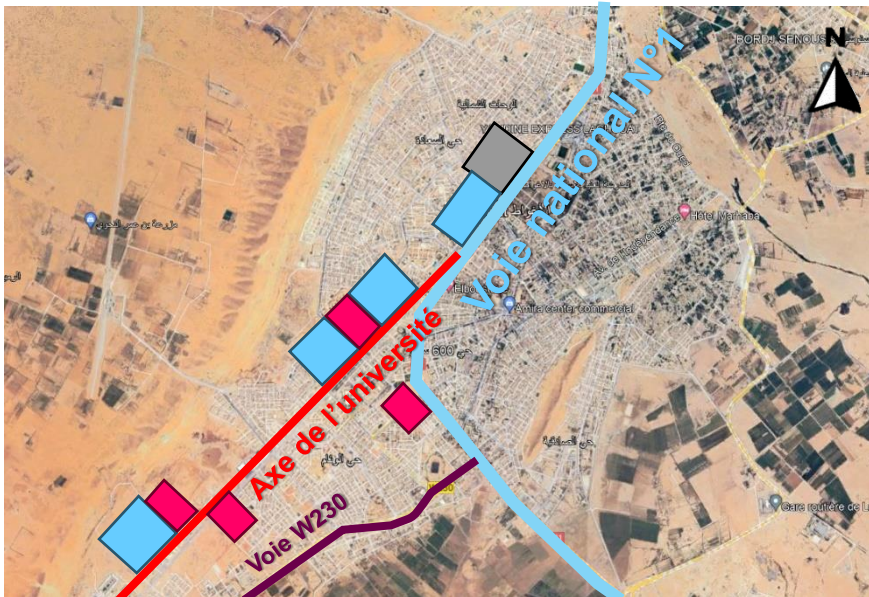


Figure 121: Système routier de la ville et les coordonnées dans la ville
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

2.2 Système routier de la ville et les activités dans la ville :

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

- Ecole supérieure.
- Université.
- Cité universitaire.

2.3 Les voies et Les nœuds

La ville est structurée avec plusieurs axes principaux secondaires, ces derniers garantissent la jonction du centre-ville avec les différentes extensions ce qui assure une fluidité et une bonne accessibilité.



Figure 122: Les voies & Les nœuds.
Source : Google Earth \ traité par l'étudiant.

2.4 Style Architectural

Le style architectural traditionnel de Laghouat est caractérisé par :

- Tissu compact pour diminuer les surfaces exposées à l'ensoleillement et de se protéger contre les vents.
- Les constructions ont été implantées sur les oasis « les palmeraies » et l'eau ("Ghout " maison entourée de jardins).
- L'intimité et la spécificité de la maison (la skiffa).
- L'utilisation des couleurs claires pour se protéger des Fortes chaleurs et réfléchir le rayonnement solaire.

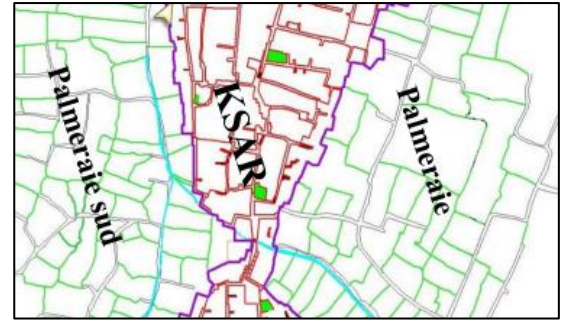


Figure 123: Tissu compact.



Figure 124: patio dans un maison.



Figure 125: L'utilisation de matériaux de construction locaux.

Critères de choix :

L'intégration du projet au site est le résultat de la maîtrise de la conciliation des différentes caractéristiques : le voisinage, la topographie, les routes adjacentes ... etc.

3 DIMENSION LOCALE

Le site est :

- Situé dans un milieu urbain.
- Zone d'extension nouvelle (pour minimiser l'encombrement dans la ville).

Accessibilité facile par une voie principale relie les trois pôles universitaires avec l'altère principale de la ville

- À côté des infrastructures des enseignements supérieur (Pôle universitaire et deux cités universitaires).
- Superficie suffisante pour notre programme.

3.1 Analyse du site

3.1.1 Situation par rapport à la ville:

Le site se situe dans la nouvelle extension, à la périphérie de la ville dans la partie ouest.

3.1.2 L'accessibilité et le flux

- Le site est articulé avec le système routier principal de la ville par une voie principale (de l'extension nouvelle).
- Accessible par 02 voies : Voie principale avec flux moyen et Voie secondaire flux faible.

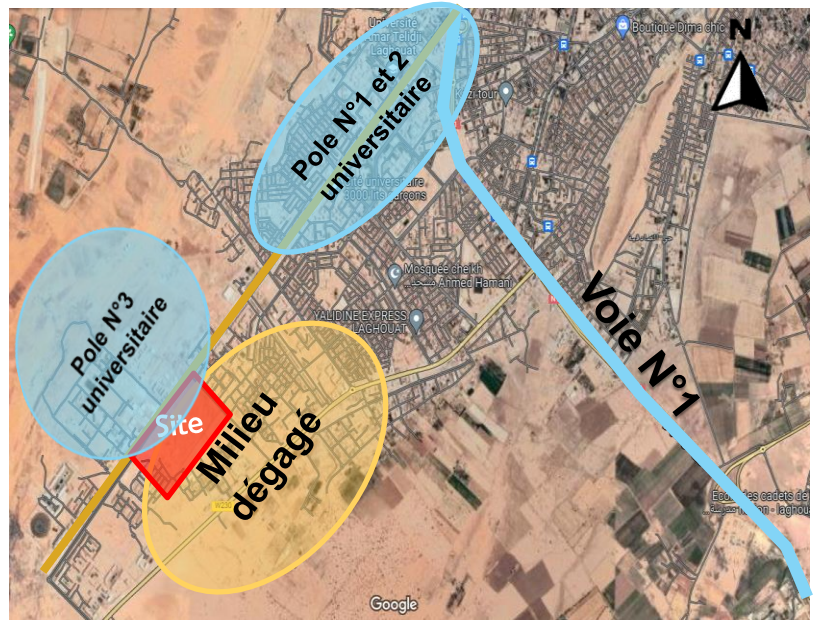


Figure 126: Situation par rapport à la ville de Laghouat.
Source : Google Earth\ traité par l'étudiant.

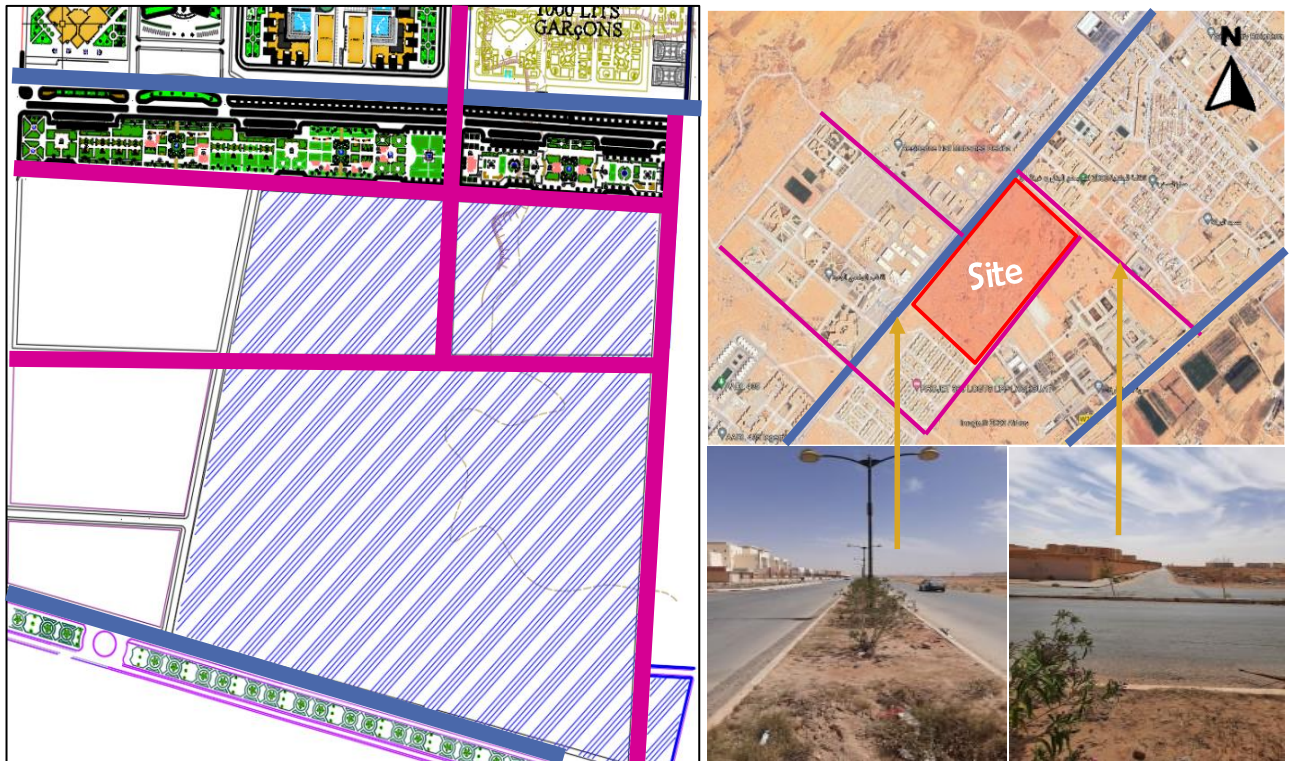


Figure 127: les limites du site d'intervention.

Source : Google Earth\ traité par l'étudiant.

— Voie secondaire (Flux faible) — Voie primaire (Flux moyen)

3.1.1 Le cadre bâti

La majorité des ilots qui entourent le site sont occupés par des infrastructures universitaires et des habitats.



Figure 128:l'environnement immédiat du site d'intervention.
Source : Google Earth\ traité par l'étudiant.

3.1.2 L'environnement immédiat



Figure 133:Pole N°3 universitaire.
Source :Auteur.



Figure 133:site d'intervention.
Source :Auteur.



Figure 133:Habitat collectif.
Source :Auteur.



Figure 133:la faculté de technologies.
Source :Auteur.



Figure 133:cité universitaire 2000 lits.
Source :Auteur.

3.1.3 Analyse fonctionnelle

Circulation:

- La circulation mécanique et piétonne est importante au niveau des voies qui pénètrent le site.
- Le site est repéré par plusieurs infrastructures universitaires.

Gabarit:

Les gabarits dans la zone varient entre RDC et R+3.



Figure 134: circulation mécanique et piétonne.
Source :Auteur.



Figure 135: circulation piétonne.
Source :Auteur.

Les potentialités du site :

- Forte visibilité et lisibilité du site (la situation stratégique du site à la porte ouest du centre-ville).
- L'accessibilité (facilement accessible)

3.1.4 La forme et dimensions du terrain

- on a choisi la partie la plus proche de l'axe de l'université pour avoir une bonne vision de notre projet.
- Le site est très grand pour recevoir tel projet, Nous choisissons une surface de dimension (127*150 m) .
- Le terrain est en forme rectangulaire.

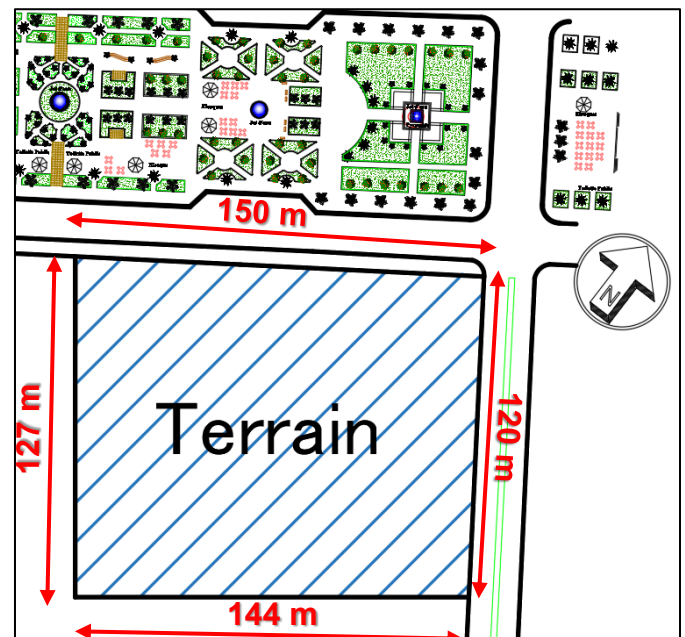


Figure 136: Les dimensions du terrain.

Source :Auteur.

3.1.5 Aspect climatique du terrain

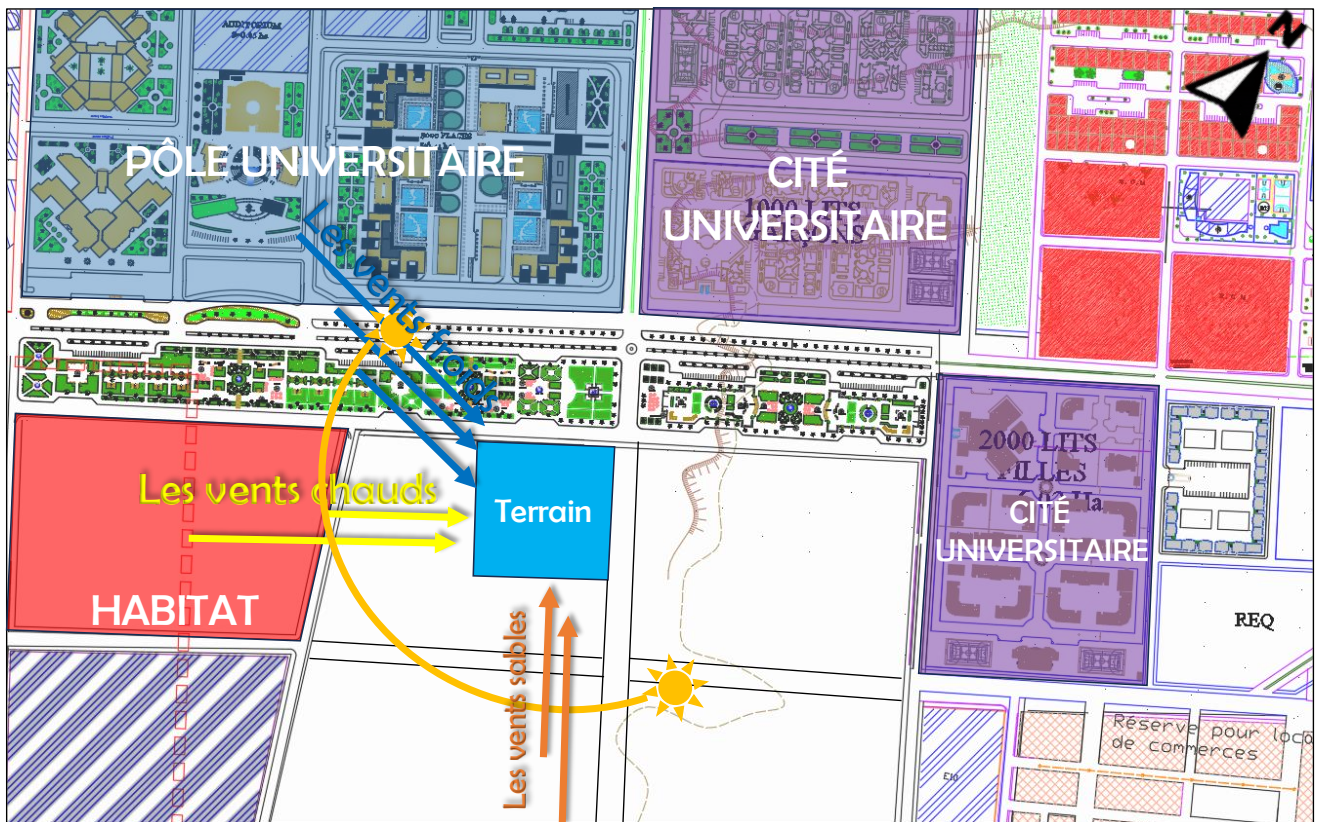


Figure 137: Les données climatiques de site d'intervention.

Source : Auteur.

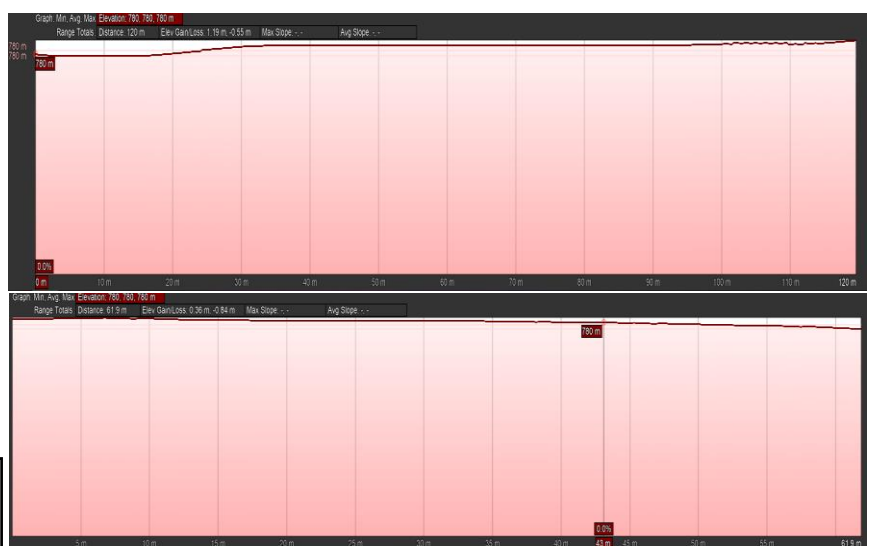
3.1.6 La topographie du site

- Elévation par rapport au niveau de la mer : 763m
- de faible pente 0.0% (quasiment plat).



Figure 138: La topographie du site

Source : Auteur.



Synthèse :

| | |
|------------------------------|---|
| Site et voisinage | <ul style="list-style-type: none"> • Le site est situé dans un site universitaire (faculté de technologie) et près d'une voie importante, ce qui lui donne une position et des flux importants à gérer à travers le choix des accès et des façades. • Orienter le projet vers le flux important (vers la voie principale). • La présence de point de repère attractif qui facilite l'accessibilité et ainsi donne une valeur au projet (faculté de technologie). |
| Plan de masse | <ul style="list-style-type: none"> • Orientation : nord/sud avec protection du côté sud. • Disposer l'accès mécanique vers le côté Nord-Ouest et Nord Est proche de la voie secondaire projetée. • Un parking pour les invités va être placé près de l'accès principal (limiter circulation mécanique). • Le projet doit être clôturé de tous les côtés (la présence de l'habitation) |
| La volumétrie | <ul style="list-style-type: none"> • L'introversion ; la mise en place d'Atrium afin de favoriser l'éclairage naturel et mieux protéger l'environnement intérieur contre les intempéries. • Le choix d'une forme compacte qui permet de diminuer les déperditions thermiques et l'exposition à l'ensoleillement (inspiré du tissu compact traditionnel). |
| Conception intérieure | <ul style="list-style-type: none"> • Eviter l'orientation ouest d'ouverture pour l'espace d'enseignement. • Exploitation de la lumière naturelle dans les salles de classe et les ateliers/laboratoires. • Organiser les espaces d'une façon à assurer le calme pour les espaces d'enseignement par rapport au voisinage immédiat. |

Tableau 4: les recommandations contextuelles
Source : auteur

Chapitre 04:

A blue flowchart icon consisting of a top rectangle, a downward arrow, a diamond, and two downward arrows leading to two bottom rectangles.

ÉTUDE PROGRAMMATIQUE

Introduction

L'étude programmatique est une étude où on définira le rôle, l'objectif et l'échelle de projet, ainsi que les grandes fonctions retenues et le programme qualitatif et quantitatif.

Dans ce chapitre on a élaboré un programme basé sur les normes et les exigences de conception des incubateurs de startup en smart building.

1 Les objectifs :

La réponse aux exigences fonctionnelles de chaque type usages de notre projet.

L'harmonisation des fonctions et des proportions surfaciques et spatiales entre les différentes activités du projet.

L'élaboration d'un programme caractérisé par la souplesse des rapports entre les espaces qu'il identifie.

2 Les entités du projet

L'élaboration du programme qualitatif et quantitatif de l' incubateur est basé principalement sur les programmes des exemples étudiés et la collecte de données pertinentes , notamment aux étapes conceptuelles et techniques du projet pour déterminer à la fois les entités principales et complémentaires. Tableau N°5 : représente les entités du projet.

| Entité | Espace |
|-------------------|---|
| Entité accueil | <ol style="list-style-type: none"> 1. Accueil 2. Réception 3. Cellule d'orientations 4. Sanitaires hommes / femmes |
| Entité de gestion | <ol style="list-style-type: none"> 1. Service commercial 2. Service juridique 3. Service comptabilité 4. Bureau directeur 5. Secrétariat 6. Bureau chef de service 7. Bureau sous-directeur 8. Salle de réunion |

| | |
|---------------------------------------|---|
| | <ol style="list-style-type: none"> 9. Bureau responsable marketing 10. Bureau responsable management 11. Sanitaires hommes / femmes |
| Entité travail / Co-Working | <ol style="list-style-type: none"> 1. Open space 2. Bureaux privés 3. Laboratoires et Ateliers 4. Box 5. Salle d'informatique 6. Vestiaires. 7. Sanitaires hommes / femmes |
| Entité technique | <ol style="list-style-type: none"> 1. Locaux techniques (climatisation, chaufferie) 2. Locaux de maintenances 3. Espaces de stockages |
| Entité communication/pédagogie | <ol style="list-style-type: none"> 1. Salles de classe 2. Auditorium 3. centre de documentation 4. salle de débat 5. Sanitaires hommes / femmes |
| Entités échange et détente | <ol style="list-style-type: none"> 1. Restauration 2. Salles de détente |
| Hébergement | <ol style="list-style-type: none"> 1. Chambres |

2.1 Entité travail / Co-Working

| | |
|--|--|
| Unité Smart office | <ul style="list-style-type: none"> »»» Contrôles environnementaux. »»» Matériaux intelligents. »»» Dispositifs et équipements de sécurité et d'urgence. |
| Unité Smart lab / hospital | <ul style="list-style-type: none"> »»» Salles propres. »»» Laboratoires. »»» Stockages critiques. |
| Unité Système d'intégration | <ul style="list-style-type: none"> »»» Impression 3D. »»» Analyse Big Data et algorithmes. |

2.1.1 Unité smart office

● Contrôles environnementaux

UNE GESTION MULTI-TECHNIQUE

1. Système CVC¹⁸, Compteurs électriques, eau,
2. Eclairage, TGBT¹⁹,
3. Panneaux photovoltaïques,
4. Suivi des consommations,
5. Données externes webservice météo.

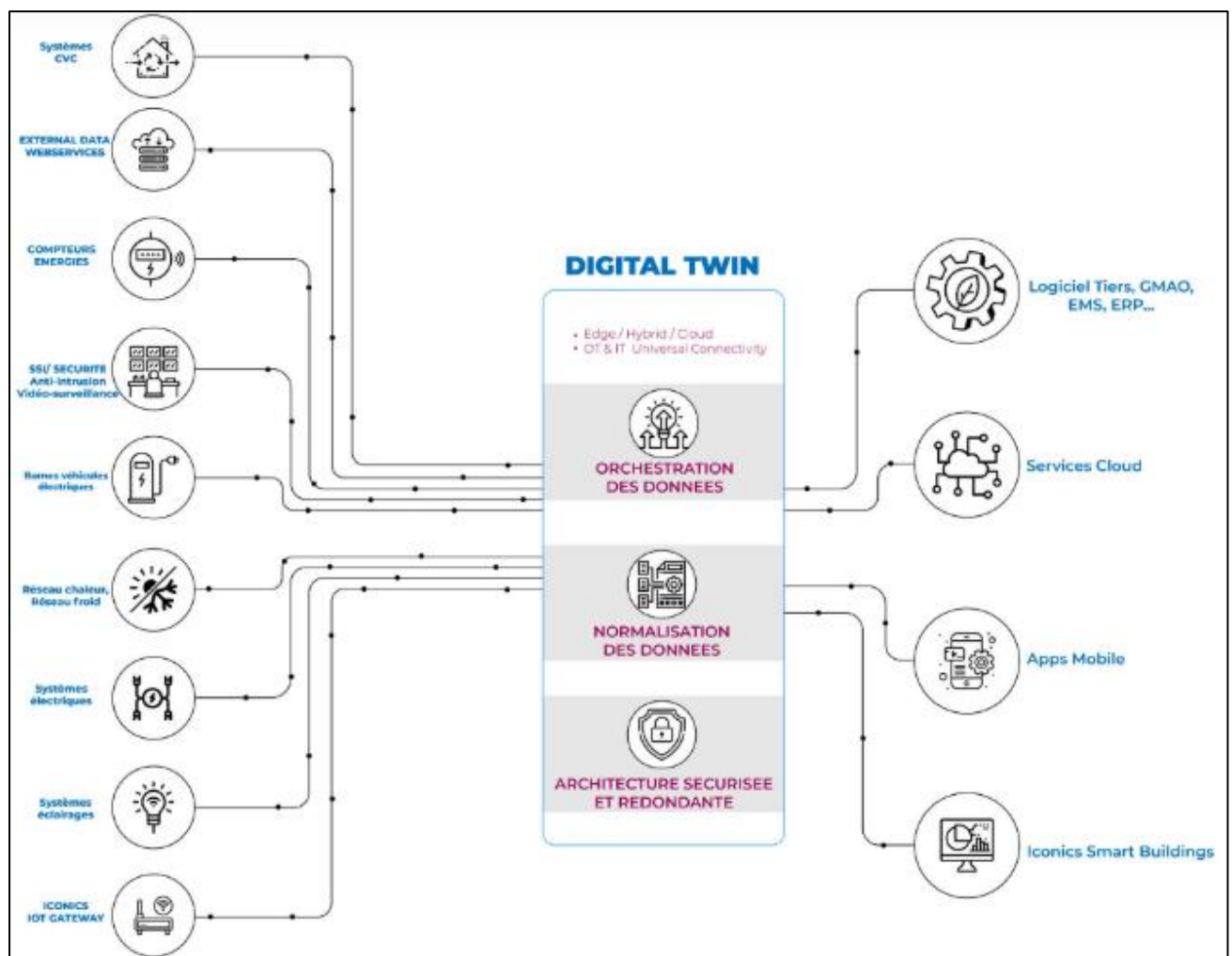


Figure 139: une gestion multi-technique
Source : iconics.fr

¹⁸ CVC : le CVC (chauffage, ventilation, climatisation) est un ensemble de domaines techniques regroupant les corps d'état traitant du confort aéraulique.

¹⁹ TGBT : Le tableau général basse tension (TGBT) également appelé Armoire électrique basse tension est au centre de la distribution électrique d'un bâtiment.

• Appareils intelligents

EFFICACITÉ DES ÉQUIPES DE MAINTENANCE

1. Gestion de l'escalade.
2. Notifications fiables par SMS / E-mail / Appel vocal & Quittance.



Figure 140: efficacité des équipes de maintenance
Source : iconics.fr

• Dispositifs et équipements de sécurité et d'urgence

OPTIMISATION DE LA GESTION DE L'ESPACE

1. Surveillance en continu en temps réel aux équipements, capteurs, ...
2. Permettre aux occupants de consulter le niveau d'occupation du bâtiment.
3. Réservation de salle, bureaux, etc.

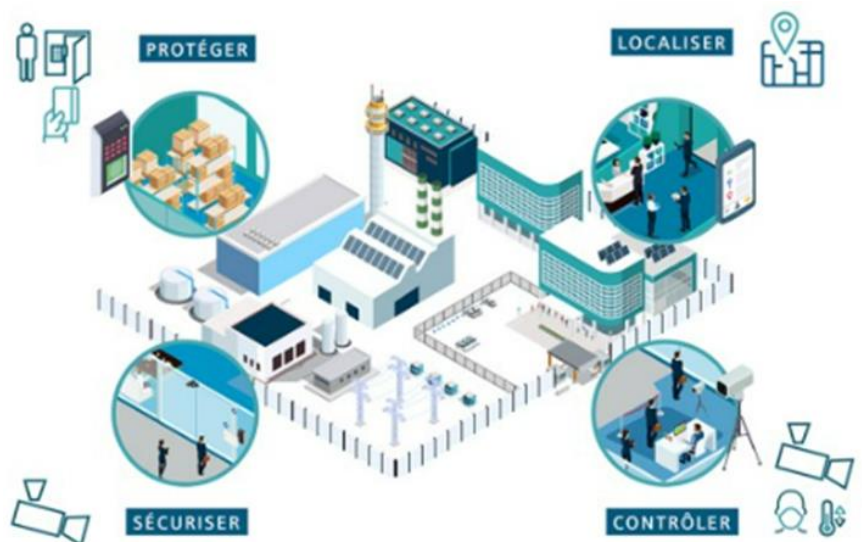
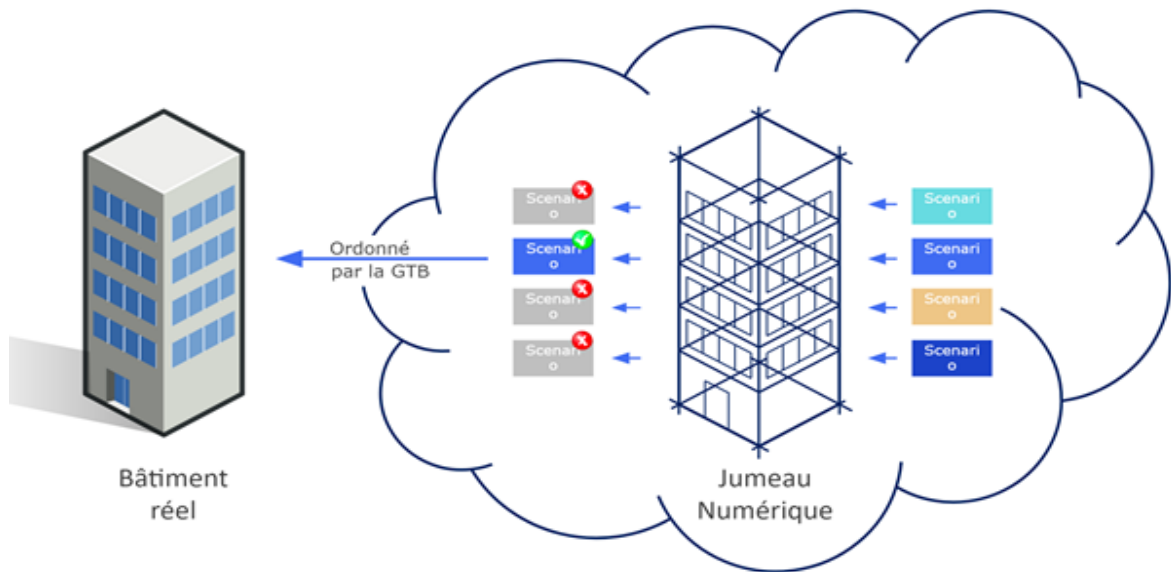


Figure 141: la gestion de l'espace
Source : iconics.fr

• Passeport digital (jumeaux numériques) du bâtiment

1. modèles 3D et métadonnées issues (BIM)



2.1.2 Unité smart lab/Hospital

• Salles propres

Améliorer le séjour du patient et les conditions de travail des soignants, optimiser les processus hospitaliers pour une meilleure gestion financière et garantir une sécurité optimale.

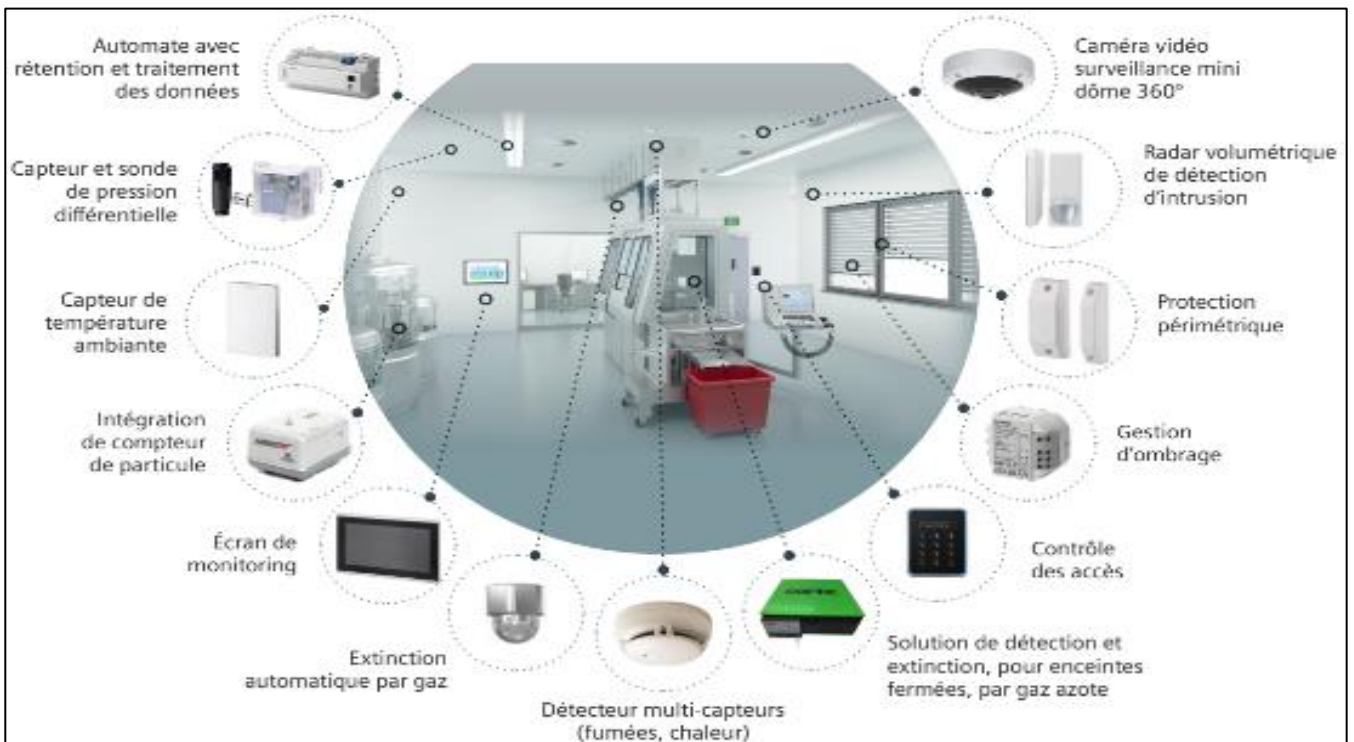


Figure 142:installations du Salles propres
Source : www.asteelflash.com

• Laboratoires

Des solutions complètes pour garantir un environnement de recherche sain et protégé dans les laboratoires.

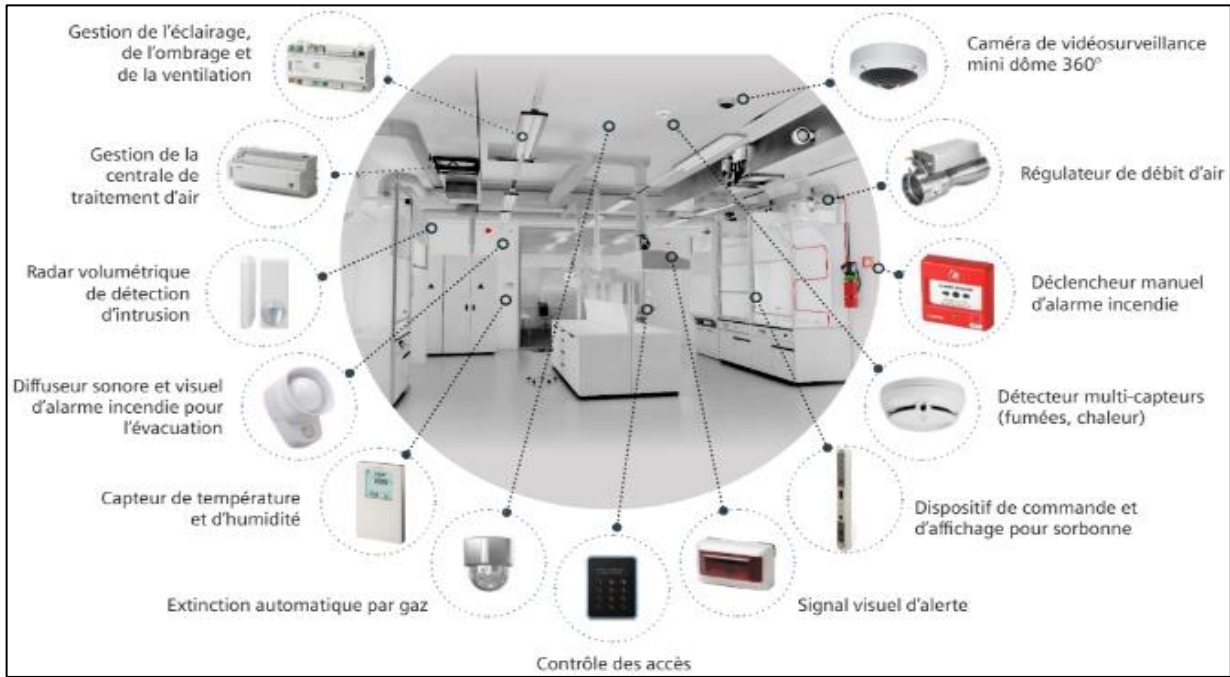


Figure 143: installations des laboratoires
Source : www.asteelflash.com

• Stockages critiques





La pérennité de l'activité et la préservation des produits reposent principalement sur le respect des conditions environnementales des zones de stockage.




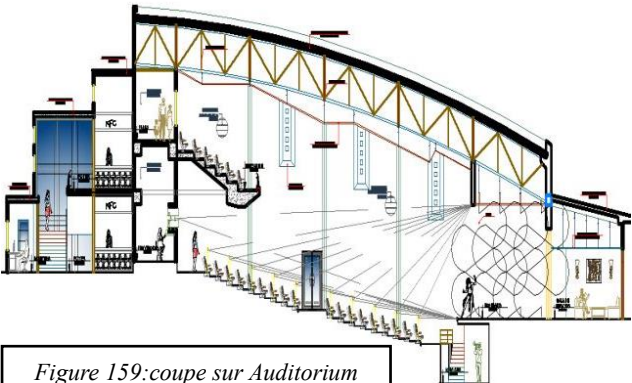

Figure 144: installations des Stockages critiques
Source : www.asteelflash.com




3 Programme qualitatif :

| | | |
|---|--|---|
| Réception | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Lieu de rencontre. ○ Contient des zones d'affichage, lambris en bois. L'utilisation de plusieurs matériaux et couleurs. ○ Centre de circulation principal. ○ Une aire chaleureuse. |  <p><i>Figure 146: hall d'accueil</i> Source : www.officelovin.com</p> |  <p><i>Figure 145: hall d'accueil</i> Source : www.frameweb.com</p> |
| | <p>Confort d'ambiance</p> <p>Niveau d'éclairage : 300 à 500 lux. Niveau acoustique : 40 dB</p> <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% à 60% Débit d'air : 18m³/h/personne</p> | |
| Couloirs | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Sont des éléments clés de l'organisation du laboratoire. ○ Les escaliers, l'ascenseur doivent être faciles à trouver pour permettre une circulation agréable. ○ Des couleurs et des motifs différents peuvent être utilisés, des tableaux de repères, des tableaux de pointage. |  <p><i>Figure 148: couloir</i> Source : www.officelovin.com</p> |  <p><i>Figure 147: couloir</i> Source: www.officesnapshots.com</p> |
| | Escaliers et ascenseurs | |

| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Avoir un escalier près de l'ascenseur, les larges escaliers facilitent l'accès, le sol est détaillé et bien fini pour rehausser le hall d'entrée. ○ Doivent être situés dans des zones très visibles le long des couloirs principaux. |  |  |
| | <p>Figure 150:escalier Source : www.thelightlab.com</p> | <p>Figure 149:ascenseurs Source:ascenseurspneumatiques.fr</p> |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage : 500 lux.</p> | <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver.</p> |
| <p>Laboratoires</p> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ idéalement situé au rez-de-chaussée ○ Les matériaux utilisés dans le mobilier de laboratoire (Métal, bois, plastique), La lumière artificielle. ○ Le vitrage intérieur permet de filtrer la lumière à travers le bâtiment. ○ Créer des espaces de travail, des casiers et des rangements |  |  |
| | <p>Figure 152:laboratoire Source : www.archdaily.com</p> | <p>Figure 151:laboratoire Source : www.waldnerdimensions.com</p> |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage 807-1076 lux. Appareils d'éclairage : Encastré fluorescent avec lentilles paraboliques ou prismatique.</p> | <p>Température : 21°C-22°C tous les Saisons Humidité : variable selon l'activité. Débit d'air : 15m³/h/personne</p> |
| <p>Les salles de cours</p> | | |

| | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Cet espace permet aux chercheurs de donner des Cours, exercer leurs travaux dirigés, et compléter les Assimilations théoriques et pratiques. ○ Nécessité d'un éclairage naturel. |  |  |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage 300 lux. Appareils d'éclairage : Encastré fluorescent avec lentilles paraboliques ou prismatique.</p> | <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% à 60% Débit d'air : 18 m³/h/personne</p> |
| <p>Bureaux</p> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ L'administration ne devra pas être en relation directe avec les espaces fréquentés par les usagers et les utilisateurs. ○ Capacité à travailler avec l'ordinateur et en réunion. ○ Quantité d'étagères et de stockage. ○ Surface entre 9.30-18.50 m², cadres intermédiaires 14.00 – 13.20 m², senior 10.50 m² |  |  |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage 538 / 807lux.</p> | <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% au 50% Débit d'air : 18 m³/h/personne</p> |
| <p>Equipement</p> | <p>Des chaises visiteurs, 02 Postes informatiques photocopieuse, étagères.</p> | |
| <p>Local de stockage</p> | | |

| | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Il doit être situé à proximité des laboratoires (relation forte). ○ Renouvellement d'air 2 fois par heure avec l'intégration de système de traitement d'air à la poussière. |  <p style="text-align: center;"><i>Figure 157:Locale de stockage</i> Source: www.tradelineinc.com</p> | |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage 300 lux. Appareils d'éclairage Strip fluorescent Et lampes typiques.</p> | <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% à 60%</p> |
| <p>Auditorium</p> | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Un espace de contact entre le public et les chercheurs, elle abritera des activités telles que la diffusion de documentaires projections et séminaires ○ Elle se situe dans un endroit loin de laboratoire avec un accès spécial. ○ Prévoir un isolement thermique et acoustique : ○ Au niveau du plafond par un faux plafond général. ○ La pente sera de l'ordre de 8 à 10° cela correspond à une surélévation de 12cm entre deux rangées de sièges successives. ○ L'angle de vision devra être de : 110° depuis le 1er rang, 60° depuis la rangée médiane 30° depuis le dernier rang. ○ Couloirs de circulation larges pour une évacuation rapide et efficace. ○ Chaque personne occupe une surface de 0.5m². |  <p style="text-align: center;"><i>Figure 159:coupe sur Auditorium</i> Source: www.tradelineinc.com</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figure 158:Auditorium</i> Source: www.i.pining.com</p> | |
| <p>Confort d'ambiance</p> | <p>Niveau d'éclairage 500 lux Appareils d'éclairage :lampes</p> | <p>Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% à 60%</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | typiques Eclairage ponctuelle directe avec spots. Un éclairage de sécurité | Débit d'air : 18m ³ /h/personne. Niveau acoustique : 60 Db. |
| Salle de documentation | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Les faces vitrées doivent être orientées et conçues afin d'éviter les risques de surchauffe ou l'éblouissement (nord) ○ Une bonne Isolation phonique. ○ Les rayons du soleil ne doivent pas pénétrer dans la salle. |  <p style="text-align: center;"><i>Figure 160: Salle de documentation</i> Source: www.batiweb.com</p> | |
| Confort d'ambiance | Niveau d'éclairage 807 lux | Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Niveau acoustique : 55-60 Db Débit d'air 20 m ³ /h/pers |
| Salles de repos et de détente | | |
| Dans les installations de grande envergure, il est recommandé de prévoir de petites salles de pause. |  <p style="text-align: center;"><i>Figure 162: Salles de repos</i> Source: www.batiweb.com</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figure 161: Salles de détente</i> Source: www.batiweb.com</p> | |
| Confort d'ambiance | Niveau d'éclairage 300 lux. Appareils d'éclairage : Encastré fluorescent avec lentilles paraboliques ou prismatique. | Température : 22°C-24°C été 21°C-22°C hiver Humidité : 40% à 60% Débit d'air : 15 m ³ /h/personne |
| <i>Tableau 6: Programme qualitatif</i> Source: auteur. | | |

4 L'organigramme fonctionnel :

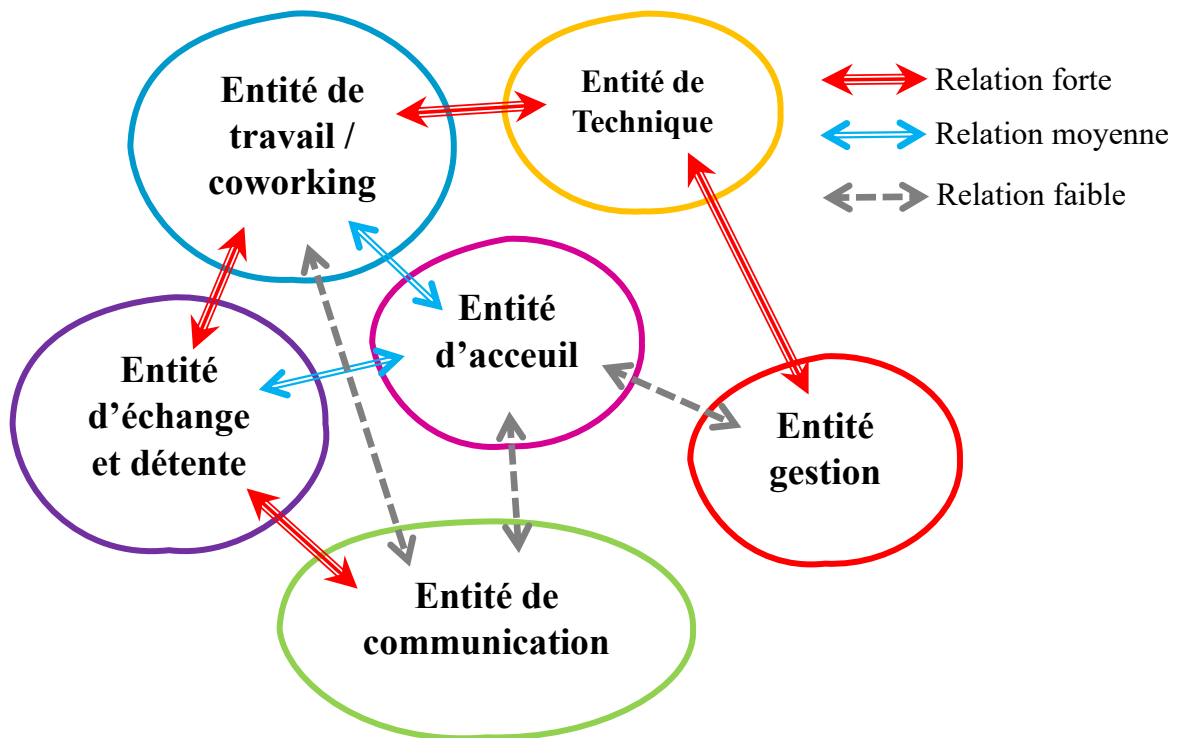


Figure 163: organigramme fonctionnel
Source: auteur.

5 Le programme quantitatif proposé:

| Entité | Espace | N | Surface unitaire (m ²) | Surface (m ²) |
|---------|--|----|------------------------------------|---------------------------|
| Accueil | Hall d'accueil | 01 | 100 | 100 |
| | Réception | 01 | 30 | 30 |
| | Cellule d'orientation | 01 | 65 | 65 |
| | Showroom | 01 | 29 | 29 |
| | Surface Totale | | 224 | |
| Gestion | Bureau financement et service commercial | 02 | 50 | 100 |
| | Bureau marketing et vente | 01 | 63 | 63 |
| | Bureau responsable management | 01 | 60 | 60 |
| | Bureau service comptabilité | 01 | 30 | 30 |
| | Service juridique | 01 | 30 | 30 |
| | Bureau chef de service | 01 | 30 | 30 |
| | Bureau management | 01 | 30 | 30 |

| | | | | |
|----------------------|--|------------|---------|-----|
| | environnement écologie | | | |
| | Imprimerie archives | 01 | 40 - 45 | 45 |
| | Bureau directeur | 01 | 85 | 85 |
| | Secrétariat | 01 | 40 | 40 |
| | Bureau sous- directeur | 01 | 50 | 50 |
| | Salle de réunion | 01 | 200 | 200 |
| | Sanitaire femme/homme | 01 | 65 | 65 |
| | Surface Total | 828 | | |
| Travail / Co-Working | Open space startup web/informatique | 01 | 260 | 260 |
| | Open space startup technologies avancées | 01 | 190 | 190 |
| | Bureaux privées | 03 | 50 | 150 |
| | Salle d'informatique | 01 | 80 | 80 |
| | Stand d'exposition | 01 | 190 | 190 |
| | <u>Unité smart office :</u> | | | |
| | 1. Atelier de Contrôles environnementaux | 01 | 95 | 95 |
| | 2. Atelier de Matériaux intelligents | 01 | 70 | 70 |
| | 3. Atelier de équipements de sécurité et d'urgence | 01 | 75 | 75 |
| | 4. Laboratoire de Contrôles environnementaux | 01 | 75 | 75 |
| | 5. Laboratoire de Matériaux intelligents | 01 | 75 | 75 |
| | 6. Laboratoire équipements de sécurité et d'urgence | 01 | 90 | 90 |
| | <u>Unité smart lab :</u> | | | |
| | 1. Atelier des salles propres | 01 | 95 | 95 |
| | 2. Atelier de les laboratoires médicales | 01 | 70 | 70 |

| | | | | |
|-------------------------|--|-------------|-----------------------------|-----|
| | 3. Atelier de stockages critiques | 01 | 75 | 75 |
| | 4. Laboratoire les salles propres | 01 | 90 | 90 |
| | 5. Laboratoire de les laboratoires médicales | 01 | 75 | 75 |
| | 6. Laboratoire de stockages critiques sécurité et d'urgence | 01 | 90 | 90 |
| | Box de lecture | 05 | 22 | 110 |
| | Salle impression | 01 | 160 | 160 |
| | Vestiaire femme/homme | 02 | 28 - 40 | 137 |
| | Sanitaire femme/homme | 02 | 50 | 100 |
| | Surface Totale | 2352 | | |
| Technique | Locaux techniques (climatisation, chaufferie, eau, électricité, domotique) | 02 | 68 | 136 |
| | Locaux de maintenance | 02 | 50 | 100 |
| | Espaces de stockage | 02 | 50 | 100 |
| | Surface Totale | 336 | | |
| Communication/pédagogie | Salles de classe | 03 | 60 | 180 |
| | Auditorium | 01 | 300 | 300 |
| | Salle de documentation | 01 | 220 | 220 |
| | salle de débat | 01 | 200 | 200 |
| | Sanitaire hommes / femmes | 02 | 65 | 130 |
| | Surface Totale | 1030 | | |
| Echange et détente | Restauration | 01 | 190 | 190 |
| | Salles de détente | 02 | 125 | 250 |
| | Surface Totale | 440 | | |
| Hébergement | chambres | 06 | 26 | 156 |
| | Surface Totale | 156 | | |
| | Surface Totale | 5366 | | |
| | Circulation | 25 % | | |
| | Surface Totale du projet | | 6707.5 m² | |

Tableau 7: Le programme quantitatif
Source: auteur.

5.1 Surface par entité :

| Entité | Surface (m ²) |
|-------------------------|---------------------------|
| Accueil | 224 |
| Gestion | 828 |
| Travail / coworking | 2352 |
| Technique | 336 |
| Communication/pédagogie | 1030 |
| Echange et détente | 440 |
| Hébergement | 156 |
| Surface Total | 5366 |


Tableau 8: Surface par entité
Source: auteur.

Synthèse :

D'après l'analyse programmatique nous avons pu ressortir les points suivants :

- Déterminer les types d'utilisateurs de notre centre.
- Les différentes fonctions mères du projet.
- Satisfaire les exigences (confort, mobilier, circulation ...) en programme d'espace et de surface.

Chapitre 05:



CONCEPTION
ARCHITECTURALE

Introduction :

À la suite d'une analyse thématique, une analyse contextuelle et un avant-gout sur l'architecture durable on est parvenus à élaborer un ensemble de directives permettant de dresser le projet architectural.

La prise en compte des directives précédemment citées, doivent assurer : l'intégration du projet dans le concept du smart building, insertion du bâti dans son environnement naturel, une relation entre forme, espace et fonction, mais aussi l'intégration des techniques de durabilité. L'approche architecturale est donc considérée comme l'aboutissement du projet d'architecture.

1 Principes et concepts :

1.1 Concepts liés au programme :

- **Fonctionnalité** : Pour bien fonctionner, les espaces doivent être agencés selon les relations et les besoins, dans une continuité et une complémentarité fonctionnelle, dans un confort et une sécurité absolue.
- **Hierarchie** : L'agencement des différents espaces et activités selon les usagers et les unités doit être matérialisé et une hiérarchie doit être assurée afin de distinguer les fonctions primaires et secondaires.
- **Parcours** : Les parcours affectent les individus et révèlent les caractéristiques spatiales et formelles des projets. Les incubateurs se caractérisent par une multiplication des parcours (public et chercheur).
- **La Flexibilité et la fluidité** : concepts découlant de l'organisation spatiale et fonctionnelle des espaces bureaux ou autre, car le monde du travail exige des espaces transformables, modulables, en fonction des besoins et des exigences des uns et des autres. La flexibilité de l'espace se traduit par la structure qui réduirait au maximum les contraintes d'aménagement des espaces, exemple : cloisons amovibles.

1.2 Concepts liés à la durabilité :

- **Orientation** : Le climat présente un facteur déterminant l'orientation du projet dans le climat chaud et aride l'orientation nord/sud est recommandée, cela est obtenu par l'implantation du projet selon l'axe est/ouest
- **Compacité** : Une forme compacte permet de minimiser les déperditions thermiques en hiver et diminuer les surfaces d'exposition à conditions climatiques arides extérieures en été.

- **Protection** : La Création d'ombre est un facteur important dans les régions chaudes au niveau des façades par des éléments architecturaux et au niveau du toit.
- **Matériaux durables** : Utilisation des matériaux durables locaux à faible impact environnemental.
- **Végétation** : La végétation de feuilles persistantes côté sud pour fournir de l'ombre en guise de protection du bâtiment et filtrer les vents chargés de sable, et une chaîne de plantations à feuilles caduques au nord pour laisser pénétrer les rayons du soleil en hiver.

1.3 Concepts liés à l'architecture :

- **Géométrie** : Accent mis sur la volumétrie du projet et la naissance d'un langage architectural plus riche.
- **Perméabilité** : Assurer la relation entre un projet et son environnement à travers différents accès et relations fonctionnelles entre différentes entités.
- **Lisibilité** : L'organisation de l'incubateur doit être facilement compréhensible par les utilisateurs.
- **Identité** : le projet doit refléter son contexte, une ville caractérisée par de multiples potentiels (comme Laghouat) doit exister et se refléter dans l'identité du projet.

1.4 l'architecture traditionnelle locale de Laghouat (contexte) :

Mise en valeur de patrimoine architectural de Laghouat :

- Utilisation des formes compactes et des patios (maison à cour).
- Utilisation des éléments qui représentent la ville (galerie des arcades, notion de porte urbaine, les claustras, des couleurs claires...) afin d'intégrer le projet dans son contexte .
- Utilisation des palmeraies et des lacs d'eau qui rappellent des anciennes oasis.

2 Genèse du projet

2.1 Etat de lieu

Rappel des données de site

2.1.1 Choix de site :

- Le site est dans un milieu urbain.
- Le site est accessible (le terrain choisi est visible de toutes les cotes).
- Site riche avec des structures de valeur universitaire.

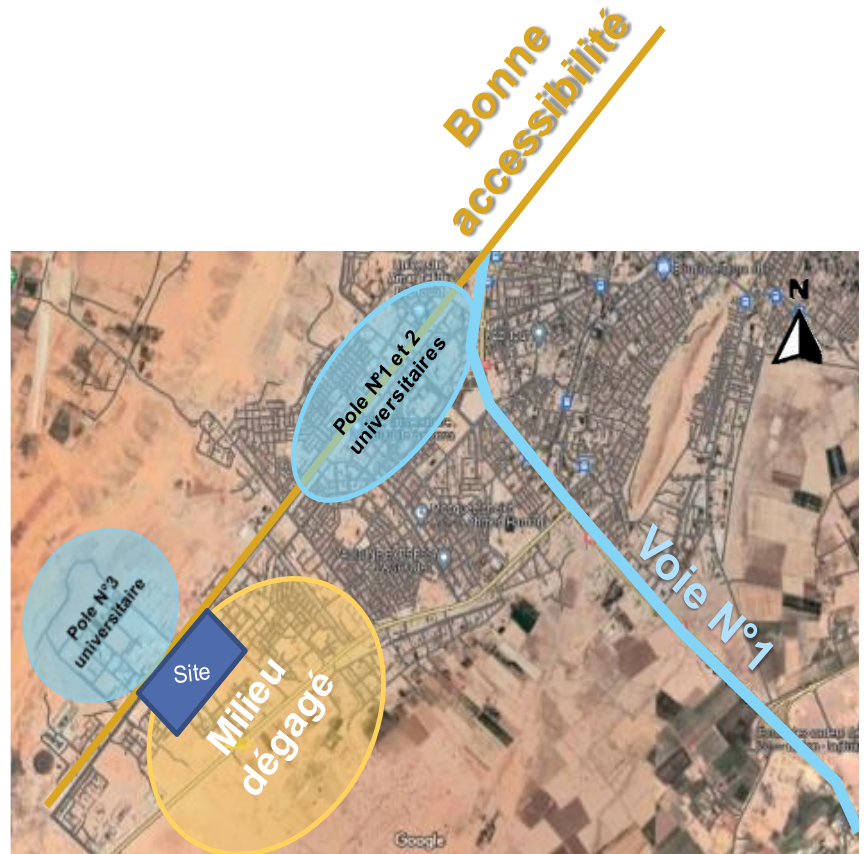


Figure 164: L'emplacement de site.
Source: Google Earth \ traité par l'étudiant.

2.1.2 Délimitation du terrain

- On a pris la partie la plus accessible du terrain (flux moyen au côté Nord et flux faible au côté Est).
- La superficie suffisante pour le programme du projet donc on a occupé le minimum du terrain propos (la rationalisation de l'occupation du terrain).
- La profondeur du terrain 120 m pour l'alignement avec l'habitat.

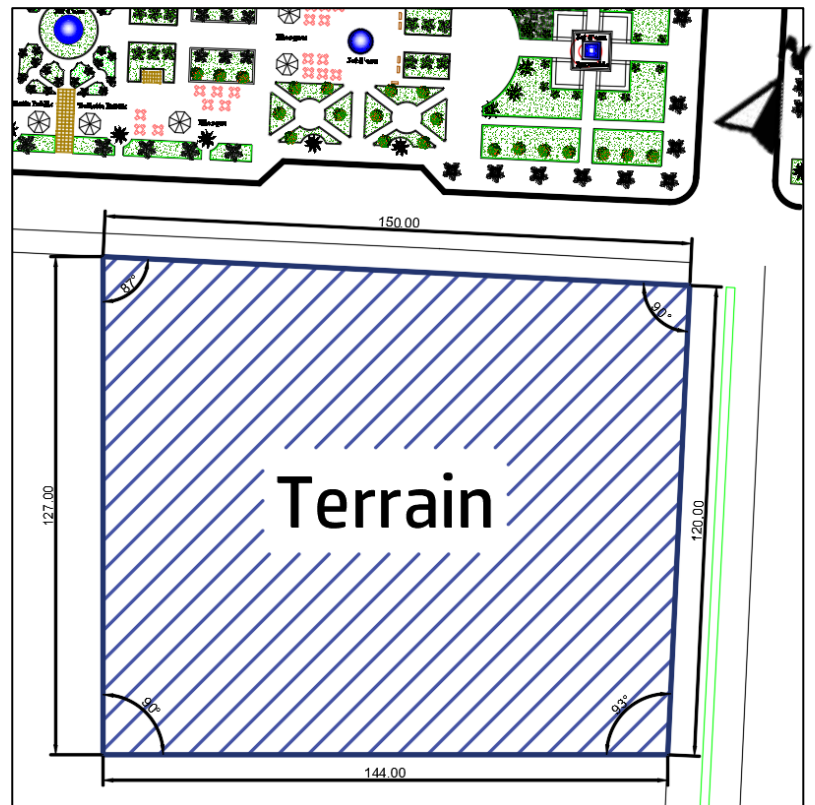





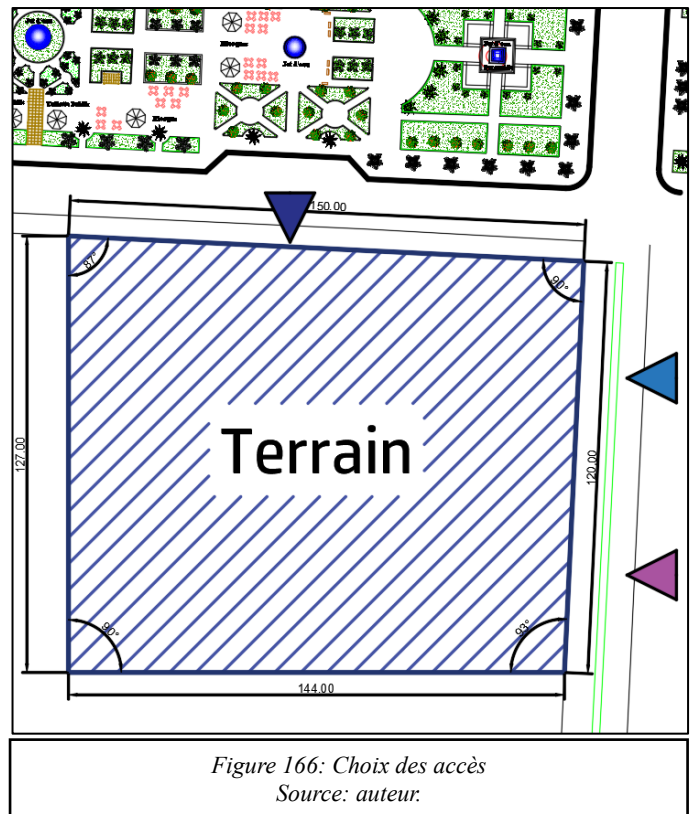
Figure 165: Délimitation du terrain.
Source: auteur.

2.1.3 Choix des accès

On a choisi trois accès :

- Un accès principal sur la façade principale de l'espace aménagé et en face du pôle universitaire.
- Deux accès sur la façade latérale droite ; secondaire pour assurer la fluidité des flux, et de service pour servir la restauration et les laboratoires.

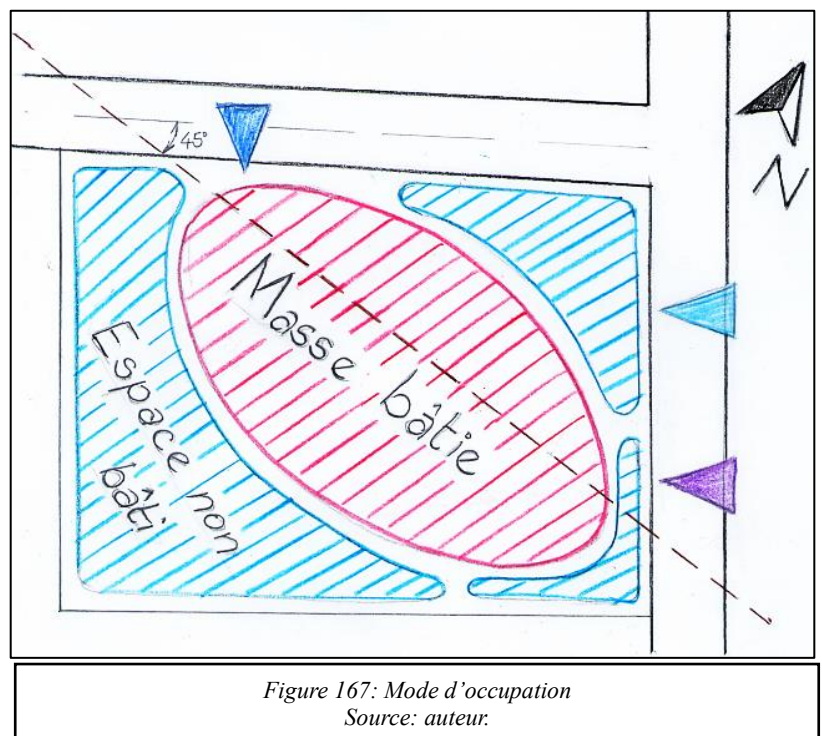
-  Accès principal.
-  Accès secondaire (piéton).
-  Accès secondaire de service dans la partie postérieur.



2.1.4 Mode d'occupation

Le principe d'occupation de notre terrain est le suivant :

- La masse Bâtie :
 - on a choisi une forme compacte : volume monobloc pour minimiser les déperditions thermiques (minimiser le coefficient de compacité).
 - Planter la masse au milieu du terrain pour :
 - Assurer une bonne lecture urbaine du projet en termes de conception visuelle et fonctionnelle, tout en faisant face aux autres établissements scientifiques.



- Créer un espace d'accueil et une zone pour les fonctions extérieures tout autour (extensions des activités vers l'extérieur).

- Orientation de la masse 45° à la façade principale pour des raisons climatiques de la région.

- Non bâti :

- **Point de vue climatique et environnemental** : la délimitation de la masse bâtie par les espaces non bâtis coté voisinage pour mieux protéger le projet.

- **Point de vue fonctionnel** : pour la hiérarchisation des zones et les espaces et pour exploiter l'espace non bâti comme une extension des fonctions intérieur.

2.1.5 Zoning :

- l'organisation des entités est basée sur la hiérarchie des activités de public vers les activités privées.

- **Hall d'accueil** : en contact directe avec l'accès principal.

- **Les services techniques** : on a éloigné les services techniques de la partie postérieure

- **Entité de travail (laboratoires/ateliers ...)** : occupe le noyau du projet entre l'accueil et les autres entités.

- **Entités de formation et pédagogie** :

- Cette entité est composée de :

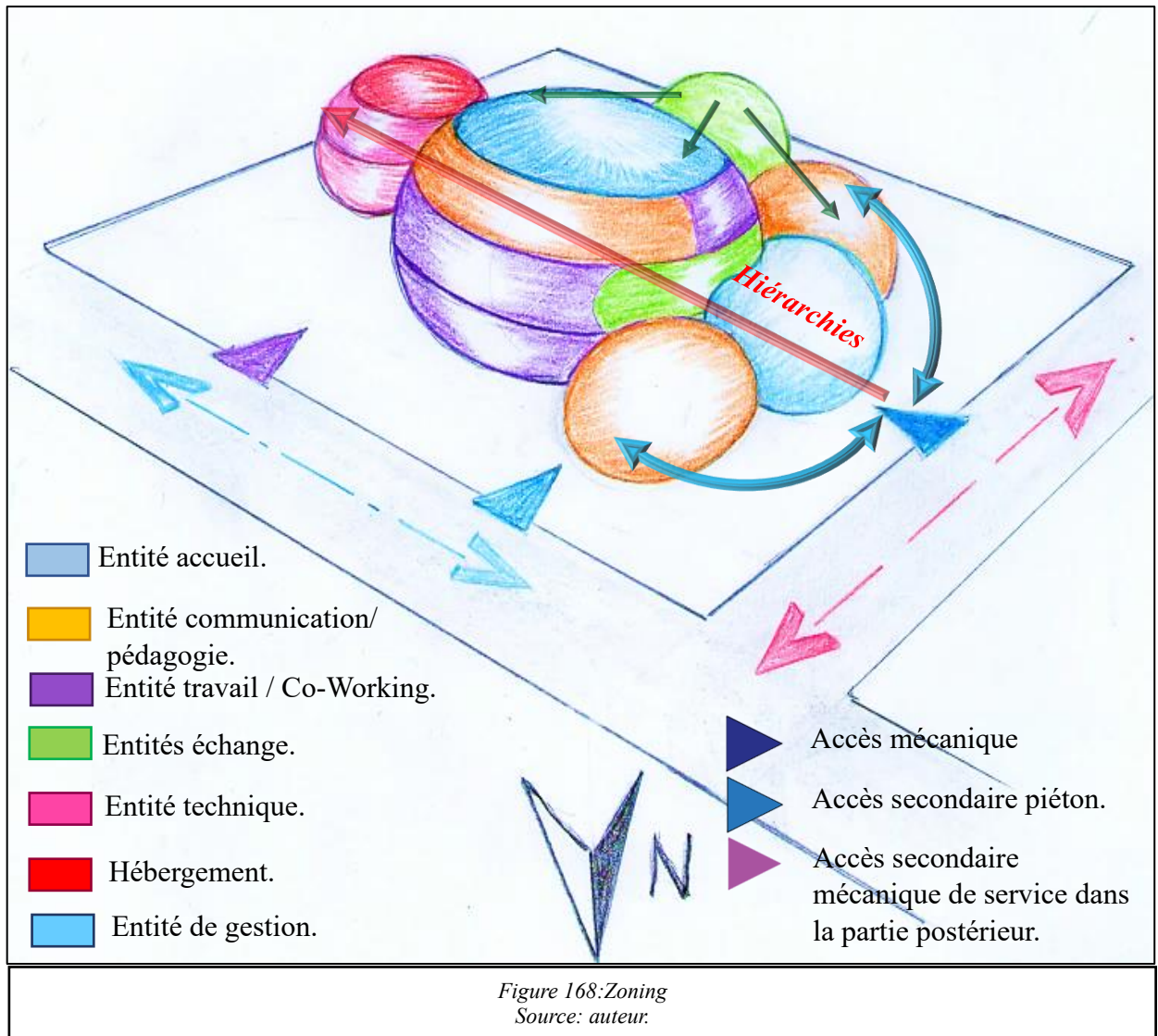
1. **Auditorium** : implante à la façade principale pour faciliter l'accessibilité des flux avec un retrait pour créer un espace de contact informel.

2. **Salle de documentation** : situé en symétrie avec l'auditorium pour équilibrer les flux.

3. **Salle de classe** : situé au niveau supérieur sur le noyau.

- **Entité échange** : dans la partie postérieure en relation avec l'auditorium et l'entité de travail.

- **Entité gestion et l'entité de repos** : elle est positionnée dans le niveau supérieur de la masse pour des raisons fonctionnelles.



- Ces entités superposent sur 03 niveaux :
- **Niveau RDC et Niveau 01 :** le RDC contient le hall d'accueil qui donne vers l'entité de travail et avec des activités techniques. Et le premier niveau représente la même organisation spatiale et fonctionnelle de RDC.
- **Niveau 02 :** L'entités de formation placer dans la partie Nord droite pour orienter les salles de classes, et des espaces annexe de l'entités de travail en relation avec elles (continuité fonctionnelle).
- **Niveau 03 :** la gestion et des espaces de repos.

2.1.6 Parcours mécaniques et zoning extérieur

- **On a positionné les zones de stationnement :** zone pour les voitures, zone pour les vélos et autre pour les voitures électriques à la limite du terrain au niveau de la partie latérale pour limiter la circulation mécanique intérieure.
- Limiter la circulation mécanique à la périphérie du projet.

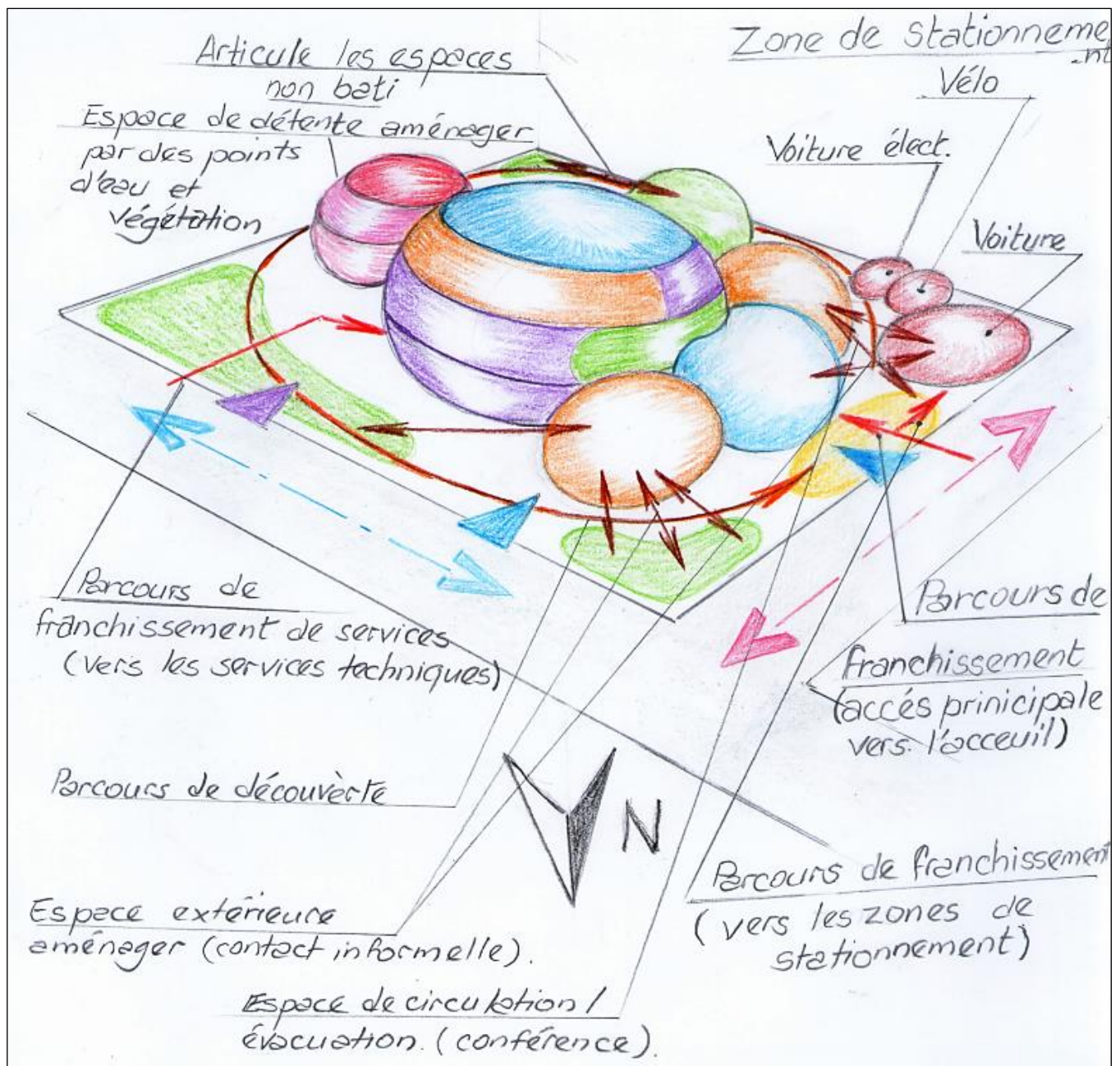





Figure 169: Parcours mécaniques et zoning extérieur
Source: auteur.

-  Accès mécanique
-  Accès secondaire piéton.
-  Accès secondaire mécanique de service dans la partie postérieur.

2.1.7 Protection par végétation

La végétation participe à la protection solaire. Elle apporte un ombrage et crée un microclimat par évapotranspiration.

Le feuillage d'un arbre peut filtrer de 60% à 90% du rayonnement solaire et un tapis de végétation réduit également le rayonnement solaire réfléchi par le sol.

La végétation est donc un outil efficace de protection solaire et de contrôle du rayonnement.

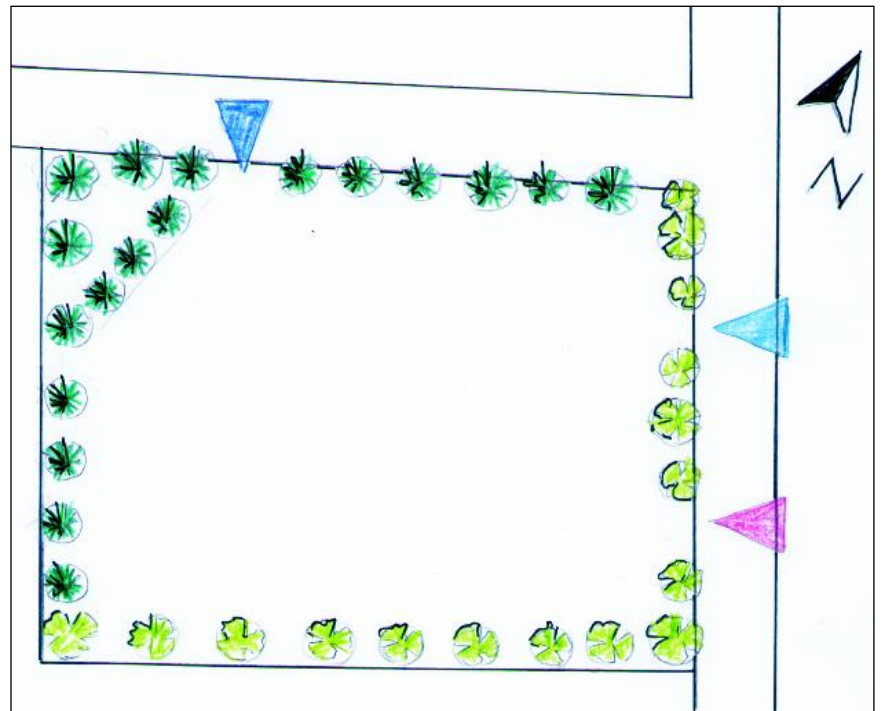


Figure 170: Protection par végétation
Source: auteur.

Le rôle de la végétation :

- **Arbre à feuillage persistant :**
 - Dévier les vents.
 - Délimitation des espaces.
 - Humidifier l'air.
- **Arbre à feuillage caduque :**
 - Créer l'ombre.
 - Filtration les vents sable.
 - L'accompagnement.
 - Esthétique.

Tableau de végétation:






| Nom | Dimension | | Typologie | L'effet |
|---|--------------|----------|-------------|---|
| | Arbre | Feuilles | | |
| Washingtonia  | 15 m | 2.5 m | Persistante | Décoratif Ornementale |
| Ficus  | 20 m | / | Persistante | Protection contre les vents |
| Casuarina  | 12 m | / | Persistante | Protection contre le vent de sable et les vents |
| Mûrier  | 0.5 à 3 m | 8 m | Caducue | Ornementale Protection contre les vents |
| Acacia retinode  | 3 m | 8 m | Persistante | Ornemental, ombrage |

Figure 171: végétation locale

2.1.8 Sous Zoning : Affectation des espaces :

- Organisation :

au RDC, l'Atrium joue le rôle d'un élément de séparation et d'articulation entre les laboratoires au côté Nord et les ateliers au côté Sud. Il est accessible directement à travers le hall d'accueil (unité smart-office). Cet élément du point de vue environnemental est une source d'éclairage, d'aération et de chaleur.

Dans Le 1er étage on a assuré la superposition des entités, tels que les laboratoires et les ateliers (unité smart-lab) qui sont organisés autour de l'atrium.

- Distribution (parcours intérieur) :

• Hall d'accueil :

- le hall d'accueil structure la distribution des flux vers les laboratoires et les ateliers.
- L'orientation du Hall d'accueil vers le Nord-ouest permettant d'exploiter les courants d'air du vent dominant pendant les périodes chaudes.
- Les Laboratoires et les ateliers :
- La matérialisation/ application du principe de la hiérarchie au niveau des laboratoires et ateliers par la création d'un SAS comme un espace intermédiaire entre hall /laboratoires, ateliers.

• Les annexes techniques

sont placées à la partie postérieure en continuité fonctionnelle avec les laboratoires et ateliers.

• Le deuxième étage et le troisième étage :

- l'organisation de ces niveaux s'appuie sur :
- La hiérarchisation des espaces et séparation des fonctions, pour éloigner les espaces calmes, salles de classe et les box, les bureaux de gestion au niveau 03.
- L'orientation nord/sud des salles de classe au niveau de l'étage 02.

- Circulation verticale :

le passage entre les niveaux est assuré par des escaliers et ascenseur au niveau du hall d'accueil et au niveau d'intersections de la circulation horizontale au périphérique de l'Atrium.

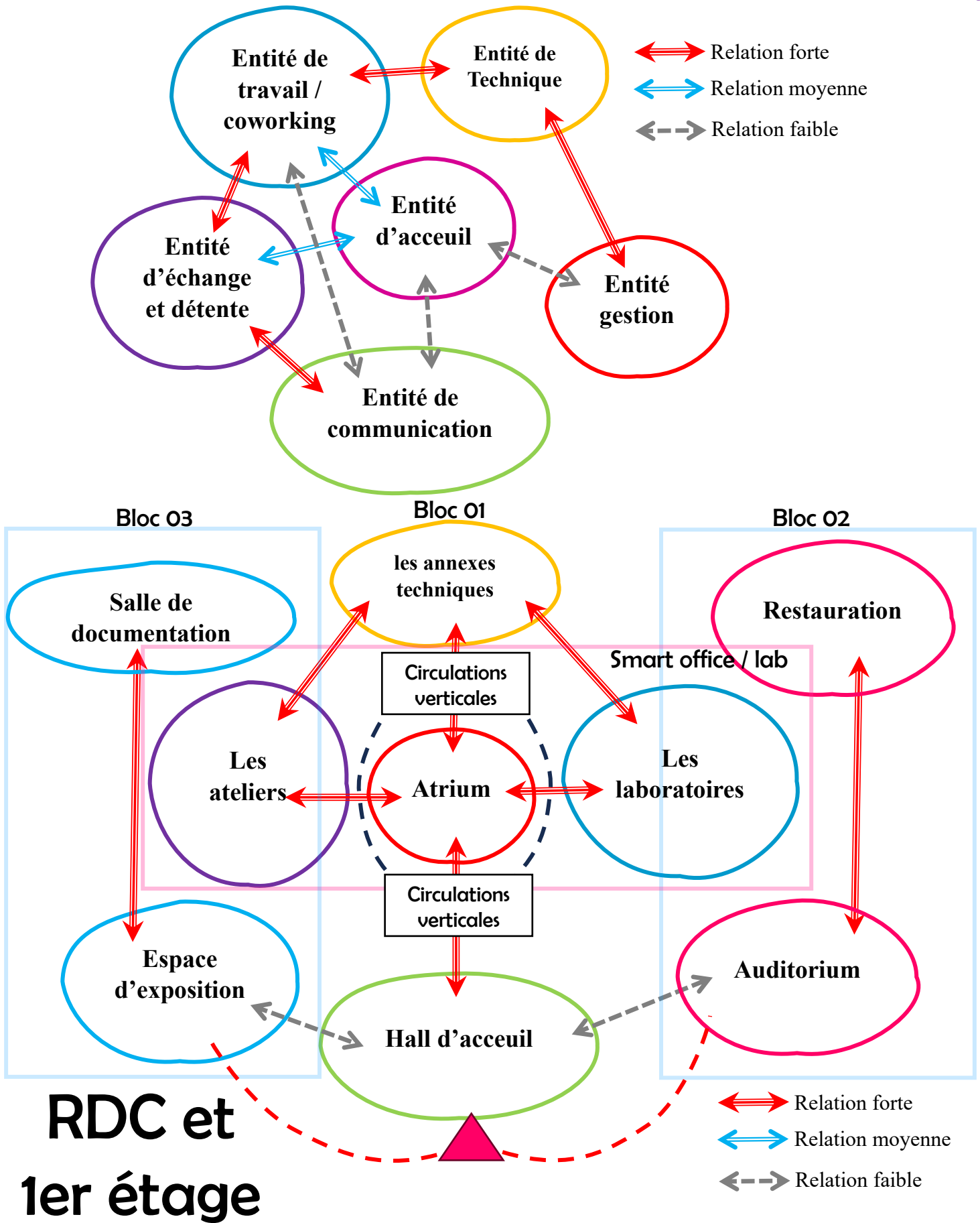


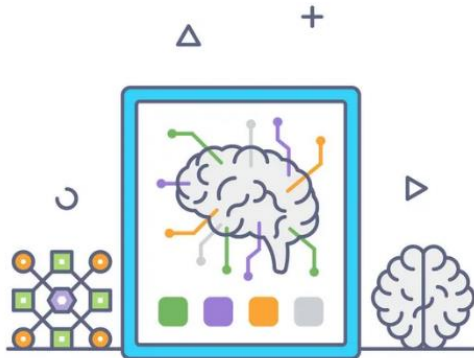
Figure 172: Sous Zoning : Affectation des espaces :
Source: auteur.

2.2 L'idée conceptuelle

Nous avons essayé de ressortir une volumétrie qui offre un projet visible bien organisé sur le plan fonctionnel spatial.

Intelligence Artificielle (IA) –Cerveau :

Dans son livre « Intelligent Buildings », (Brian ATKINS) qualifie les bâtiments intelligents comme suit :



Neural Network

Figure 173: Intelligence Artificielle
Source: www.futuribles.com.

- Les bâtiments doivent «savoir» ce qui se passe à l'intérieur et à l'extérieur.
- Les bâtiments doivent «décider» de la manière la plus efficace de fournir un environnement confortable et productif pour les occupants.
- Les bâtiments doivent répondre rapidement aux demandes des occupants.

A partir de ces caractéristiques-là, on constate que l'intelligence est relative à la possession de facultés intellectuelles qui fournissent une capacité de compréhension et de réaction. Elle nous permet de comprendre la signification de l'information reçue et d'appliquer la connaissance acquise par un processus de raisonnement. La même capacité appliquée aux objets inertes reçoit le nom d'IA qui, à son tour, est comparée au cerveau.

Le projet est un incubateur en smart building, ce terme signifie l'intelligence artificielle.

Dans le domaine de l'intelligence artificielle, un réseau de neurones artificiels est un ensemble organisé de neurones interconnectés permettant la résolution de problèmes complexes tels que la vision par ordinateur ou le traitement du langage naturel.

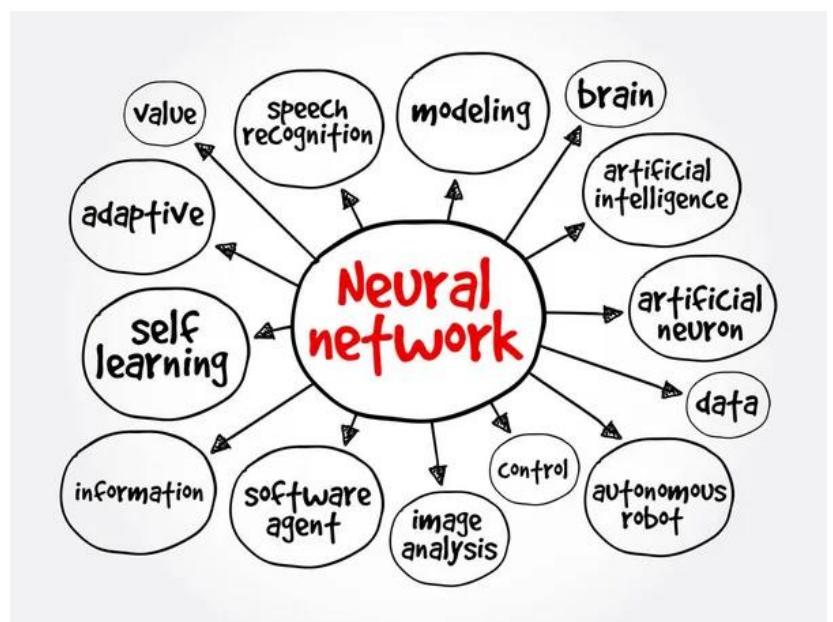


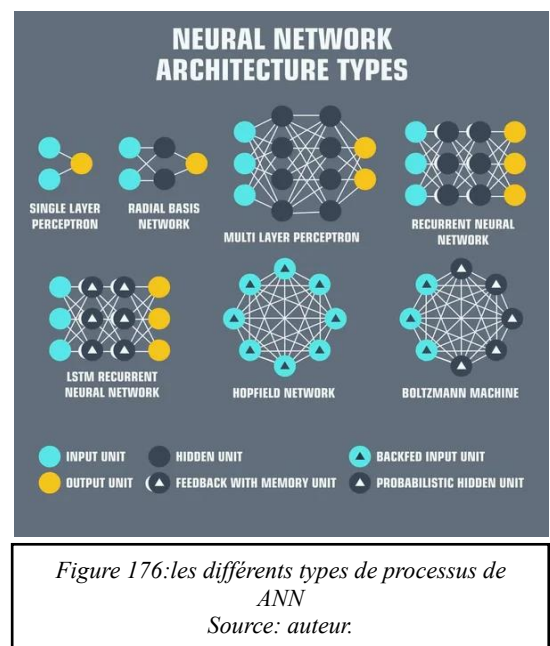
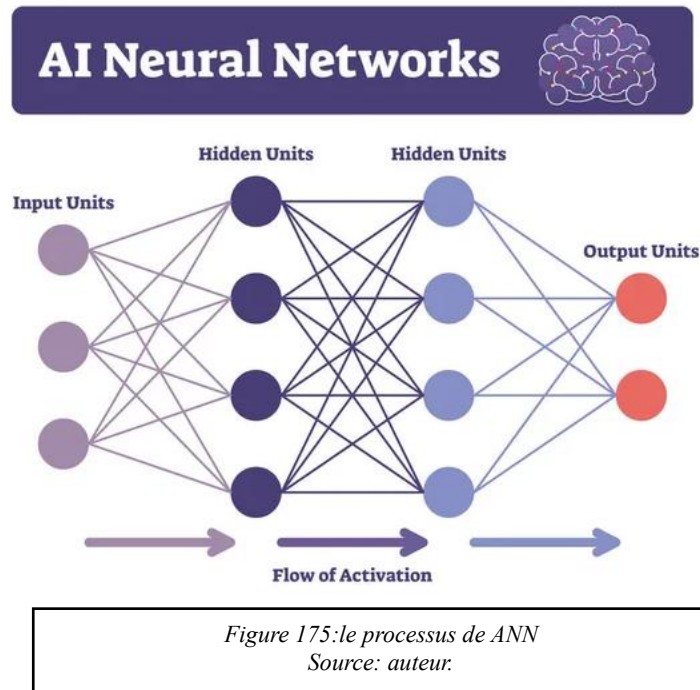
Figure 174: les domaines de l'intelligence artificielle
Source: auteur.

Il s'agit d'un type particulier d'algorithmes d'apprentissage automatique (comme les machines à vecteur de support (SVM en anglais), arbres de décision, K plus proches voisins, etc.) caractérisés par un grand nombre de couches de neurones, dont les coefficients de pondération sont ajustés au cours d'une phase d'entraînement (apprentissage profond)²⁰.

Un réseau de neurones²¹ repose sur un grand nombre de processeurs opérant en parallèle et organisés en tiers.

Ce processus s'appuie sur trois procédés principaux :

1. **ENTREE (INPUT):** Le premier tiers est responsable de recevoir les informations brutes, de manière similaire aux nerfs optiques chez les êtres humains lorsqu'ils traitent des signaux visuels. Cela représente la réception des flux de projet.
2. **CACHE (HIDDEN):** Ensuite, chaque tiers reçoit les sorties d'informations du tiers précédent. On observe le même processus chez l'Homme, lorsque les neurones reçoivent des signaux provenant des neurones proches du nerf optique. Cela correspond aux laboratoires de recherche de l'entité de travail ainsi que les annexes techniques.
3. **SORTIE (OUTPUT):** Le dernier tiers est responsable de produire les résultats du système, tels que les ateliers, la salle d'impression 3D et les salles d'exposition des produits finaux.



²⁰ <https://www.cnil.fr/fr/definition/reseau-de-neurones-artificiels-artificial-neural-network>

²¹ <https://www.lebigdata.fr/reseau-de-neurones-artificiels-definition>

C'est pour cela que la composition volumétrique du projet sera basée essentiellement sur la forme de l'ANN pour avoir un lien entre la forme du projet et sa fonctionnalité.

2.2.1 Formalisation de l'idée:

Etape 01 : L'inspiration de l'idée de ANN :

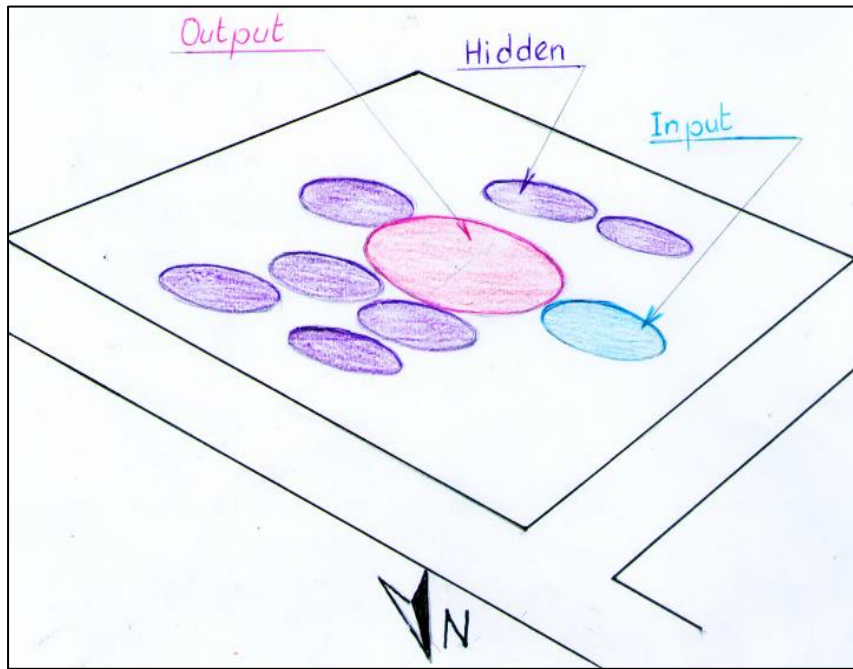
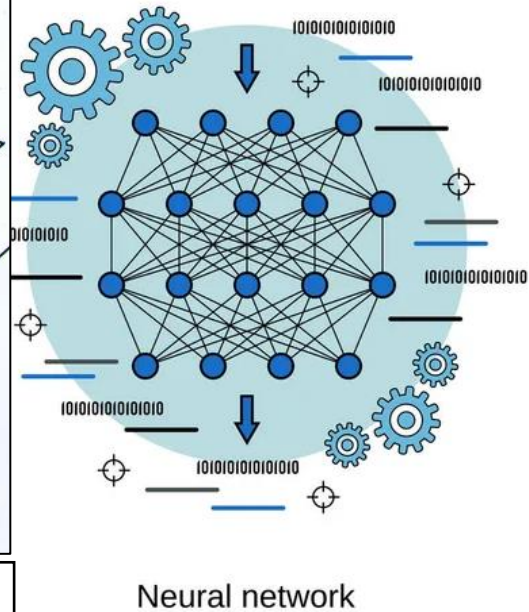


Figure 177: l'idée de ANN sur terrain
Source: auteur.



Etape 02

La concrétisation de l'idée sur le terrain par la projection de neuf cercles selon les entités adjacentes et les traits de schéma représente les relations fonctionnelles intérieur et extérieur entre les entités.

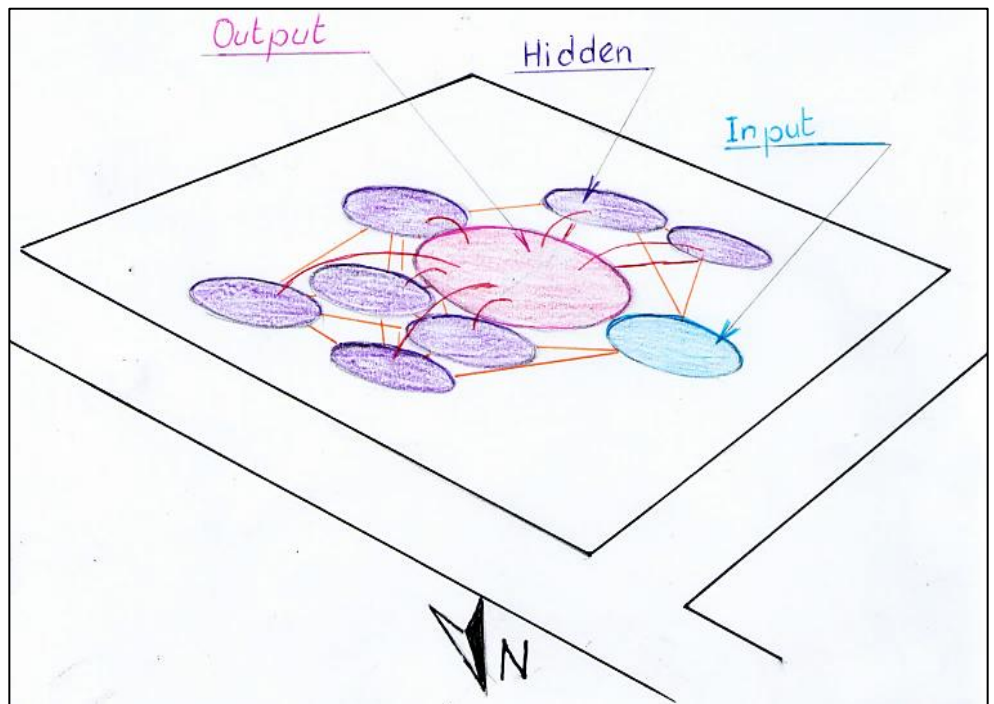


Figure 178: l'idée de ANN sur terrain
Source: auteur.

Etape 03 : la projection de l'idée sur l'organisation spatiale du projet :

- On a donné la hauteur de chaque volume (même gabarit des voisinages et par projection les fonctions des espaces et les entités).
- La forme cylindrique signifie le groupement des chercheurs (le travail en groupe).

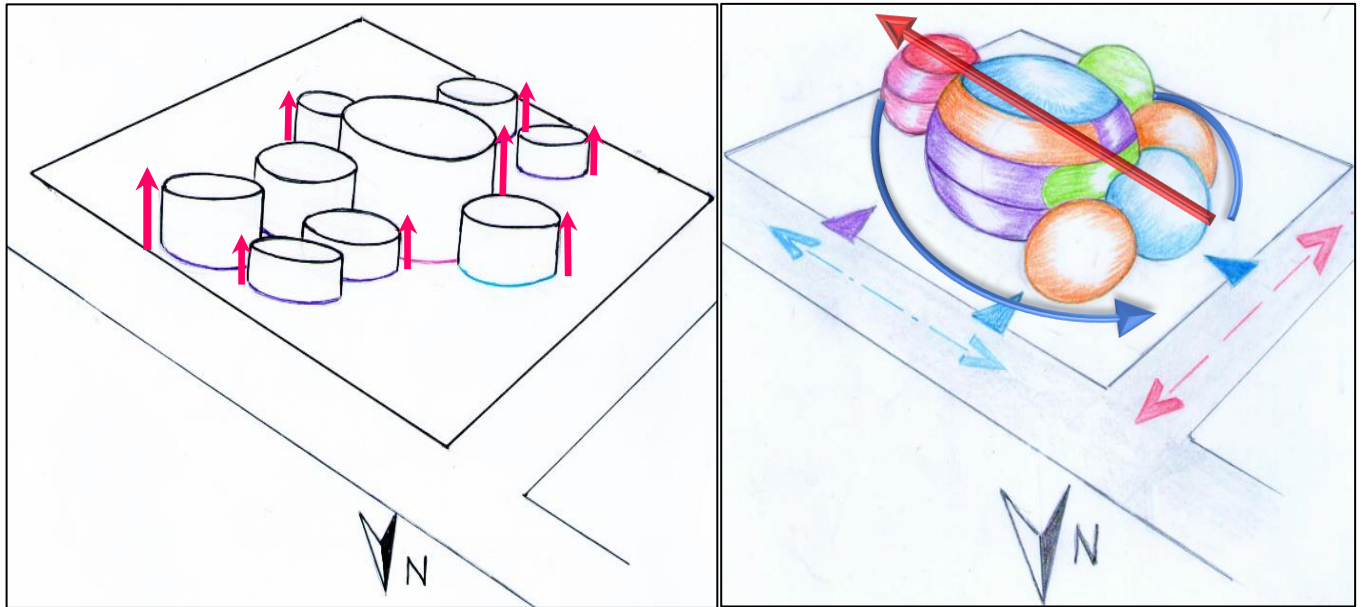


Figure 179: la projection de l'idée sur l'organisation spatiale de projet
Source: auteur.

- Les parcours d'articulation :

On a créé deux parcours séparant le schéma principal en deux autres volumes pour distribuer le flux mène vers la salle de documentation et l'auditorium (ces passages sont protégée par une couverture/ des dispositifs techniques (voir le produit final).

- Fusionné les groupes en trois volumes compacts pour Dimineur la surface exposée au soleil afin d'éviter la surchauffe des espaces orientés nord-ouest et pour dévier les vents froids (côté nord-ouest).

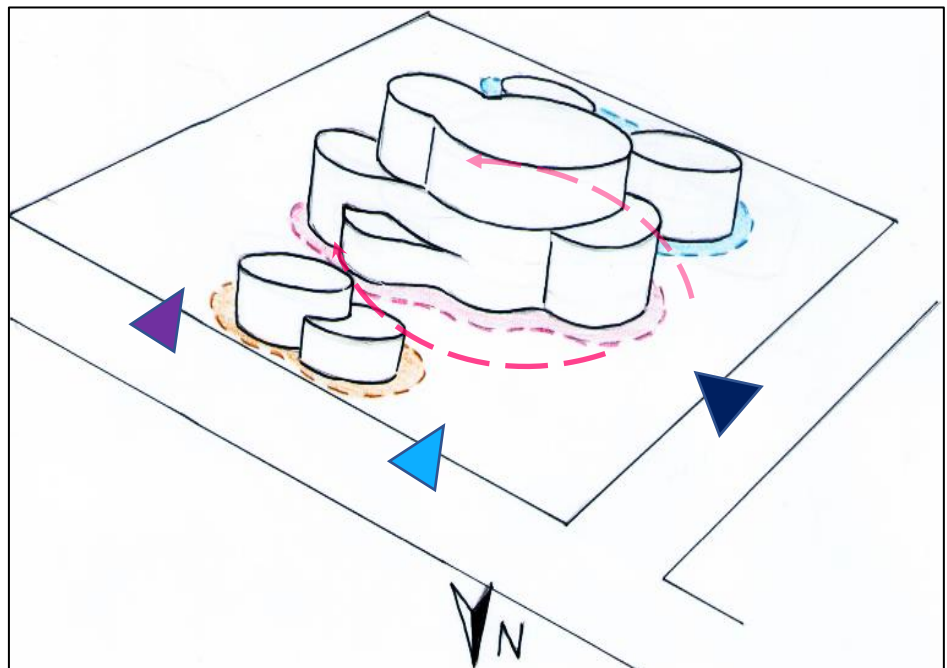


Figure 180: Les parcours d'articulation
Source: auteur.

Etape 04 :

- Traitement d'enveloppe

le traitement d'enveloppe s'appuie sur trois dimensions :

- Fonctionnelle
- Contextuelle
- Environnementale

• Marquer l'entrée et la façade principale par soustraction des volumes et pour donner une légèreté pour la masse dans la façade postérieure .

• Créer un espace d'extension extérieur de contact informel dans le deuxième bloc par une soustraction un volume.

- Traitement des couvertures fluides sur toiture pour :

- Dévier les vents.
- Minimiser la déperdition thermique.
- Continuité perceptuelle des façades et volumes.

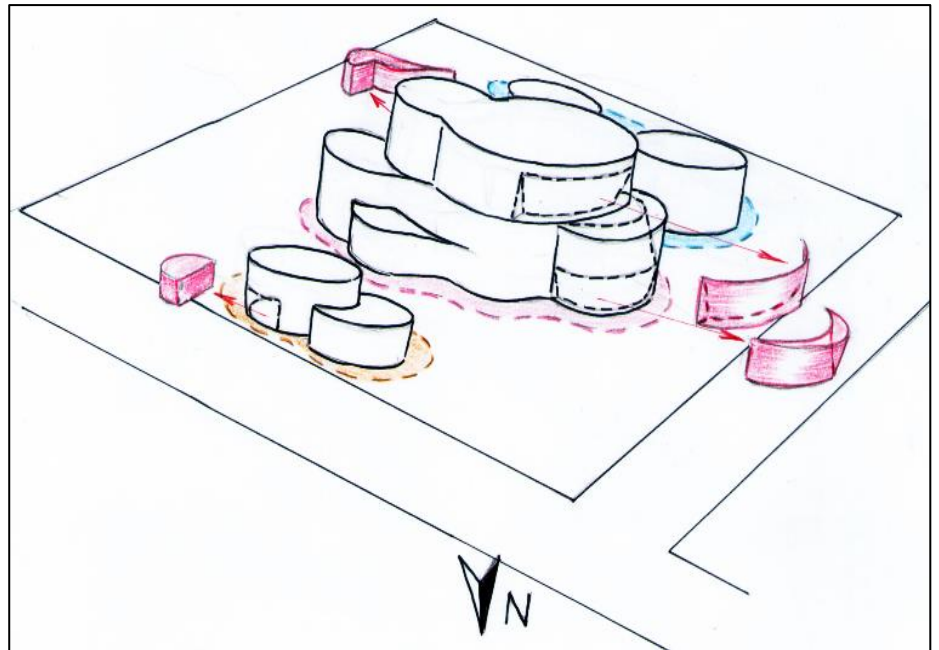


Figure 181: Traitement d'enveloppe
Source: auteur.

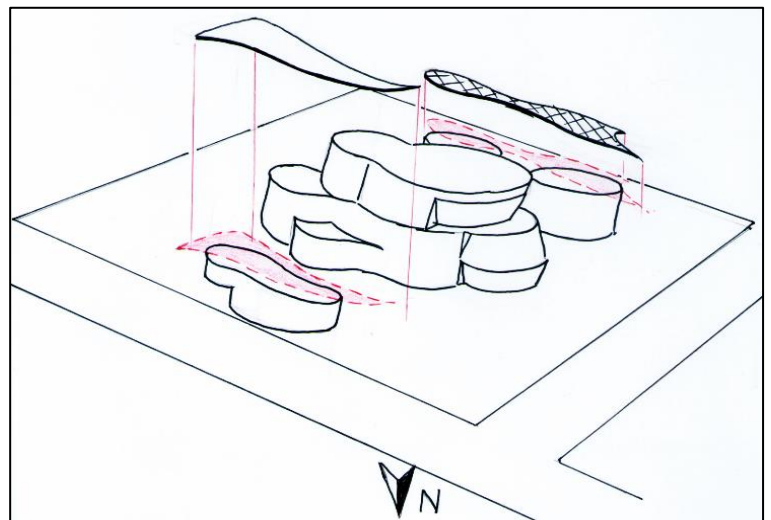


Figure 182: Traitement des couvertures
Source: auteur.

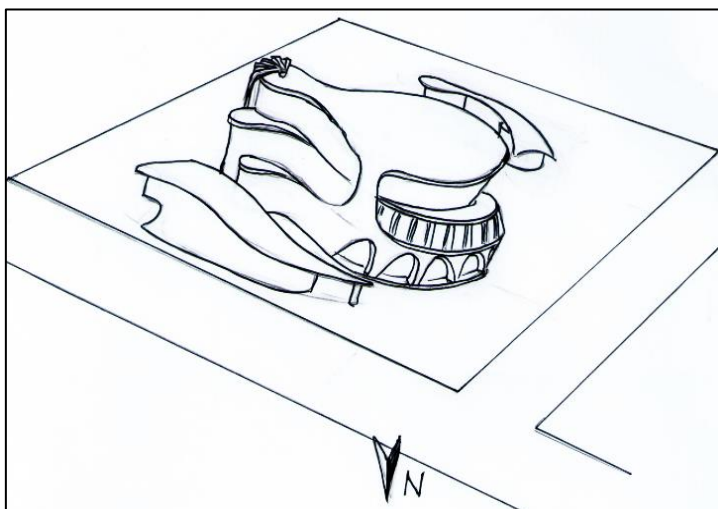


Figure 183: traitement des façades avec des éléments locaux.
Source: auteur.

-Etape 05 :

Les arcades pour marquer le volume principal.

Et créer l'équilibre entre l'horizontalité et la verticalité.

Etape 06 :

- Créer l'équilibre plein /vide pour la légèreté du volume par des paies vitrées et un atrium.
- Une couleur claire et texture lisse.

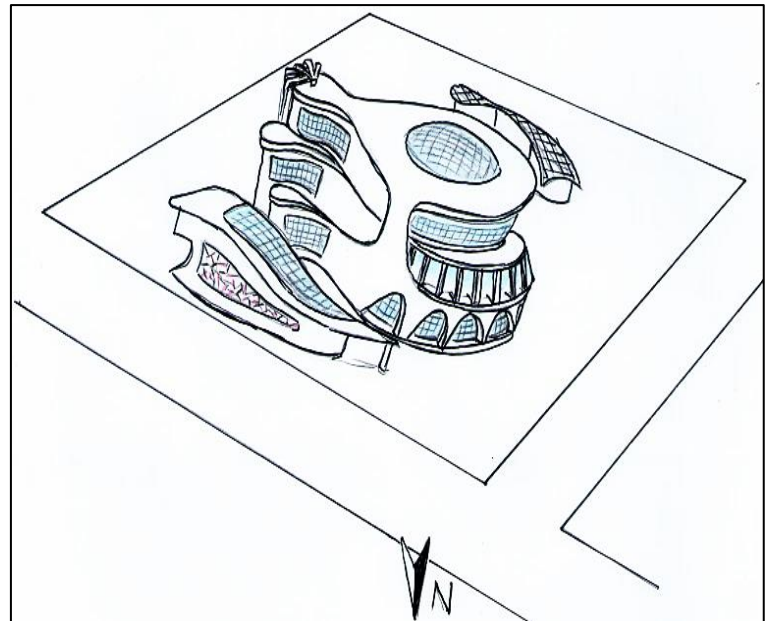


Figure 184: le résultat final
Source: auteur.

Etape 07 :

Traitement des espaces extérieurs

- L'aménagement extérieur est conçu d'une façon à faciliter le déplacement entre le projet et les espaces extérieurs

qui l'entourent (espace vert, espace de détente ...) par des parcours.

- Du point de vue climatique il contribue à créer un microclimat propre au centre.

- Et les espaces extérieurs sont composés par :

- Espace de circulation (les parcours),
- Espace d'attente, cercle des chercheurs,
- Végétation et lacs d'eaux.

Le Pourcentage d'occupation de sol :

- Espace bâti : 3651 m² (20.9%)
- Espace non bâti : 13806 m² (79.1%).

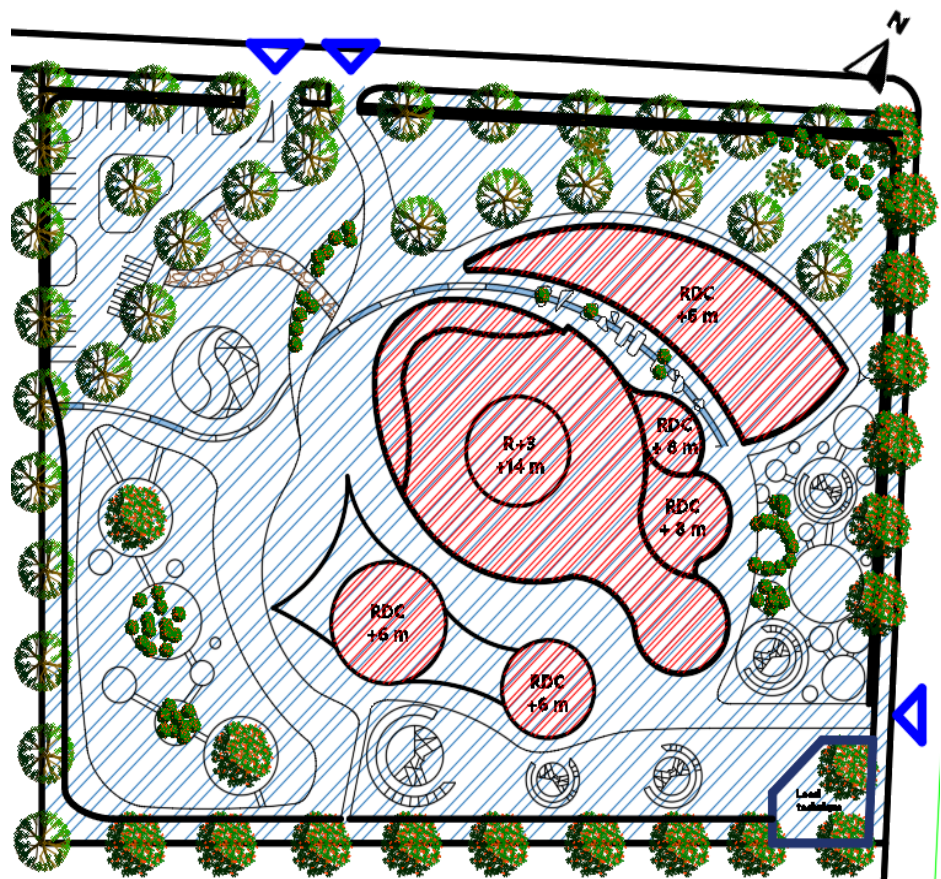


Figure 185: plan de masse.
Source: auteur.

2.2.2 Espace de végétation et plan d'eaux

- Pour la végétation on a un pourcentage de 40.9 % et les plans d'eaux 10.5 %.
- Et pour les types de végétation utilisé on a démontré dans le tableau () :



Figure 186: type des végétations.
Source: auteur.

2.2.3 Aménagement extérieur

Pour les espaces extérieurs on a réservé un pourcentage de 17 % pour les aménagements qui représentent des espaces intérieurs comme aménagement on a :



Figure 187: aménagements extérieurs.
Source: auteur.

2.2.4 Traitement des parcours :

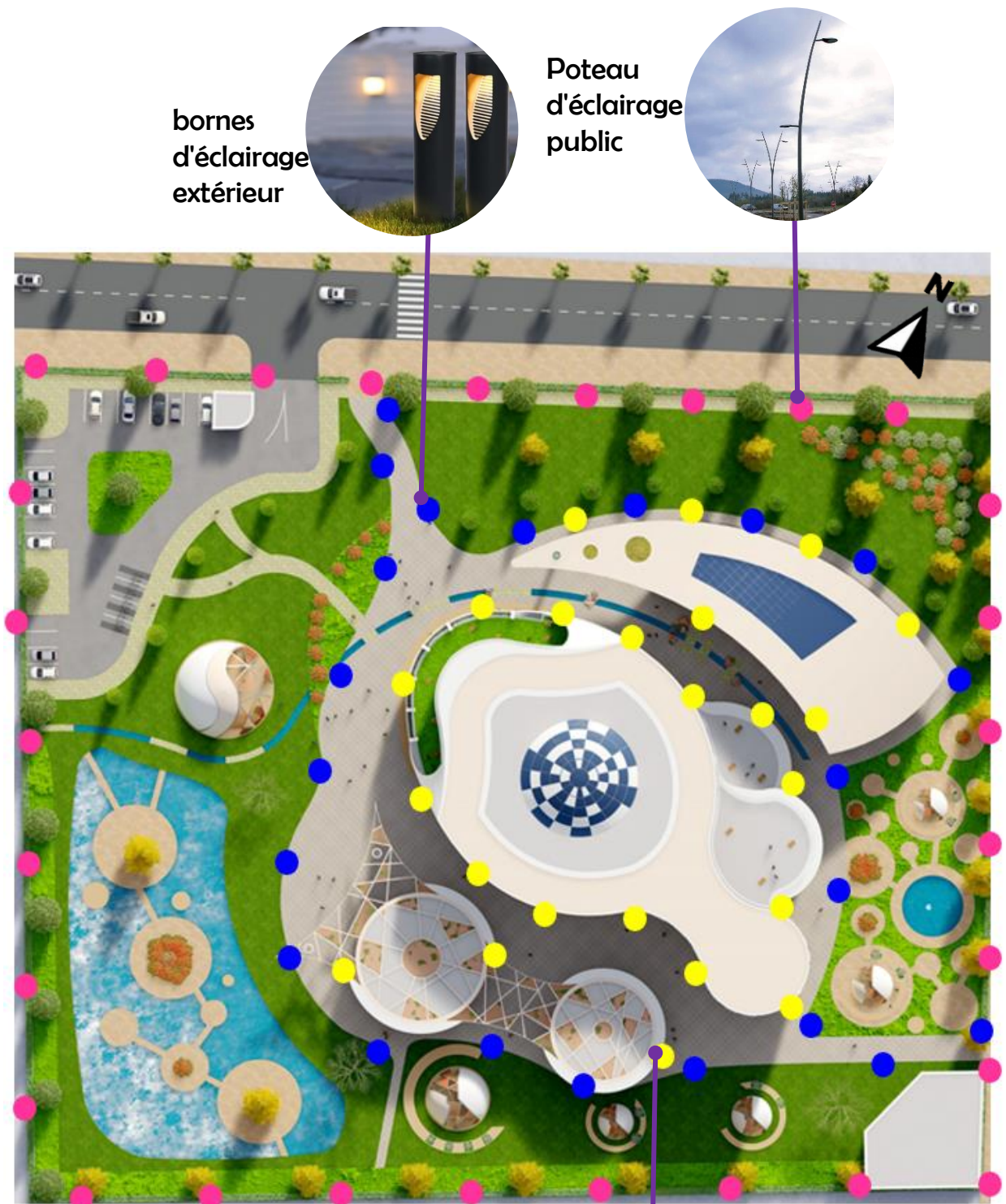
Les parcours sont traités de la manière différente pour donner à chaque parcours une fonction différente, ils présentent un pourcentage de 20 %.



Figure 188: type de traitement des parcours
Source: auteur.

(*)Dalle TTE : est un système de dalle à engazonner autoportante qui protège le gazon de manière optimale.

2.2.5 Eclairage extérieur :



bornes
d'éclairage
extérieur

Poteau
d'éclairage
public

Figure 189: type de Eclairage extérieur.
Source: auteur.

applique
extérieur
LED avec
détecteur

2.3 Plan de masse :




Le bâtiment est implanté et orienté de manière à garantir une accessibilité facile, ce qui permet impérativement un accès au projet par les deux voies mécaniques qui l'entourent. Sur le plan de masse, le bâtiment principal est intégré harmonieusement au terrain, adoptant une forme irrégulière et compacte.

Son implantation et son orientation sont favorables pour tirer parti de la climatologie du site et assurer une gestion efficace de la surface limitée disponible.



Figure 190: plan de masse.
Source: auteur.

Les espaces extérieurs sont conçus en corrélation avec la structure du bâtiment, intégrant des formes géométriques qui s'harmonisent avec l'ensemble architectural et le site environnant.

-  Accès mécanique principal.
-  Accès piéton.
-  Accès secondaire mécanique de service

2.4 Description et présentation des plans :

Toutes les entités sont organisées autour du l'atrium central.

2.4.1 Au niveau du RDC +0.45 m :

Au rez-de-chaussée, on trouve cinq entités, chacune caractérisée par son organisation interne et ses espaces contribuant à son bon fonctionnement :

L'entité d'accueil : Située du côté Ouest, elle abrite l'entrée principale. Elle est organisée de manière radiale et est connectée à l'entité de travail / coworking par un SAS, qui assure la hiérarchie des fonctions. Cette entité comprend également des ateliers, des vestiaires et des sanitaires du côté Nord-ouest, ainsi que des laboratoires du côté Sud. Sa disposition est linéaire le long du périphérique de l'Atrium.

L'Atrium : Considéré comme le cœur du projet, il sert de zone de transition vers l'entité de travail / coworking et l'entité des techniques. Son organisation interne est radiale, et il entretient une relation étroite avec l'entité de travail / coworking.

L'entité de travail / coworking : Elle comprend des laboratoires, des ateliers et une salle d'impression. Elle est fortement liée à l'entité des techniques et est connectée à l'entité d'accueil par le SAS. Cette entité assure le bon fonctionnement des espaces dédiés au travail collaboratif.

L'entité des techniques : Elle se compose de laboratoires et d'ateliers. Cette entité est en relation étroite avec l'entité de travail / coworking et bénéficie de la proximité avec l'Atrium pour favoriser les interactions et les échanges techniques.

Les espaces communs : En plus des entités spécifiques mentionnées ci-dessus, il y a également des espaces communs au rez-de-chaussée. Ces espaces sont aménagés de manière à faciliter les interactions et la collaboration entre les différentes entités, contribuant ainsi au bon fonctionnement global du projet.

L'entité de pédagogie : qui est accessible directement depuis l'extérieur, est répartie entre deux blocs indépendants qui entourent le bloc principal. Ces blocs sont conçus de manière introvertie, mettant l'accent sur les espaces internes et la fonction pédagogique.

Du côté sud, on trouve la restauration (entité d'échange) ainsi que l'auditorium. Ces espaces sont aménagés pour favoriser les interactions et les échanges entre les individus, créant ainsi un environnement propice à l'apprentissage.

Du côté nord, on trouve la salle de documentation qui est accompagnée d'une salle d'exposition. Ces espaces sont dédiés à la recherche et à la présentation de matériel pédagogique, offrant ainsi aux utilisateurs un environnement propice à l'étude et à l'exploration des connaissances.

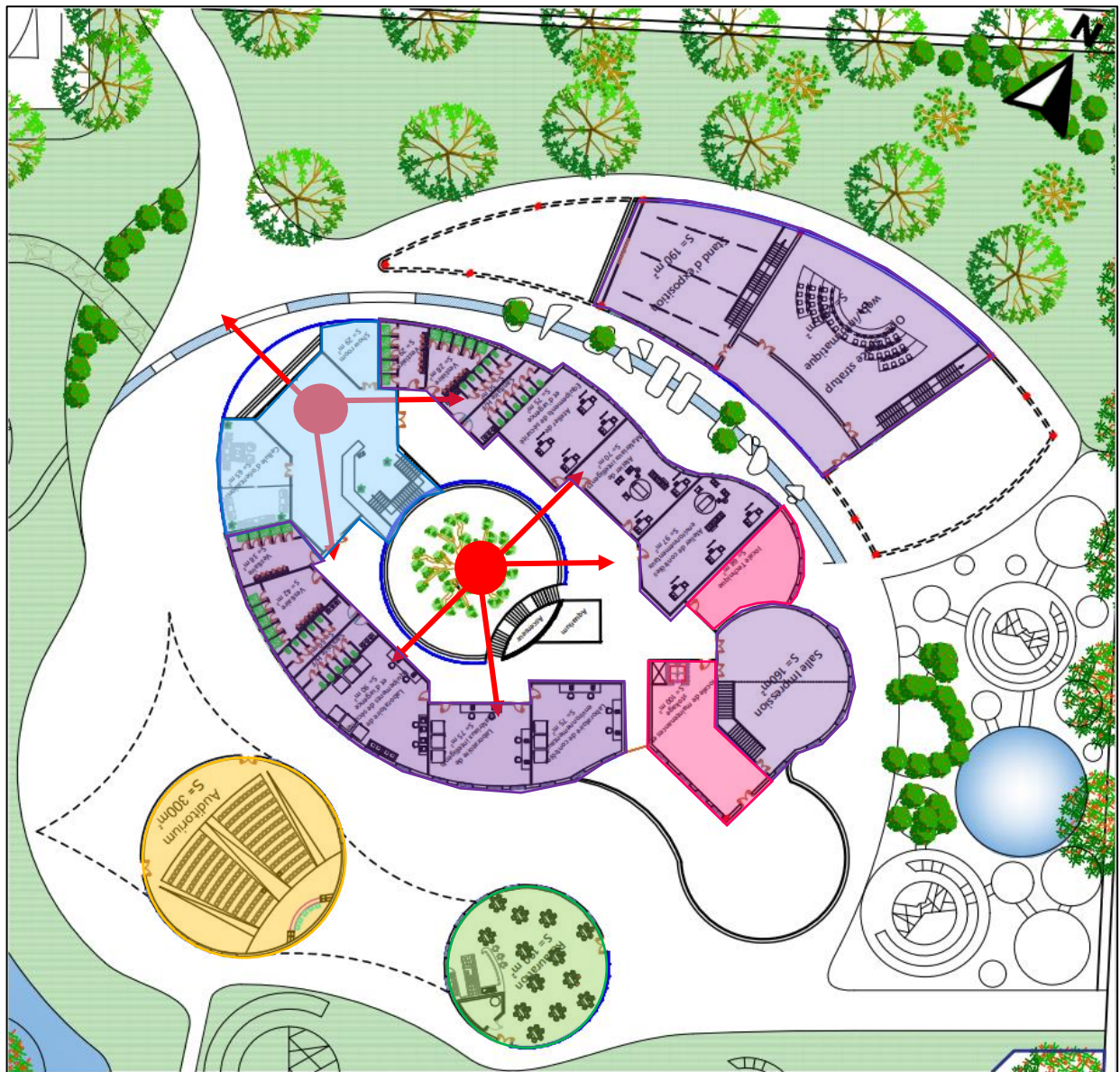


Figure 191: plan de rez-de-chaussée niveau +0.45m.
Source: auteur.

- | | |
|---|---|
| Entité accueil. | Entité technique. |
| Entité travail / Co-Working. | Entité communication/ pédagogie. |
| Entités échange. | |

2.4.2 Le premier étage +05.65 m:

Les espaces et fonctions du rez-de-chaussée sont également affectés de la même manière dans le bloc principal, avec la présence d'espaces de repos en forme de capsules. De l'autre côté de l'étage, dans le bloc 03, on retrouve une salle de documentation ainsi qu'un espace de co-working pour les start-ups, accessibles par le biais de deux escaliers.

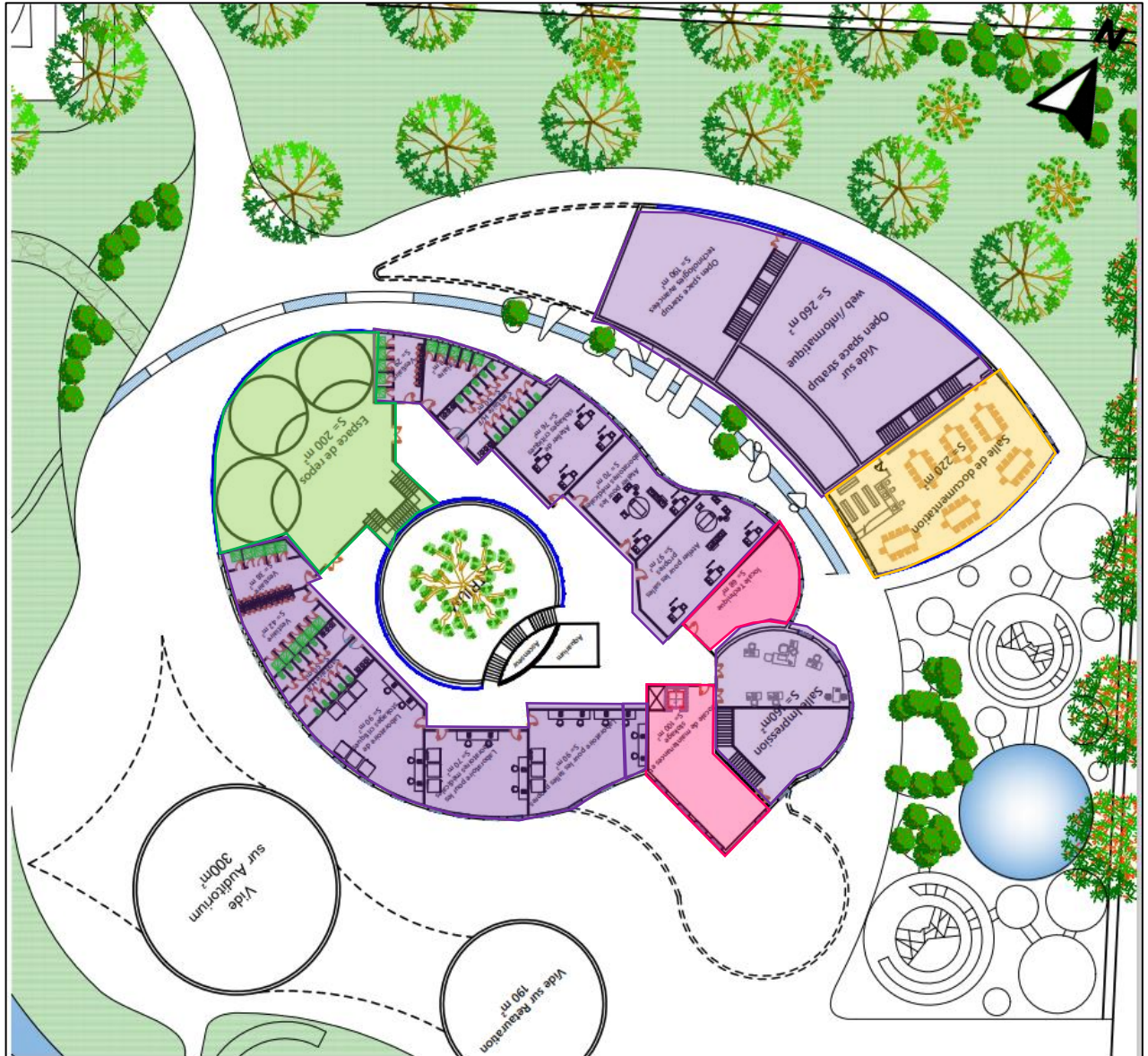
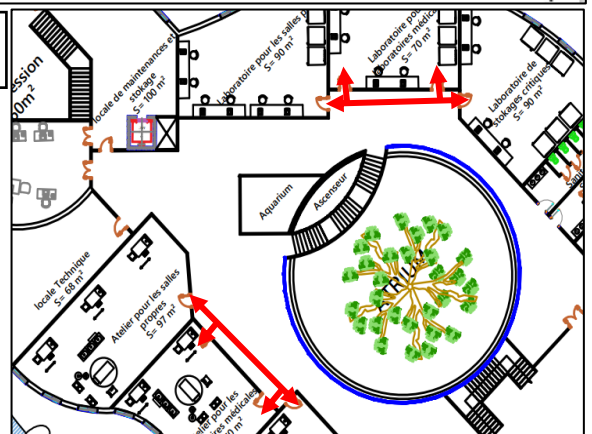


Figure 192: Le premier étage niveau +5.65m
Source: auteur.

- Entité accueil.
- Entité travail / Co-Working.
- Entités échange.
- Entité technique.
- Entité communication/ pédagogie.



2.4.3 Le deuxième étage +10.85 m:

Contient pédagogie (les salles de classes orientent nord-ouest) avec une terrasse accessible pour les chercheurs, et dans l'autre cote une salle d'informatique avec des bureaux privés orientés SUD et des box de lecture éloignés dans la partie postérieure.

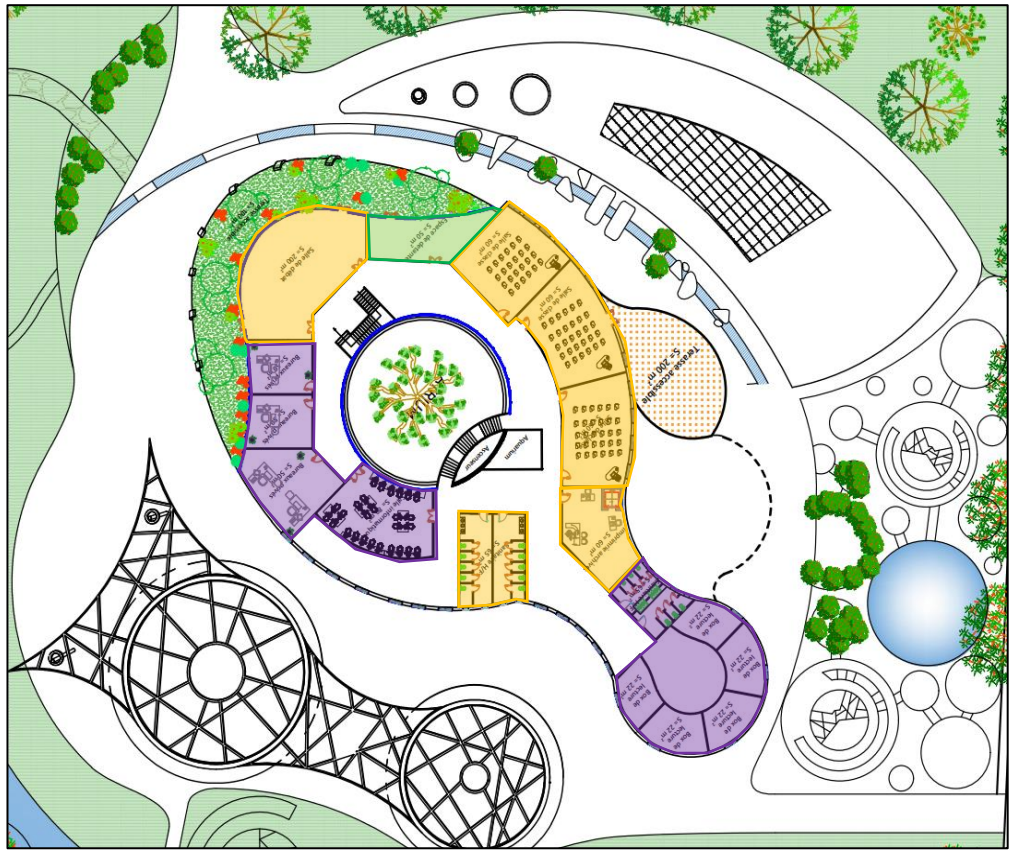
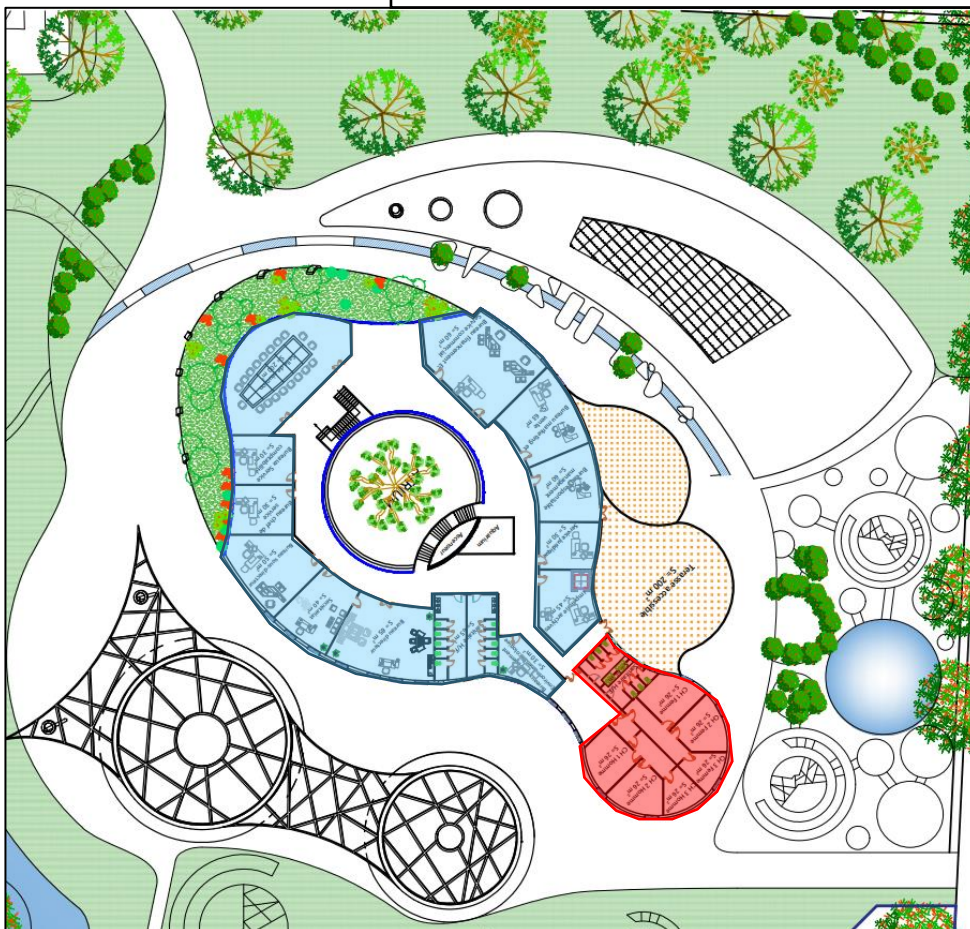


Figure 193: Le deuxième étage niveau +10.85 m
Source: auteur.



2.4.4 Le troisième étage +16.05 m :
Contient l'administration composé des bureaux qu'ont une organisation radiale avec une terrasse accessible et des espaces de repos (chambres) dans le côté Nord.

- Entité accueil.
- Entité travail / Co-Working.
- Entités échange.
- Entité technique.
- Entité communication/ pédagogie.
- Entité de gestion.
- Hébergement

Figure 194: Le troisième étage niveau +16.05 m
Source: auteur.

2.5 Les façades et les vue 3d :

Le projet est conçu en un volume compact et de forme dynamique (organique) en R+3.

Dans ce projet, les traitements appliqués aux façades sont conçus de manière à suivre la continuité de la volumétrie présente, en prenant en compte les exigences des espaces et l'orientation de chaque façade. L'objectif est de déterminer les éléments nécessaires pour chaque façade, en utilisant une variété de styles architecturaux afin de refléter la nature spécifique du projet.

L'entrée principale : Elle est située au niveau du bloc 01 au centre les arcades caractérisés par un style architecturale local avec un effet de perspective.



Figure 195: La façade principal
Source: auteur.



Figure 196: L'entrée principale
Source: auteur.

La forme générale du centre reflète la technologie et la propreté qui sont les piliers de la création de ce projet.



Figure 197: vue des espaces extérieur du projet
 Source: auteur.

- Vitrage et protection avec des brises soleil dans les deux ailes (entité pédagogique et entité gestion) dans la façade OUEST et SUD.



Figure 198: brise-soleils au niveau du façade ouest
 Source: auteur.

- Utilisation des toitures inclinées pour exprimer la fluidité et comme élément attractif dans le projet et pour faciliter l'évacuation des eaux de pluie.



Figure 199: vue de 3D du projet
Source: auteur.



Figure 200: vue de 3D du projet
Source: auteur.

- La végétation au niveau du toit et de la terrasse.



Figure 201: végétation sur terrasse
Source: auteur.



Figure 202: végétation sur terrasse
Source: auteur.

- Des façades en mouvement et en fluidité, avec un traitement d'ouvertures horizontales (les sanitaires), verticales (les ateliers et laboratoires), ronds (les box de lecture et les chambres) sur lesquelles sont posés des éléments horizontaux qu'on retrouve au niveau des différentes façades du projet.



Figure 203: façade sud
Source: auteur.



Figure 204: façade Est
Source: auteur.

- Le centre du projet est occupé par un atrium qui présente un traitement dynamique en hauteur, offrant les avantages suivants :
 - Du point de vue climatique, il crée un microclimat favorisant l'optimisation thermique.
 - D'un point de vue formel, il allège la masse globale de la structure.
 - Il permet de profiter de l'éclairage naturel pour bien illuminer le cœur du projet.
 - L'atrium est aménagé avec un jardin et des espaces d'attente intérieurs, assurant ainsi une bonne qualité de l'air.
 - Il apporte une touche esthétique à l'ensemble.



Figure 205: vue de 3D du projet
Source: auteur.



Figure 206: vue de 3D du projet
Source: auteur.

- Aménagement des plans d'eau à l'extérieur (beaucoup plus du côté sud) ce qui humidifie l'air ambiant et donne une certaine fraîcheur et minimiser l'effet des vents de sable et donne une vue esthétique pour le projet.



Figure 207: façade sud-ouest
Source: auteur.



Figure 208: façade nord
Source: auteur.



Figure 209: façade Est
Source: auteur.



Figure 210: façade Est
Source: auteur.



Figure 211: façade ouest
Source: auteur.



Figure 212: façade ouest
Source: auteur.



Figure 213: vue de 3D du projet
Source: auteur.



Figure 214: vue de 3D du projet
Source: auteur.

2.6 L'effet aérodynamique :

Par sa forme étirée en horizontalité, avec des volumes d'orientations différentes, et une architecture fluide offrant moins de prises de vents et une perméabilité horizontale. Ce phénomène d'écoulement d'air sur la surface des volumes du projet permet de minimiser la formation de tourbillons d'air au contact des surfaces, d'éliminer les effets de coin, de diminuer les ponts thermiques, et les déperditions thermiques.



Figure 216: L'effet aérodynamique
Source: auteur.

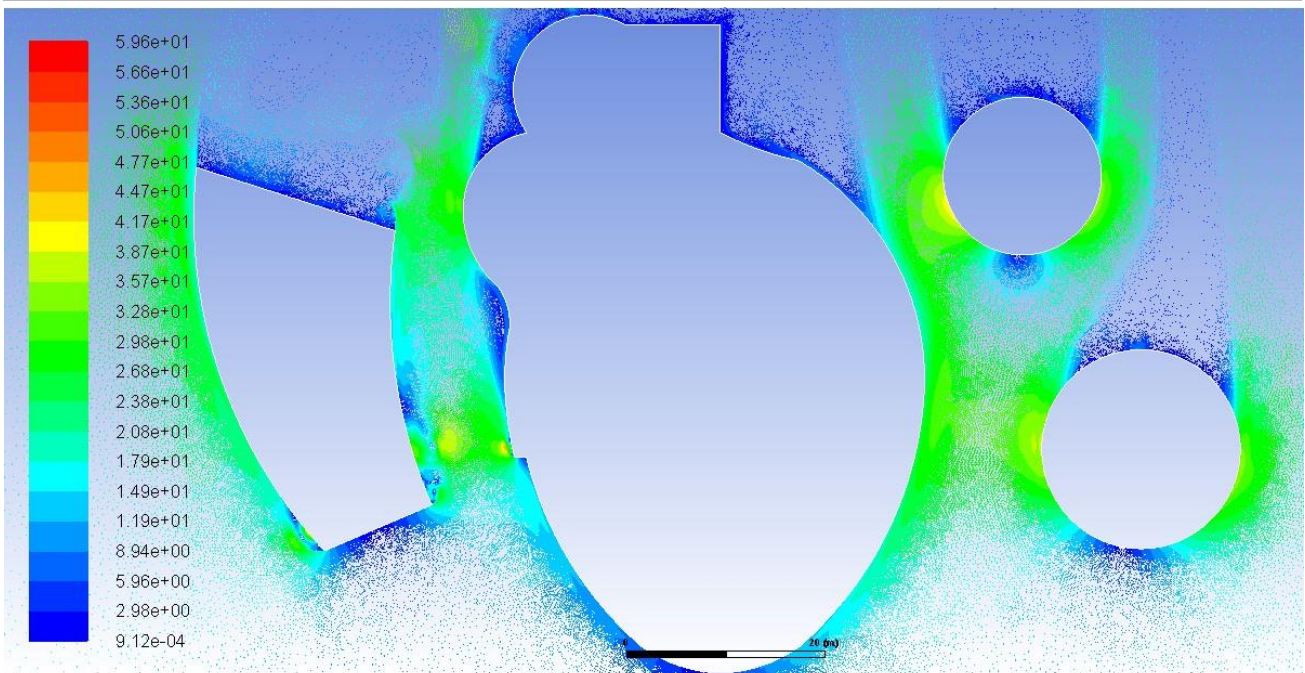
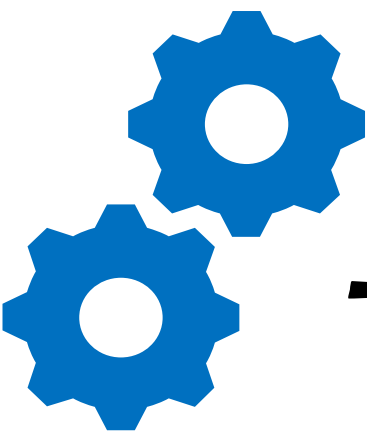


Figure 215: L'effet aérodynamique par logiciel ansys.17.2
Source: auteur.

Chapitre 06:



ÉTUDE TECHNIQUE

Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons la coordination nécessaire entre la structure, la forme et la fonction lors de la conception architecturale, en veillant à assurer la stabilité de l'ouvrage pour ses utilisateurs. Nous présentons les divers systèmes structuraux utilisés dans le projet, les différents modes de construction ainsi que les matériaux choisis pour sa réalisation. De plus, nous examinons les systèmes actifs et passifs qui visent à réduire la consommation d'énergie et à garantir le confort des utilisateurs dans notre projet.

1 Système constructif :

Le choix du système structurel pour les incubateurs repose sur des critères rigoureux de résistance et de durabilité afin de garantir l'immuabilité, la solidité et la stabilité de la construction. Par conséquent, nous avons opté pour deux types de structures : une structure métallique et une structure tridimensionnelle.

- Ce choix s'est porté sur « **les structures métalliques** » pour les raisons suivantes :
 - Le coût d'une construction à structure métallique revient de 10 à 30 % moins cher que les constructions en béton armé ;
 - La rapidité de la construction d'une structure métallique ;
 - La structure métallique est durable dans le temps.
 - La structure métallique est légère et s'adapte à toutes les formes architecturales.

- **Structure tridimensionnelle :**

une structure dont les éléments, travaillant dans les trois directions de l'espace (structure spatiale, en résille), ne sont pas réductibles à un système de forces inscrites dans un plan vertical, au contraire des structures en portique ou en arc.

1.1 Gros œuvres

1.1.1 Infrastructure

Le choix du système de fondation dépend de la résistance du sol et du résultat de calcul des descentes de charges, elles permettent l'ancrage de la structure au sol, de limiter les tassements différentiels et les déplacements horizontaux.

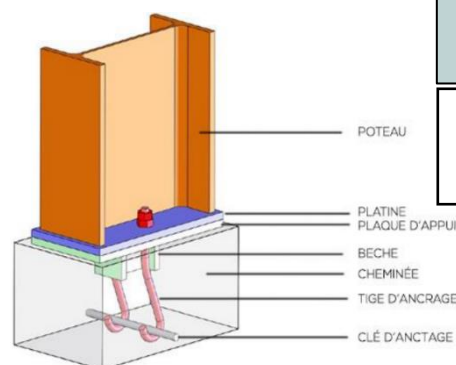


Figure 218: ancrage du pied de poteau métallique dans la fondation.
Source : ctb-composants-systemes.fr

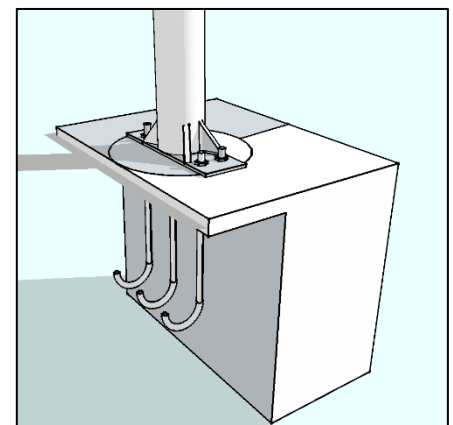


Figure 217: liaison entre les tiges et la platine.
Source : auteur

Ancrage des poteaux :

Les poteaux sont soutenus par le sol grâce à des massifs en béton, auxquels ils sont fixés à l'aide de boulons. Les poteaux seront connectés entre eux par une platine utilisant des tiges filetées.

1.1.2 Superstructure

1.1.2.1 Poteaux

Nous avons opté pour l'utilisation de poteaux tubulaires ronds creux de diamètre 300 mm afin de mieux s'adapter à la forme du projet.

- | | |
|---|---|
|  Poteau en acier |  Emballage par une feuille d'aluminium |
|  Couche CBC anti humidité |  Plenum de retour d'air |
|  Fibres céramiques contre feux |  Habillage en aluminium |

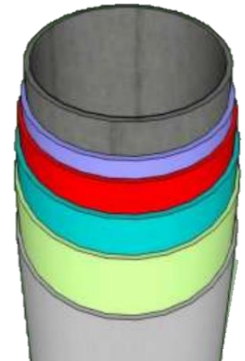


Figure 219: revêtement d'un poteau tubulaire.

Source: mémoire master the green Learning Center à Tizi-Ouzou M681

1.1.2.2 Poutres

Poutre cellulaire (alvéolaire)

En raison de grande portée dans notre projet et pour permettre le passage d'installations des techniques, tout en allégeant notre structure au maximum, notre choix s'est porté sur les poutres alvéolaires.

L'utilisation des poutres cellulaires permet une nouvelle expression architecturale. L'aspect aérien des poutrelles cellulaires, allié à leur forte résistance, ne cesse d'inspirer aux architectes des formes structurelles toujours renouvelées.



Figure 220: Poutre cellulaire
Source: www.archiexpo.fr



Figure 221: Poutre à treillis
 Source: The green Learning Center à Tizi-Ouzou M681

Poutre à treillis :

La plus utilisée dans le domaine de l'architecture et de l'ingénierie elle permet de franchir sans difficulté de grande portée tout en facilitant le passage des gaines techniques.

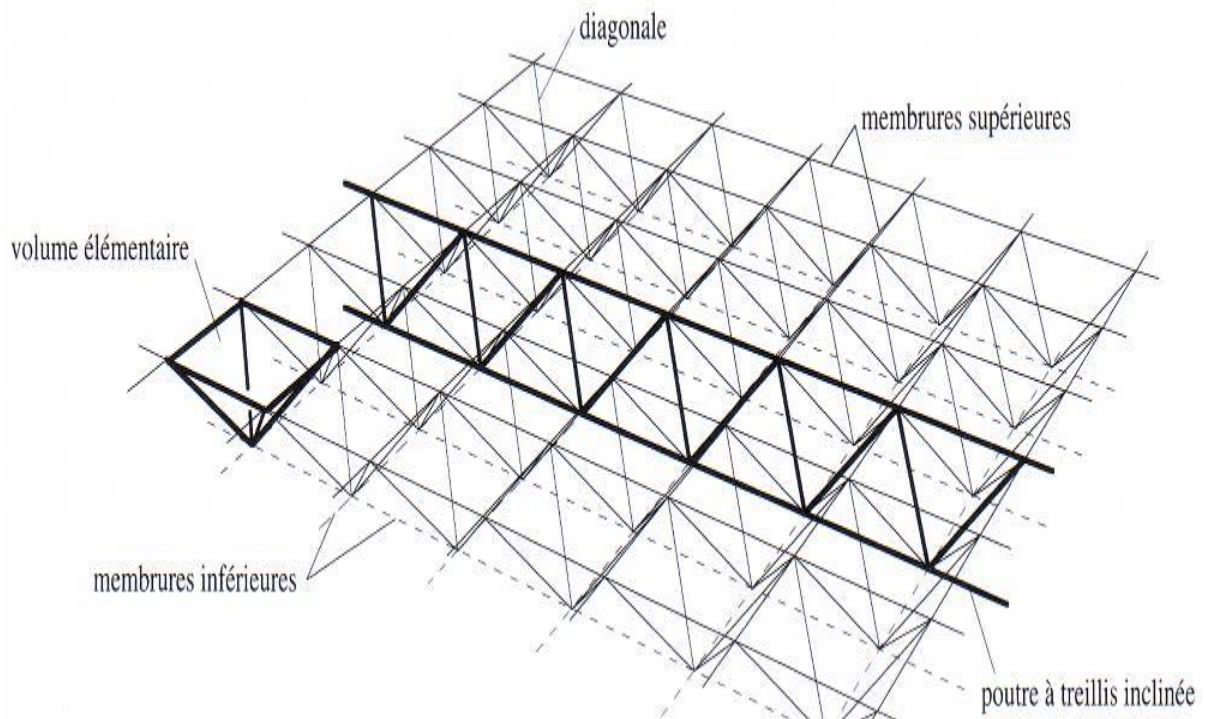
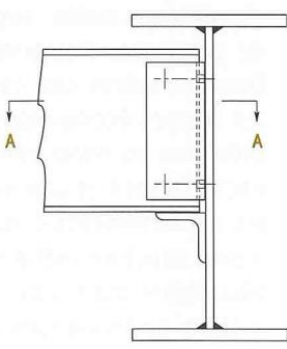
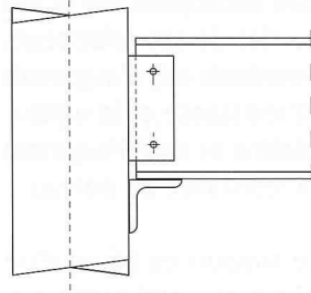
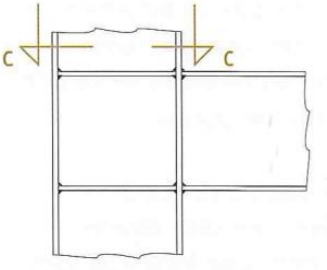
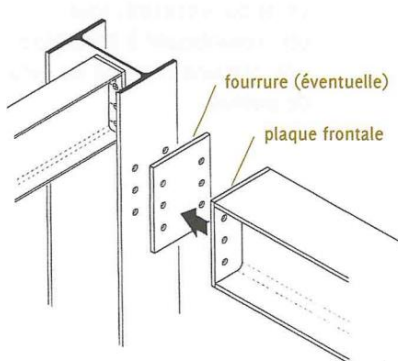


Figure 222: double nappe tridimensionnelle.
 Source: www.construiracier.fr

| Assemblage poteau/poutre | Liaison travers/poteau | |
|--|---|---|
|  <p data-bbox="207 1131 335 1164">coupe A-A</p> <p data-bbox="231 1209 598 1243">Articulation poteau/poutre</p> |  <p data-bbox="646 660 1029 795">Assemblage peu sollicité : gousset soudé longitudinalement au milieu de la face</p> |  <p data-bbox="1189 907 1300 940">coupe C-C</p> <p data-bbox="1061 929 1316 1041">Encastrement poteau/poutre par soudure</p>  <p data-bbox="845 884 1021 974">fourrure (éventuelle) plaque frontale</p> <p data-bbox="646 1187 1005 1288">Encastrement poteau/poutre par platine et boulons</p> |

1.1.2.3 Plancher Mixte (COLLABORANT):

Cette technologie porte également le nom de plancher collaborant du fait de la « collaboration » entre les deux matériaux façonnant le plancher visant à faire face aux tensions générées par les charges.

Une tôle bac en acier est placée dans la zone tendue des planchers et collabore avec le béton par l'intermédiaire de connecteurs (plots) pour reprendre les efforts de traction Utilisable pour des portées allant jusqu'à à 18 mètres.

Ses avantages :

- Ce plancher est surtout utilisé pour les constructions métalliques.
- Rapidité de pose, - Réception de tout revêtement de sol ou d'étanchéité.
- Passage de gaine.

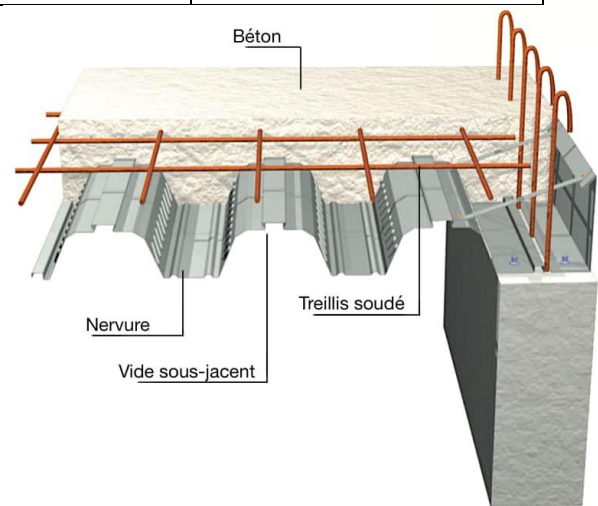


Figure 223: Plancher Mixte.
Source : cours structure M1. UATL.

1.1.2.4 La toiture :

La toiture possède une géométrie non régulière, de forme organique, tout en courbes et contre-courbes.

- Une double nappe tridimensionnelle comporte aussi deux plans de membrures dont les croisements sont reliés par des treillis, mais les nœuds supérieurs ne sont plus à la verticale des nœuds inférieurs comme dans la double nappe bidimensionnelle. Les liaisons par éléments inclinés (non verticaux) augmentent la rigidité de l'ensemble.



1.1.2.5 Les circulations verticales :

Figure 224:les toitures.
Source : auteur.

Les escaliers : Les escaliers de notre projet sont en béton armé et ils sont chaînés aux éléments qui les portent.

Les ascenseurs : sont dessinés pour les établissements recevant le grand public. (Leurs poids sont de 630Kg, 8 personnes, cabinet 1200X1400mm, vitesse 1m/s).

Les montes charge : On a choisi des monte-charges hydrauliques qui peuvent atteindre une charge de 1000 kg et une vitesse moyenne de 0.32m / s.

1.1.2.6 Les joints :

Afin d'assurer une régularité des masses et des rigidités, les joints sont disposés au niveau de l'ouvrage, ces derniers peuvent jouer le rôle des éléments résistants aux charges horizontales tel que les vents.

L'ensemble du projet est traversé par trois types de joints :

- **Les joints de rupture :** dans le but de réduire au maximum les dégâts dus aux effondrements accidentels, ou aux tassements différentiels, utilisés dans les changements de direction des différentes trames et dans le cas de différence de charge.
- **Les joints de dilatation :** utilisés pour remédier aux effets de la température dans les bâtiments de grande longueur, chaque 25 à 30 mètres.
- **Le couvre-joint :** est un élément qui permet de cacher les jointures et de rendre l'ensemble plus esthétique. Son usage permet également d'augmenter la résistance et la tenue de l'ensemble d'un ouvrage.

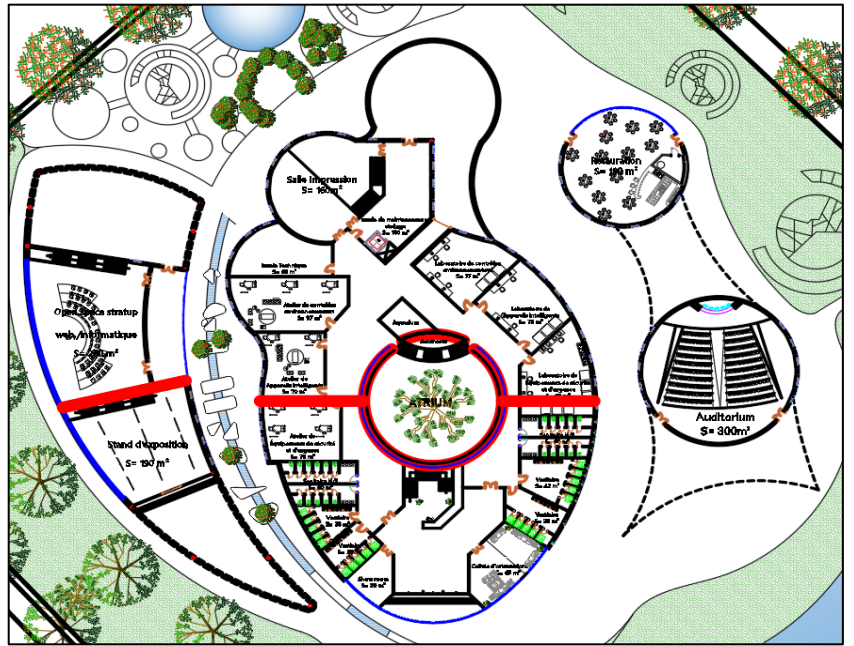


Figure 225: les joints
Source : auteur.

1.1.3 Choix de matériaux de construction des murs extérieurs :

1.1.3.1 Les murs sont en maçonnerie :

À l'intérieur et À l'extérieur en double parois (**BLOC DE CIMENT AVEC LIEGE RECYCLE**) :

Choix de ce matériau :

- En Algérie, les forêts de chêne liège couvrent une surface totale de 480 000 ha, la surface exploitée (Nord-Est de l'Algérie) est estimée à 200 000 ha. L'industrie de transformation du liège est assurée par 7 unités implantées à travers les wilayas d'Alger, Bejaia, Jijel, Skikda et Annaba.



Figure 226: Bloc de ciment avec liège recycle
Source: article produit isolant dans le bâtiment

Les caractéristiques physiques de BLOC DE CIMENT AVEC LIEGE RECYCLE :

1. **Légèreté :** Les blocs sont légers, ce qui les rend faciles à manipuler et à installer.
2. **Résistance à la compression :** Les blocs ont une grande résistance à la compression, ce qui leur permet de supporter des charges élevées sans se déformer ou s'effondrer.



*Figure 227: Bloc de ciment avec liège recycle
Source: article produit isolant dans le bâtiment*



3. **Élasticité :** Le liège est un matériau élastique, ce qui signifie qu'il peut se déformer sans se casser. Cette propriété permet aux blocs de résister aux impacts et aux vibrations.

4. **Isolation thermique :** Les blocs de liège offrent une isolation thermique élevée, ce qui aide à réguler la température intérieure des bâtiments.

5. **Isolation acoustique :** Les blocs ont également des propriétés acoustiques élevées, ce qui signifie qu'ils peuvent aider à réduire le bruit extérieur.
6. **Résistance à l'eau :** Les blocs sont résistants à l'eau, ce qui les rend appropriés pour une utilisation dans des environnements humides tels que les salles de bains, cuisines, etc.
7. **Facilité d'installation :** Les blocs sont coupés facilement et rapidement ce qui facilite grandement leur installation.

8. Respectueux de l'environnement : Les blocs sont fabriqués à partir de matériaux recyclés, en particulier du liège, qui est une ressource renouvelable et biodégradable.

| Chape Caractéristique | Chape en béton de granulats isolants | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Masse volumique (kg/m ³) | 500 | 900 | 853 | 648 | 871 | 663 |
| Conductivité thermique utile (W/m°C) | 0,14 | 0,33 | 0,34 | 0,19 | 0,27 | 0,2 |
| Gonflement à 28 jours (mm/ml) | 1,35 | - | 0,24 | 0,29 | 0,25 | 0,34 |
| Résistance à la compression (Mpa) | 2,2 | 2,7 | 6,91 | 1,24 | 3,74 | 1,21 |

Les Caractéristiques physiques de matériau utilisé.

Figure 228: Les Caractéristiques physiques de matériau utilisé
Source: article produit isolant dans le bâtiment

Les domaines d'application le BLOC DE CIMENT EN LIEGE RECYCLE :

1. Cloisons intérieures et extérieures : Les blocs de liège peuvent également être utilisés pour construire des cloisons intérieures et extérieures, offrant une bonne isolation acoustique et thermique.

2. Plafonds : Les blocs de liège sont également utilisés pour les plafonds avec des panneaux isolants pour une meilleure insonorisation et isolation thermique.

3. Revêtements de sol : Le liège pourrait également être utilisé comme revêtement de sol, car il possède des propriétés d'isolation phonique et thermique et grâce à sa légèreté.

4. Isolation contre le froid et la chaleur : Les blocs de liège recyclé sont également idéaux comme matériau d'isolation thermique des murs, des sols et des plafonds.

1.1.3.2 TRIPLE VITRAGE AVEC GAZ D'ARGON:

Nous avons adopté ce système de vitrage dans les baies vitrées. se compose de 3 couches de verre (4 voire 6 mm) entre lesquelles deux lames de gaz (argon ou krypton ,12 ou 16mm) jouent le rôle d'isolant. En utilisant du gaz d'argon entre les vitres, le triple vitrage améliore l'efficacité énergétique de la fenêtre en réduisant les transferts de chaleur à travers celle-ci. Cela permet de maintenir une température plus stable à l'intérieur de la pièce, réduisant ainsi les besoins de chauffage ou de climatisation et contribuant à économiser de l'énergie.

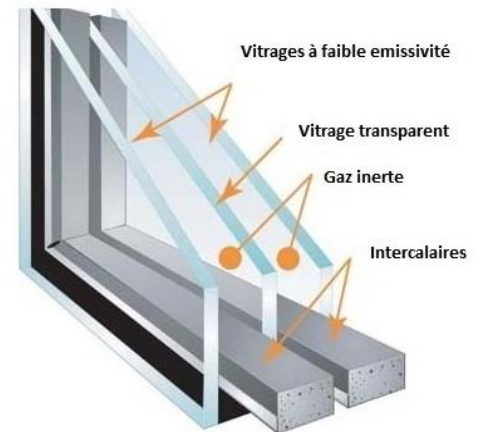


Figure 228: triple vitrage avec gaz d'argon.



1.1.3.3 Double peau ventilée

Figure 228: façade principale.
Source :auteur

Le mode de ventilation de la Façade s'adapte aux conditions climatiques :

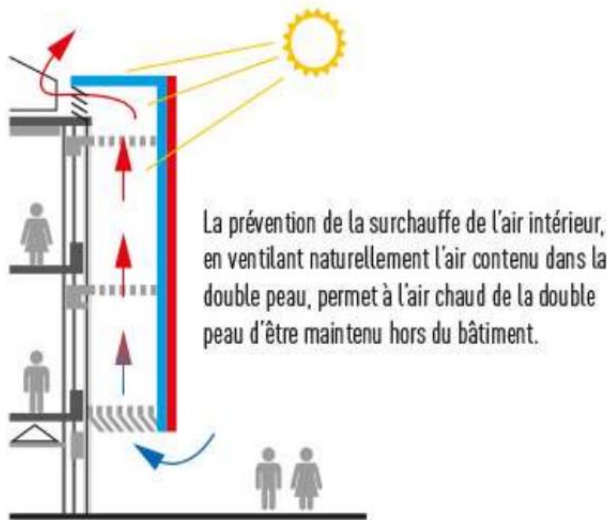
HIVER:

La double peau étant fermée, nous utilisons le rayonnement solaire afin de réchauffer l'air intérieur de la double peau et d'emmagasiner un maximum de chaleur solaire.

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.

FAÇADE DOUBLE PEAU EN ÉTÉ



FAÇADE DOUBLE PEAU EN HIVER

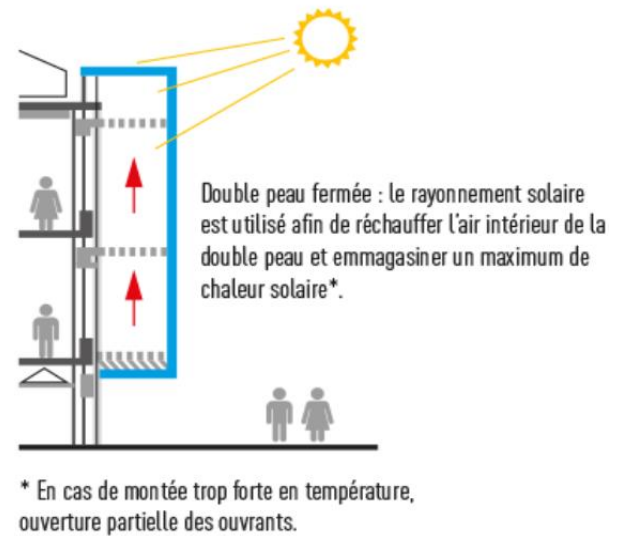


Figure 228: fonctionnement de la façade double peau ventilée.

La façade double-peau possède en outre de nombreux avantages :

- Protection contre les contraintes météorologiques (froid, vent ...).
- Stockage de la chaleur par effet de serre à l'intérieur de la double peau.
- Évite les surchauffes d'été en limitant l'action du rayonnement direct du soleil.
- Supprime l'effet de paroi froide en hiver.
- Isolation phonique.
- Économie d'énergie en limitant le recours à la climatisation et au chauffage.
- Préchauffage des amenées d'air.
- Utilisation de l'éclairage naturel.

1.1.4 Choix de matériaux de construction des cloisons intérieures :

En plus de leur fonction évidente qui est le cloisonnement, dont la délimitation physique de l'espace, les cloisons ont d'autres rôles :

- Isolation acoustique et thermique.
- Séparation visuelle (totale ou partielle).
- Support d'équipements techniques.

1.1.4.1 Cloisons fixes :

Avec le BLOC EN LIEGE RECYCLE utilisé comme séparation entre la plupart des espaces du projet :les salles de classes, les laboratoires...etc.

1.1.4.2 Cloisons amovibles

Afin de permettre une grande flexibilité dans l'aménagement des espaces, nous avons choisi d'utiliser des cloisons amovibles. Cela s'applique aux ateliers, aux espaces de documentation et aux zones de travail en groupe.

Ces cloisons peuvent être pleines, vitrées ou semi-vitrées et sont fixées au plafond, au sol et éventuellement aux murs à l'aide d'un cadre en aluminium.



Les murs mobiles sont composés de panneaux suspendus à un rail fixé au plafond. Ils peuvent être détachés les uns des autres, coulisser et pivoter pour se rapprocher les uns des autres le long d'un mur ou dans une zone de transition.

1.1.5 Revêtements du sol intérieur :

1.1.5.1 Les dalles cinétiques de l'énergie en marchant :

C'est une dalle (« Pavegen ») qui est capable de produire de l'électricité à chaque fois qu'une personne marche dessus. Faites de caoutchouc, les dalles sont fabriquées à partir de pneus de camion recyclés et se basent sur le caractère piézoélectrique de certains matériaux pour produire de l'électricité. ces dalles transforment chaque pas frappant le sol en watts, de 4 à 7 selon le poids de l'individu. Cette électricité sera stockée dans les batteries pour l'utilisation ultérieure.



Figure 229 : Les dalles cinétiques de l'énergie en marchant.
Source: www.neozone.org.fr

Avantages :

- Utilise l'énergie des pas dans les lieux très fréquentés.
- Ce système peut être développé dans différents lieux : terrains de football, couloirs de métro, trottoir et peuvent fournir l'énergie nécessaire pour éclairer des infrastructures publiques et permettre aux passants de recharger leur smartphone.

1.1.5.2 Revêtement en parquet :

- Pour l'espace de repos et de détente.

1.1.5.3 Le marbre :

- Pour les corniches, les bordures, les escaliers et les terrasses.

1.1.5.4 La pierre :

- Il utiliser dans les espaces extérieurs du projet, ce qui présente plusieurs avantages, notamment sa capacité à ne pas refléter la lumière.

1.1.6 Les couleurs :

On a utilisé des couleurs claires pour réduire les effets du rayonnement solaire : blanc, beige et gris, le blanc pour minimiser l'absorption des rayons solaires, le beige et l'ocre des couleurs inspirées de la typologie architecturale de la ville de Laghouat.

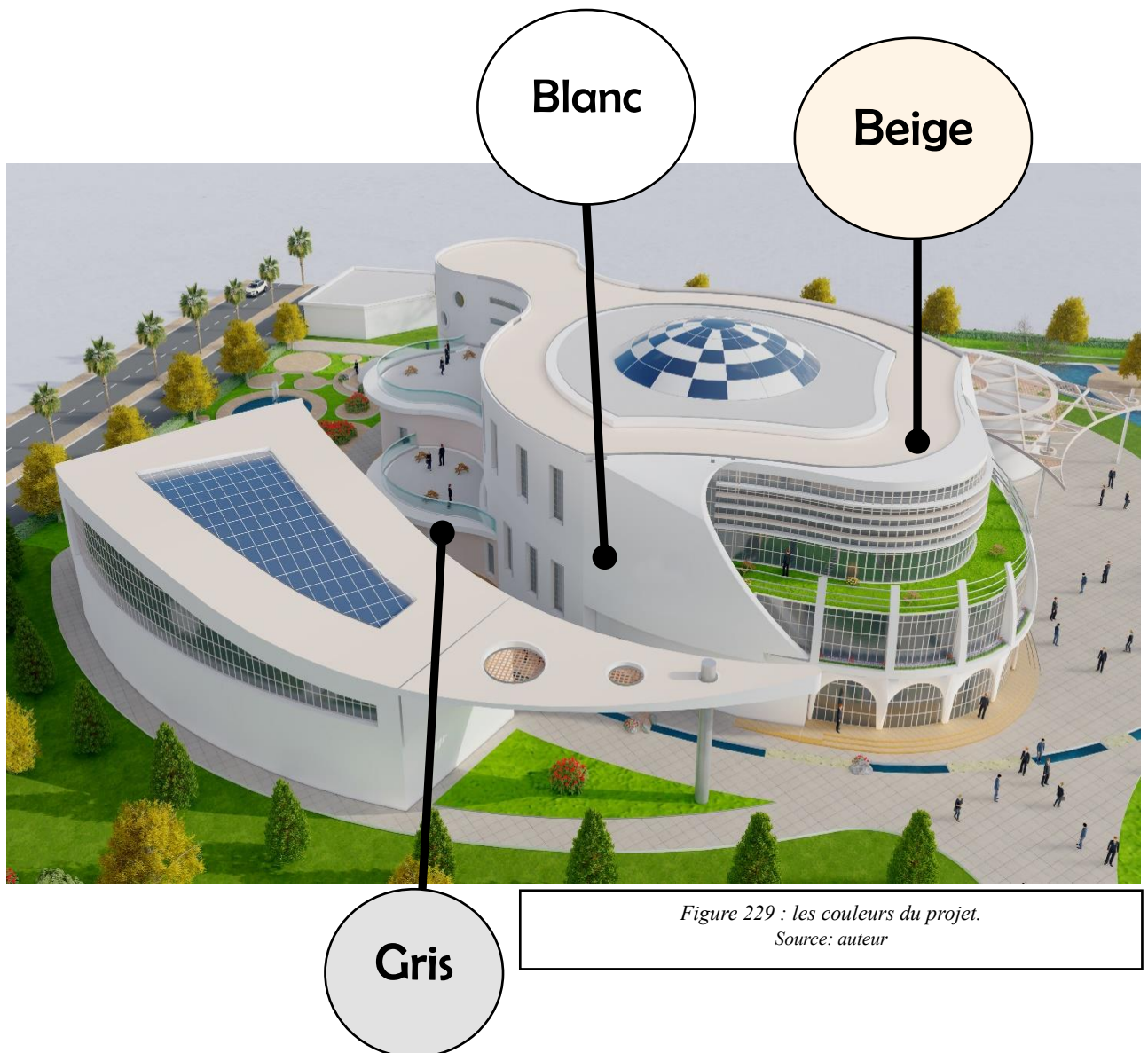


Figure 229 : les couleurs du projet.
Source: auteur

1.2 Confort thermique :

1.2.1 Techniques passives :

1.2.1.1 Ventilation :

- Rafraîchissement passif par ventilation naturel :

La ventilation naturelle est le moyen de ventiler le plus élémentaire, basée sur le simple fait que l'air chaud monte pour être évacué automatiquement par des ouvertures disposées à des endroits stratégiques.

- Ventilation transversale :

Afin de tirer parti des vents dominants du nord-ouest, nous avons mis en place un système de ventilation dans l'ensemble du projet. Ce système fonctionne en créant une circulation d'air à travers deux faces de chaque bâtiment, allant de la surpression vers la dépression. Il permet d'introduire de l'air frais à l'intérieur du bâtiment, de le distribuer efficacement, puis de l'évacuer vers l'extérieur. Cette approche vise à réduire la consommation électrique liée à la climatisation, tout en assurant un rafraîchissement des espaces de manière aussi naturelle que possible.

- Le fonctionnement de l'Atrium en été :

Pendant la saison estivale, nous pouvons exploiter l'effet de cheminée pour créer un mouvement d'air traversant de l'extérieur vers l'atrium. Cet effet permet de maintenir une circulation thermique pendant la nuit afin de refroidir les structures situées dans l'atrium lors de fortes chaleurs. Pour établir une ventilation efficace, il est essentiel d'avoir des ouvrants au niveau du sol et de la toiture, afin de bénéficier de l'effet de cheminée. Des ouvertures protégées telles que des grilles seront aménagées dans la partie inférieure de l'atrium, par exemple au niveau des impostes des portes d'entrée.

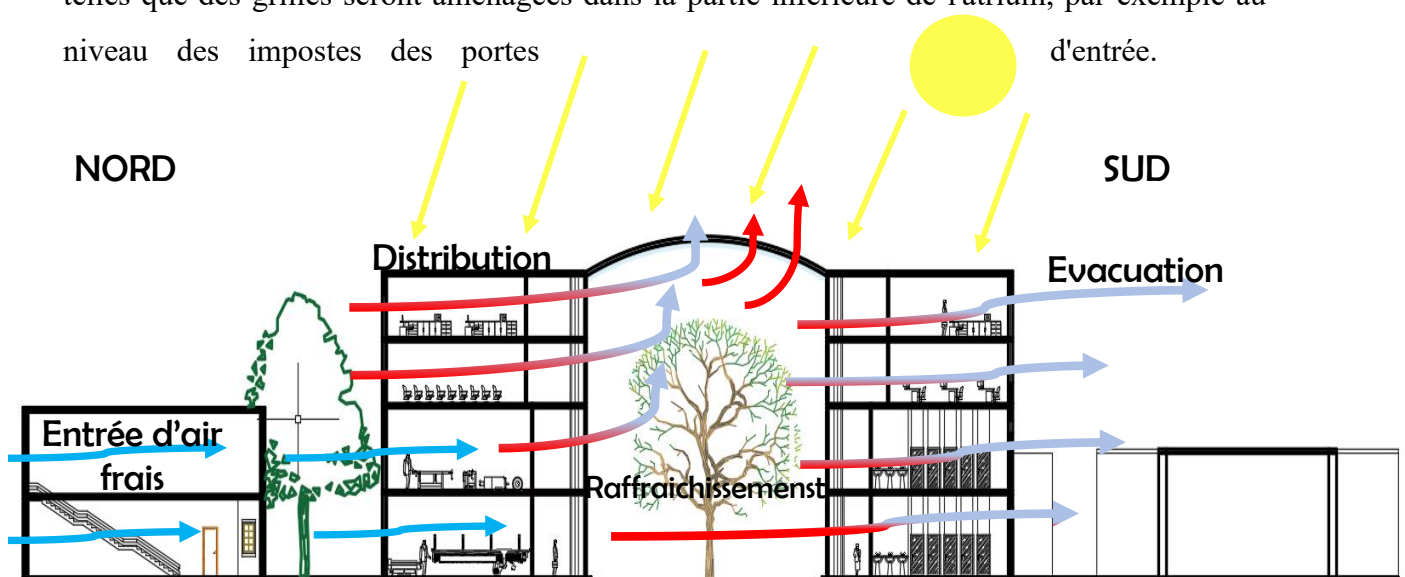


Figure 230: Coupe schématique représentant la Stratégie d'été basée sur le rafraîchissement passif par la ventilation naturelle.

Source: auteur

Pendant la saison hivernale, l'air à l'intérieur de l'atrium est significativement plus chaud que l'air extérieur. En prélevant l'air dans l'atrium, nous pouvons réaliser un préchauffage hygiénique de l'air neuf des locaux. Cela signifie essentiellement que la chaleur émanant du bâtiment lui-même est recyclée. Cette approche est particulièrement avantageuse en période ensoleillée, car toute la surface de l'atrium agit comme un capteur solaire. Cela permet de réaliser d'importantes économies d'énergie en ce qui concerne le préchauffage de l'air neuf.

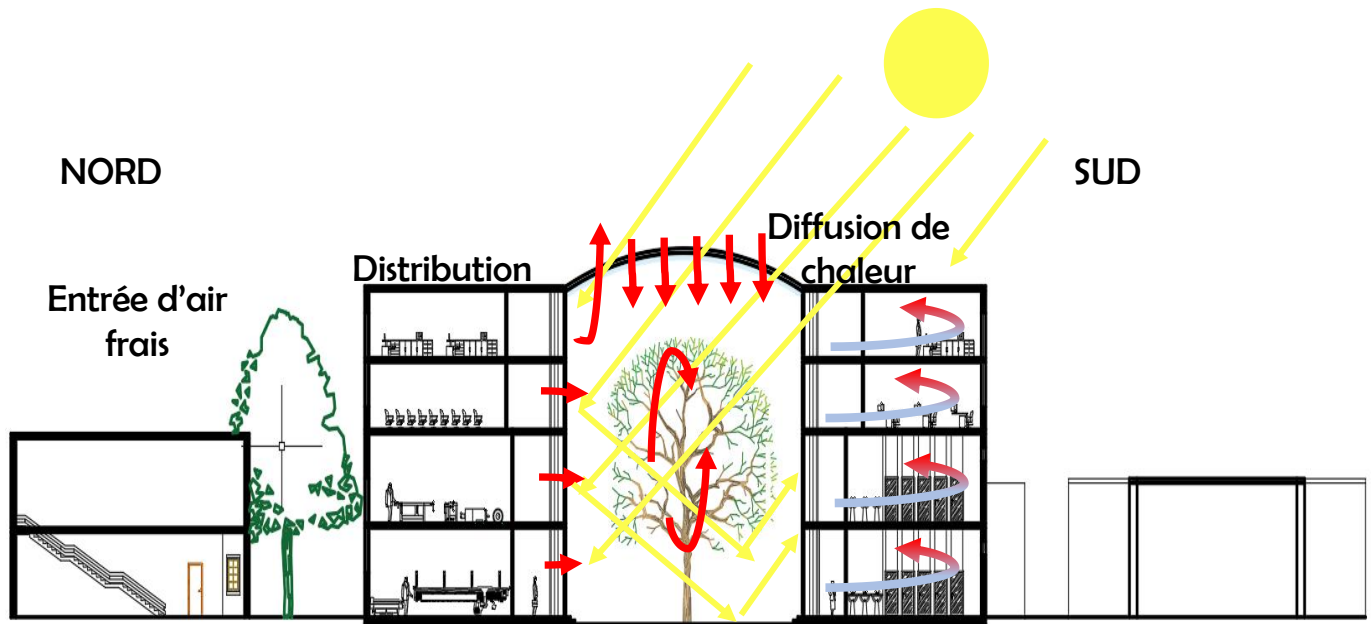


Figure 231 : Coupe schématique représentant la stratégie d'hiver basé sur le chauffage passif.
Source: auteur

- **Façade végétalisée (mur vivant) :**

La végétalisation des façades fait référence à des jardins ou écosystèmes verticaux, plus ou moins artificiels, conçus comme éléments esthétiques de décor, œuvres d'art ou éléments d'écologie urbaine.

Il est utilisé dans le côté sud et sud-ouest pour :

- Rafraîchissement des espaces intérieur.
- Création de micro-climat.



Figure 231 : la façade sud.
Source: auteur

- **Toiture végétalisée :**

Couvrir la toiture par la végétation qui améliorer le confort thermique à travers l'augmentation de l'inertie thermique du bâtiment et le déphasage thermique entre l'intérieur et l'extérieur, assuré le confort acoustique et l'humidification de l'air.

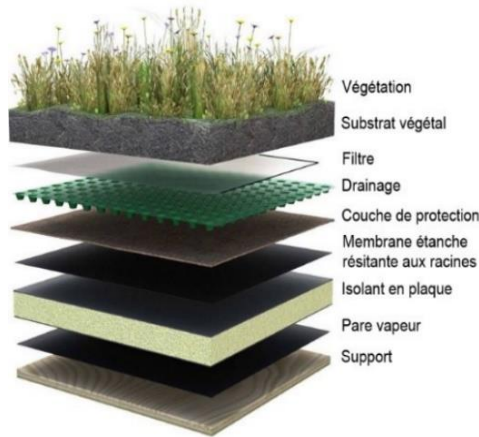


Figure 231 :détails de la toiture végétalisée.
Source: auteur

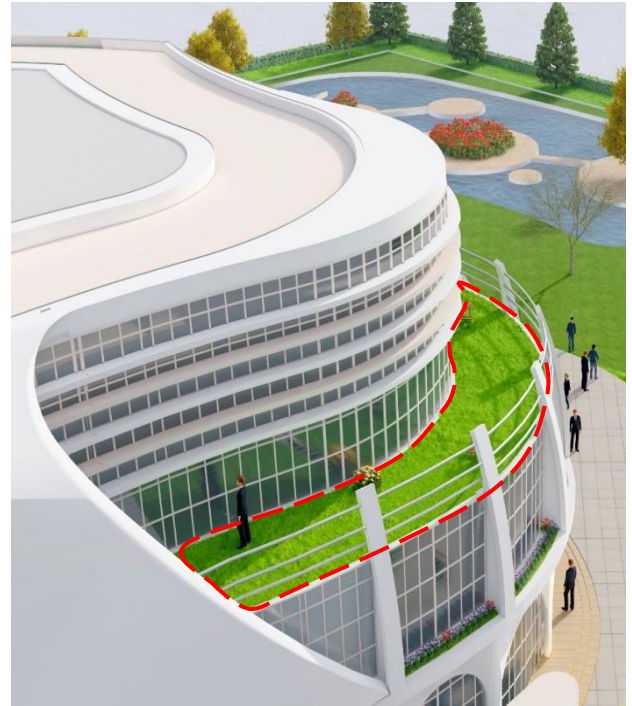


Figure 231 : Toiture végétalisée.
Source: auteur

- **Les Murs végétalisé (brise-vent) :**

- L'orientation la perméabilité, la hauteur, la longueur et l'homogénéité de sa structure.
- L'orientation des brise-vent est le premier facteur à prendre en considération, l'alignement des arbres doit être perpendiculaire aux vents dominants la réussite du brise vent repose sur une composition d'espèces végétales locales, qui poussent et se développent sans aucune contrainte majeure dans la région.

Les brise-vents performants doivent être composés de plusieurs niveaux :

- Arbres à haut jet.
- Arbres en cêpée ou arbres intermédiaires qui peuvent être des grands arbustes.
- Arbustes buissonnants.



Figure 231 : Murs végétalisé (brise-vent)dans le côté Nord-Ouest.
Source: auteur

1.2.2 Techniques actives :

Laghouat est caractérisé par son climat chaud et sec, alors le confort thermique en été est un élément essentiel, on essaye d'assurer par des systèmes passifs et même actifs (ventilation mécanique, ventilation naturelle, ventilation nocturne), sans oublier de prendre en considération le chauffage qui est nécessaire en hiver pour une bonne qualité de confort thermique, et pour assurer le chauffage en hiver on a choisi le chauffage central ainsi la climatisation centrale pour le confort d'été.

- Plafond rayonnant froid

- Un plafond rayonnant froid absorbe 70 % de la chaleur par rayonnement thermique. À l'inverse, les plafonds froids à convection absorbent la chaleur, en grande partie par convection, c'est-à-dire que l'applicabilité de ces systèmes doit être contrôlée avec précision en ce qui concerne le bien-être thermique.
- Les plafonds rayonnants froids font partie des équipements de refroidissement des locaux.
- Un plafond froid peut fonctionner en mode chauffage en période hivernale, mais avec un certain inconfort.

Le plafond froid peut être mis en œuvre de deux manières :

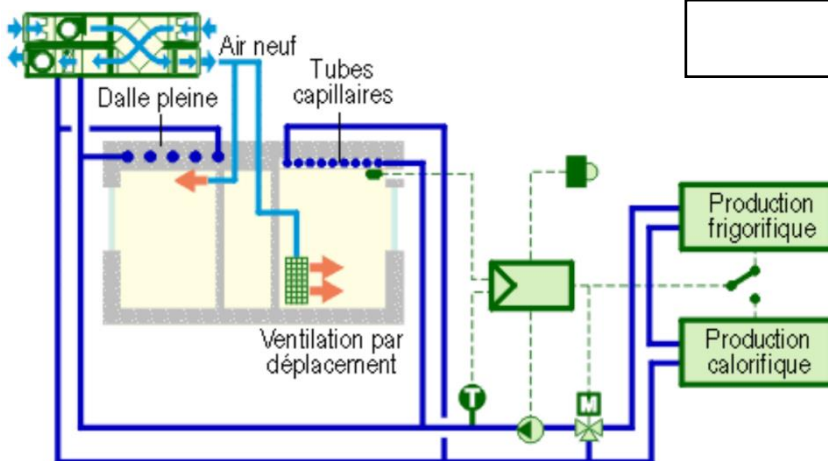


Figure 233: Systèmes réversibles : chauffage et rafraîchissement.
Source: energieplus-lesite.be

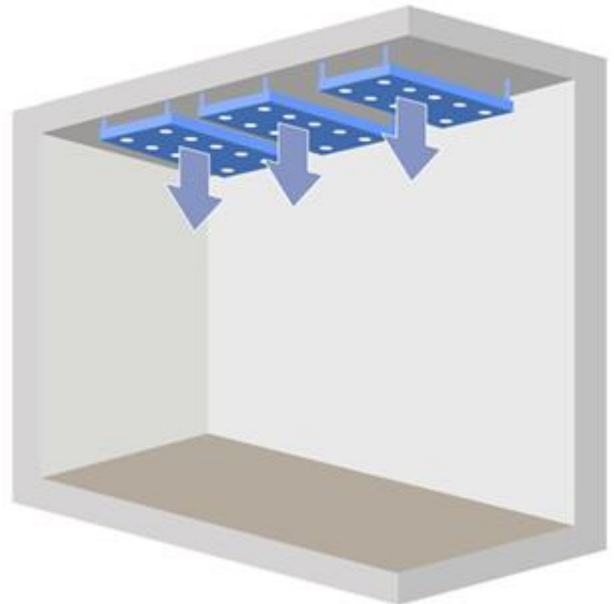


Figure 233: Détail du plafond froid.
Source: energieplus-lesite.be



Figure 233: Détail du plafond froid.
Source: energieplus-lesite.be

- Soit par des serpentins noyés dans un enduit (effet radiatif).
- Soit par des serpentins posés sur un plafond suspendu (effet radiatif et convectif).

1.3 Confort visuel :

1.3.1.1 Eclairage électrique :

Dispositif permettant d'émettre de la lumière grâce à la convention d'électricité en lumière, permettant de s'éclairer sans avoir recours à la lumière naturelle. Ce dispositif doit être le plus économique que possible, pour cela certain type de lampes doivent être utilisées tel que :

- Les luminaires encastrés fluorescents dotés de lentilles paraboliques ou prismatiques sont utilisés dans les laboratoires, les bureaux et les salles de documentation.
- Les luminaires industriels fluorescents en bande sont utilisés pour l'éclairage des espaces de stockage et des locaux techniques.
- Pour les salles informatiques, il est recommandé d'utiliser un éclairage encastré de type parabolique ou fluorescent indirect.
- Les sanitaires sont équipés de spots d'éclairage, tandis que les corridors bénéficient d'un éclairage similaire à celui des zones environnantes.
- Les lampes LED présentent de nombreux avantages, tels qu'une durée de vie exceptionnellement longue (jusqu'à 100 000 heures), une consommation d'énergie réduite et un temps d'allumage rapide.
- Pour minimiser la consommation d'énergie, l'éclairage électrique est contrôlé par des détecteurs de mouvement et des lampes s'ajustent en fonction de l'éclairage naturel ambiant.

1.3.1.2 Eclairage de sécurité :

L'éclairage est prévu dans l'ensemble des espaces publics, des espaces de circulations et des laboratoires, en cas de danger ou de panne il permet :

- La signalisation des incendies.
- L'éclairage de signalisation des issues de secours.
- Eclairage de circulation et la reconnaissance des obstacles.

1.3.1.3 Surveillance et contrôle :

On prévoit un local de contrôle informatisé à l'entrée mécanique servant aussi pour loge de gardien, assurant la surveillance et le contrôle de tout le bâtiment, donc la détection de notre projet sera équipée de :

- Détecteurs thermo vélocimétrique.
- Détecteur de fumée.
- Détecteur de monoxyde de carbone.
- Alarme incendie.

1.4 Les Stratégies bioclimatiques pour la production de l'énergie :



Figure 234 : Panneaux photovoltaïques flexibles.
Source: www.jcmsolar.fr

1.4.1 Panneaux photovoltaïques flexibles:

L'intégration des panneaux photovoltaïques flexibles au niveau des murs et atrium pour la production de l'électricité.

1.4.2 Panneaux solaire hybrides

Un panneau solaire hybride, est un dispositif « hybride » conçu pour produire à la fois de l'électricité photovoltaïque et recueillir l'énergie thermique provenant du Soleil pour la transmettre à un fluide caloporteur.

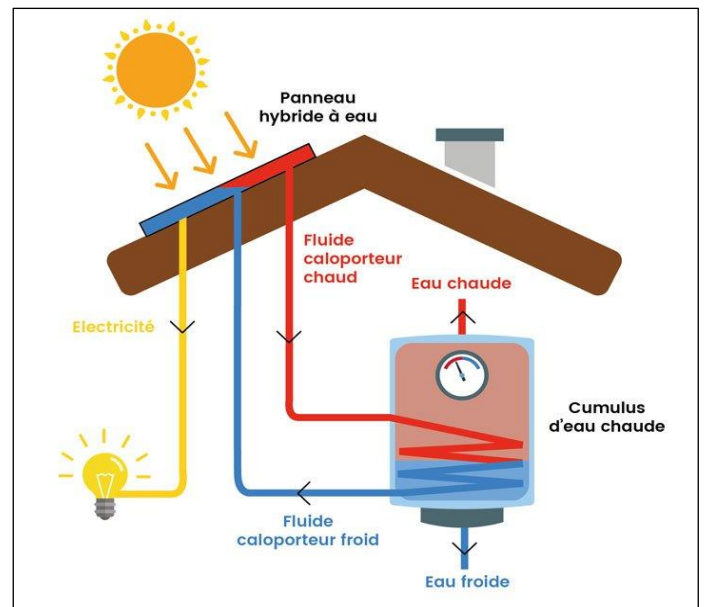


Figure 235: Panneaux solaire hybrides
Source: www.jcmsolar.fr

1.5 Les systèmes de gestion du bâtiment

Notre projet consiste en la création d'un bâtiment intelligent et connecté, doté des systèmes de gestion suivants :

- **Un système d'éclairage LED** sur l'ensemble du bâtiment, utilisant des luminaires alimentés par un câblage réseau. Chaque luminaire peut être réglé individuellement en termes d'intensité lumineuse, en fonction de l'utilisation des espaces.
- **Des capteurs** de température, luminosité, hygrométrie, qualité de l'air, présence, détection d'ouverture/fermeture, etc. Ces capteurs permettent de collecter des informations sur les paramètres du bâtiment, fournissant ainsi des données qui optimisent son fonctionnement et réduisent son impact environnemental. Ils sont connectés en filaire ou en sans-fil, selon leur positionnement et leur fonctionnalité.
- **Un système de chauffage/climatisation piloté, utilisant une pompe à chaleur réversible.**
- **Un système de ventilation à double flux pilotable (VMC).**
- Un système de comptage électrique global, pour chaque entité du bâtiment.

- **Un système de gestion technique du bâtiment (GTB)**, composé de logiciels et de matériels permettant de collecter, consulter et régler les données du bâtiment. Il offre également la possibilité d'interagir avec différents équipements tels que l'éclairage, le chauffage, la ventilation, la climatisation, etc.
- **Un système de vidéosurveillance.**
- **Une station météo.**
- **Une infrastructure réseau complète**, comprenant un réseau filaire (IP) et sans fil (WiFi), assurant l'interconnexion des équipements, des capteurs et des actionneurs.
- **Gestion des déchets** : Système des poubelles intelligentes, autonomes et connectées, capables, entre autres, de compacter les déchets pour ne pas déborder, et d'optimiser les frais de collecte.

1.6 Apport des nouvelles technologies

1.6.1 Façade interactive (smart façade)

- Les bandes LED sont des réglottes LED RVB couleur avec chaque LED (contrôlable individuellement en termes de couleur, de luminosité et d'intensité).
- La façade numérique a transformé l'extérieur du bâtiment, lui donnant une présence beaucoup plus engageante et émotionnelle.
- Dans notre projet elle intégrée à la façade NORD sur laquelle l'angle de vision de public et elle jeu le rôle d'un élément d'appel.

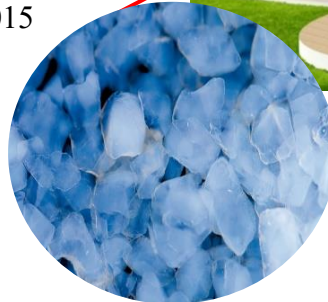


Figure 23 :Façade interactive
Source: auteur.

1.6.2 Aérogel de silice

Il s'agit de solides nano structurés, méso poreux aux propriétés isolantes exceptionnelles qui confinent l'air dans leur porosité, ce qui leur permet d'afficher une conductivité thermique inférieure à celle de l'air immobile, utiliser dans la restauration.

- **Caractéristiques :** Ces isolants de très haute performance, sont hydrophobes. Ils disposent d'une conductivité thermique λ exceptionnelle de 0,015 à 0,020 W/m.K. Présentés sous forme de matelas de 5 à 10 mm d'épaisseur.



*Figure 23 : Aérogel de silice dans la restauration
Source: auteur.*

Synthèse :

Dans ce chapitre, notre objectif était de trouver les meilleures techniques pour optimiser l'économie et les performances de notre projet, en prenant en compte le contexte climatique chaud de la région.

Notre approche technique consiste à définir le système de construction, les dispositifs environnementaux et les solutions durable adoptées dans le projet. Nous veillons également à assurer une cohérence entre ces différents systèmes, de manière à justifier les détails constructifs. En plus de leurs fonctions techniques, ces choix structurels ont également des implications architecturales sur l'espace bâti. Ainsi, le choix du système structurel dépend du contexte dans lequel il s'inscrit, ainsi que de la forme et de la fonction des espaces.

Chapitre 07:



SIMULATION NUMÉRIQUE

Introduction

Le bâtiment devient soudainement un enjeu central de deux grands défis planétaires: le changement climatique et l'approvisionnement en énergie. Ce dernier, offre une réelle opportunité de développement dans le monde.

Dans les climats chauds et secs, l'excès des gains solaires peut entraîner une consommation énergétique élevée avec des conditions intérieures désagréables. Le contrôle solaire est un paramètre important, à considérer dans la conception des bâtiments pour améliorer l'efficacité énergétique.

1 Problématique

La question concernant la réduction de la consommation d'énergie est d'actualité dans notre pays, la négligence des paramètres climatiques lors de la conception entraîne une augmentation cruciale de la consommation énergétique, en particulier en été.

Le contrôle solaire dans les espaces intérieur est un enjeu principal à résoudre pour la conception de l'enveloppe architecturale, vu les gains de chaleur importants traversant cette enveloppe vers l'intérieur, alors que le rayonnement solaire incident sur ces bâtiments doit être contrôlé par l'enveloppe pour réduire l'utilisation des systèmes de climatisation actifs.

Les laboratoires sont une composante très importante de l'incubateur car ils permettent aux entrepreneurs et aux start-ups de disposer d'un environnement de travail sûr et contrôlé pour tester et développer leurs idées. Les laboratoires offrent un espace où il est possible de mener des tests de faisabilité, des tests de prototypes et des tests de marché, permettant ainsi aux entreprises de perfectionner leur produit ou service avant de le lancer sur le marché.

La qualité thermique de l'environnement dans les laboratoires sont influencées par les conditions extérieures et par l'aménagement intérieur, ils sont souvent équipés de machines et d'équipements qui produisent de la chaleur.

Dans un climat chaud et sec caractérisé par un ensoleillement intense et des températures élevées, tel que de la zone de Laghouat, les conditions thermiques dans les laboratoires d'un incubateur possèdent plus un impact sur le déroulement des tâches et le bien être des usagers. Surtout, durant la période de surchauffe.

Parmi les problèmes d'ambiance qui peuvent apparaître dans laboratoire, celui de l'inconfort thermique et qui rend le système de conditionnement d'air énergivore indispensable tout au long de la journée. En plus des caractéristiques de l'enveloppe et le choix des matériaux à haute inertie, les caractéristiques du vitrage adopté sont très important ; les chercheurs ont montré que la consommation énergétique du bâtiment diminue lorsque la conductivité U du vitrage est minimisée, et que les grandes surfaces des fenêtres ne sont pas adaptées aux conditions climatiques chaudes et arides et par l'intégration d'un matériau de forte inertie plus le renforcement de l'isolation de l'enveloppe pour minimiser les déperditions.

Cette situation mène à poser la question suivante :

Quelle sont les stratégies passives et les solutions liées aux caractéristiques de vitrage adoptées dès la phase conceptuelle pour améliorer la performance énergétique, le confort thermique, et l'éclairage naturel ??

2 Hypothèses

Pour répondre aux équations de la problématique posée, l'hypothèses suivantes sont posées:

Le choix des caractéristiques et de type de vitrage pourrait améliorer les conditions thermiques par la réduction de la transmission de chaleur (les gains) en été.

3 Sous hypothèses :

- L'utilisation du gaz d'argon dans le triple vitrage pourrait diminuer la conductivité U du vitrage composé.
- L'utilisation du verre intelligent pourrait permettre le transfert de la lumière naturelle et empêcher le transfert de la chaleur.

4 Objectif de l'étude

Ce chapitre a pour objectif l'étude de l'impact des caractéristiques des vitrages sur la performance énergétique et les besoins énergétiques thermiques d'un laboratoire conditionné par des données climatiques de la ville de Laghouat.

Cet objectif exige une méthodologie bien précise à l'aide des méthodes numériques par la simulation dynamique en utilisant le logiciel de simulation RHINO.

5 Le bâtiment et la performance énergétique :

5.1 La performance énergétique :

La performance énergétique d'un bâtiment est définie comme étant la quantité d'énergie nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment, ce qui inclut l'énergie utilisée par ses systèmes techniques.

| Performance énergétique du bâtiment | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Chauffage Production et distribution de chaleur | Refroidissement Production et distribution de froid | Ventilation mécanique Renouvellement de l'air intérieur | Production d'eau chaude sanitaire Production et distribution d'eau chaude | Eclairage artificiel Sources d'éclairage artificiel |

Tableau 9: Les systèmes techniques.

Source : valognes-lyon.fr/le-cabinet

La performance énergétique mesure la quantité d'énergie utilisée pour atteindre un niveau de confort déterminé. Les mesures de performance énergétique prennent en compte des indicateurs tels que la consommation énergétique annuelle, le coefficient d'utilisation d'énergie, l'indice de consommation énergétique, les émissions de gaz à effet de serre, entre autres.

La performance énergétique peut être utilisée pour comparer différents bâtiments entre eux en termes d'utilisation et de dépenses énergétiques.

Un bâtiment peut être défini du point de vue énergétique par des aspects exerçant une influence déterminante sur les consommations d'énergie décrivant sa performance énergétique. De manière particulière, quatre types d'aspects de la composition d'un bâtiment peuvent être identifiés :

- **Géométrie** : Eléments géométriques du bâtiment, les dimensions du bâti, sa relation avec l'environnement et la répartition des espaces intérieurs.
- **Enveloppe** : Eléments associés aux échanges avec l'extérieur, y compris les pertes thermiques et les apports solaires.
- **Matériaux** : Eléments associés à l'inertie thermique du bâtiment.
- **Systèmes** : Eléments associés aux équipements techniques du bâtiment, y compris les systèmes de ventilation, d'éclairage, de chauffage, de refroidissement et de production d'eau chaude.

5.2 Amélioration de la performance énergétique :

Améliorer la performance énergétique d'un bâtiment, c'est optimiser sa consommation énergétique annuelle afin d'obtenir un confort thermique optimal. La performance énergétique est donc liée à l'efficacité énergétique, dans le sens où elles sont interdépendantes.

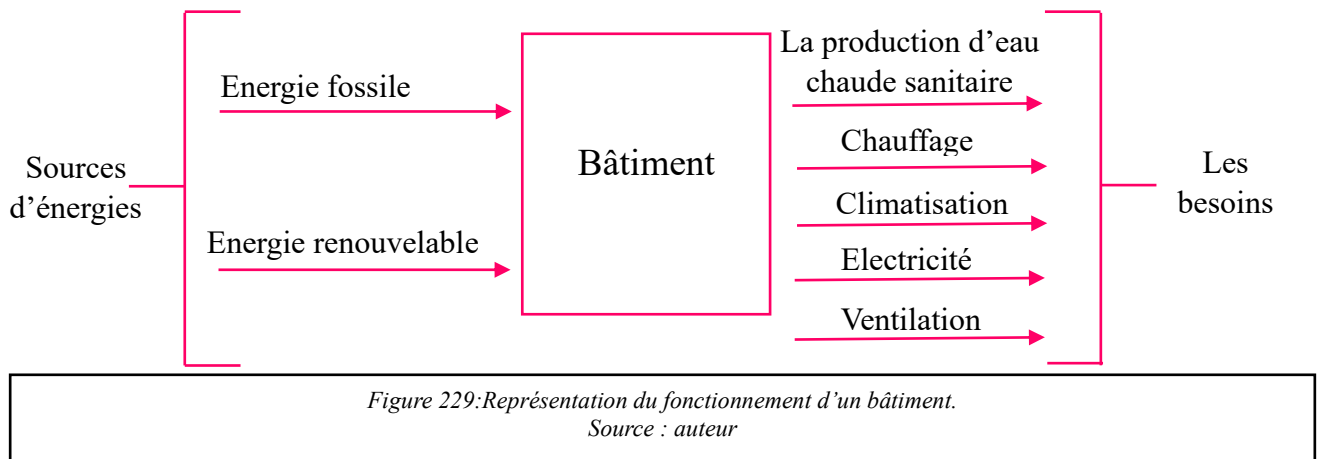
5.3 Efficacité énergétique²² :

5.3.1 Définition

On entend globalement par « efficacité énergétique », une meilleure utilisation de l'énergie disponible. On obtient un rendement énergétique plus élevé, tout en utilisant une faible quantité de la ressource pour recevoir le même service. Ceci permet de réduire l'empreinte écologique, qui se traduit notamment par la réduction des émissions de gaz à effet de serre GES (RAHMOUNI, 2020).

l'efficacité énergétique consiste à accomplir une tâche similaire dans un bâtiment en utilisant moins d'énergie. De plus, les technologies des énergies renouvelables contribuent à améliorer cette efficacité en produisant de l'énergie selon les besoins spécifiques du bâtiment, que ce soit pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage ou la ventilation.

²² RAHMOUNI, S. (2020). Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique.



5.3.2 Avantages de l'efficacité énergétique

L'amélioration de l'efficacité énergétique est l'un des moyens les plus constructifs et les moins coûteux de relever les défis des prix élevés de l'énergie, de la sécurité et de l'indépendance énergétiques, de la pollution atmosphérique et du changement climatique mondial. Les nombreux avantages de l'efficacité énergétique comprennent :

- **Avantage environnemental :**

Une efficacité accrue peut réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants, ainsi que la consommation d'eau.

- **Avantage économique :**

L'amélioration de l'efficacité énergétique coûte généralement moins cher que d'investir dans la nouvelle génération des bâtiments.

- **Avantage aux systèmes de services publics :**

Une fois intégrée aux plans de ressources énergétiques, l'efficacité énergétique peut offrir des avantages à long terme en réduisant la charge de base et la demande de pointe, ainsi que la nécessité de disposer d'actifs de production et de transport supplémentaires.

- **Avantage de gestion des risques :**

L'efficacité énergétique diversifie également les portefeuilles de ressources des services publics et peut constituer une couverture contre les incertitudes liées aux fluctuations des prix du carburant et à d'autres facteurs de risque.

5.3.3 Les paramètres de l'efficacité énergétique :

D'après Philippe Nunes (2021), Donaldson (2021), Angioletti et Despretz (2010) Il existe deux paramètres de l'efficacité énergétique sont : les gains énergétiques et les déperditions énergétiques.

Les gains énergétiques :

- **Les apports énergétiques internes :** concerne le chauffage comme une principale source d'apport énergétique ainsi que le métabolisme des utilisateurs et les appareils électriques qui consomment de l'énergie.
- **Les apports énergétiques externes :** concerne le rayonnement solaire comme une source principale de gain énergétique.

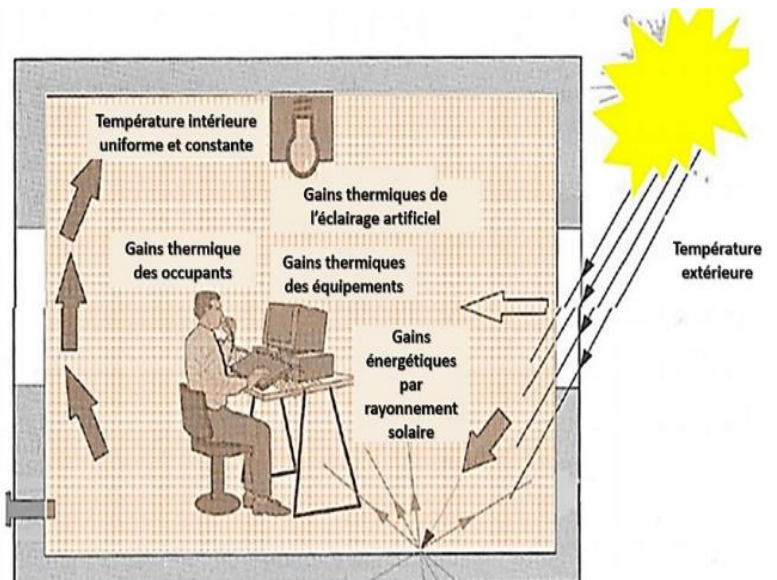


Figure 230: les sources des gains énergétique dans un bâtiment.
Source : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2021

Ces gains énergétiques dépendent du type du bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage. Le confort de l'espace est directement influencé par le taux d'échange de ces gains internes et externes.

Les déperditions énergétiques :

La déperdition énergétique désigne une perte d'énergie causée, le plus souvent, par une isolation insuffisante. Lorsqu'on chauffe le bâtiment, on consomme de l'énergie qui produit par le chauffage afin d'atteindre un certain niveau de confort. Les déperditions énergétiques peuvent avoir un impact important sur la consommation de chauffage et donc sur la consommation totale d'énergie et on peut analyser ces pertes grâce à la thermographie.

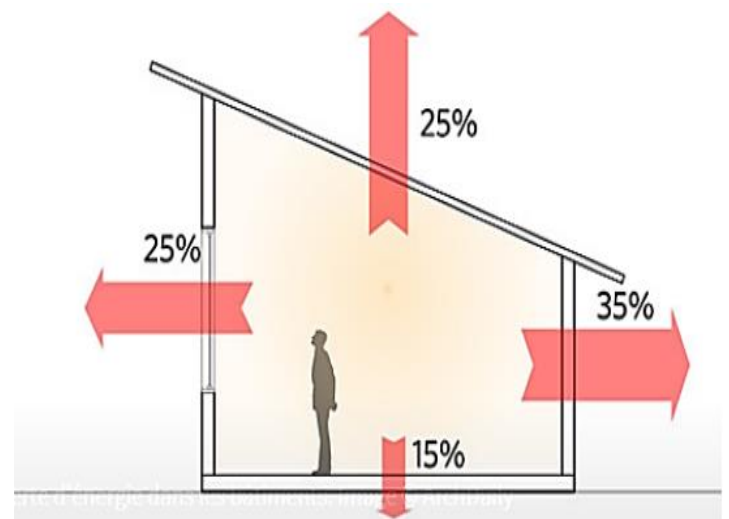


Figure 231: les sources des déperditions énergétiques dans un bâtiment

5.4 Les impacts des caractéristiques architecturales sur la consommation énergétique :

Les caractéristiques architecturales, en particulier le type de vitrage, ont un impact significatif sur la consommation énergétique d'un bâtiment. Le choix du vitrage peut influencer la quantité de chaleur solaire qui pénètre à l'intérieur, ainsi que la quantité de chaleur qui s'échappe à l'extérieur.

5.4.1 Surfaces vitrées:

Les surfaces vitrées jouent un rôle important dans la performance énergétique d'un bâtiment. Elles peuvent avoir un impact significatif sur la quantité d'énergie transférée à travers les fenêtres, ce qui influe sur les besoins de chauffage et de climatisation.

D'une part, les surfaces vitrées permettent l'entrée de la lumière naturelle, réduisant ainsi le besoin d'éclairage artificiel pendant la journée et contribuant à des économies d'énergie.

Un vitrage efficace sur le plan énergétique, peut réduire les pertes de chaleur en hiver et limiter les gains de chaleur indésirables en été. Cela permet de réduire la demande de chauffage et de climatisation, ce qui se traduit par une consommation énergétique plus faible et une meilleure efficacité énergétique globale du bâtiment.

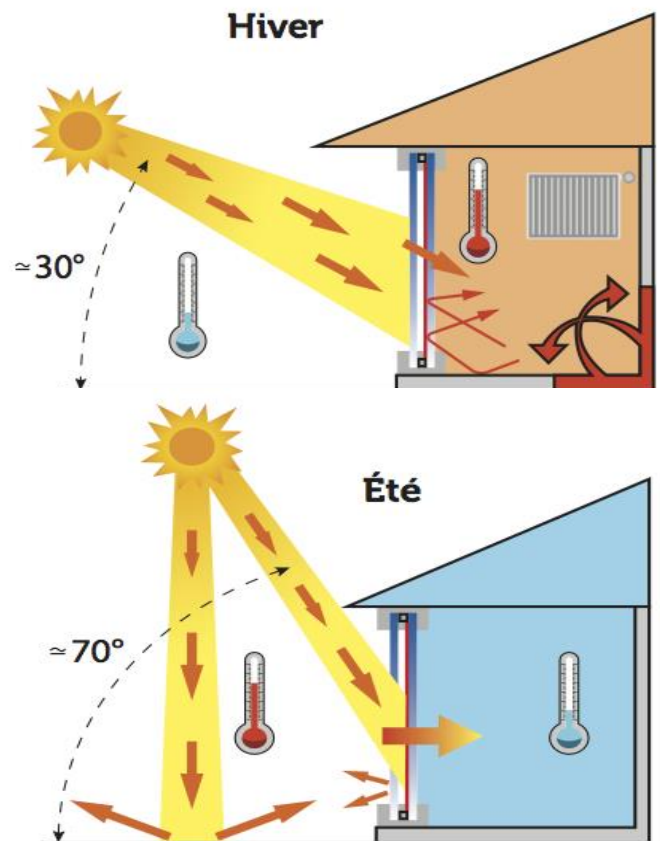


Figure 232: fonctionnement de vitrage performant dans l'été et hiver

Source : www.archdaily.com

Pour améliorer la performance énergétique des surfaces vitrées, voici quelques mesures à prendre en compte :

- **Choix du vitrage :** Optez pour des vitrages à haute performance énergétique, tels que les doubles vitrages à faible émissivité (low-e), qui sont dotés d'un revêtement spécial pour réduire les transferts de chaleur. Les vitrages à isolation thermique renforcée (VIR) sont également efficaces pour minimiser les pertes de chaleur.
- **Protection solaire :** Utilisez des dispositifs de protection solaire tels que des films réfléchissants ou des stores pour réduire la quantité de chaleur solaire qui pénètre à l'intérieur

du bâtiment. Cela permet de limiter les besoins de climatisation et de maintenir une température intérieure confortable.

- **Orientation et taille des fenêtres** : Optimisez l'orientation des fenêtres pour tirer parti de l'éclairage naturel et de la chaleur solaire en hiver, tout en minimisant les apports de chaleur indésirables en été. Évaluez également la taille des fenêtres pour équilibrer la lumière naturelle et les pertes thermiques.
- **Revêtements de fenêtres** : Considérez l'utilisation de films à contrôle solaire sur les fenêtres pour réduire les gains de chaleur solaire tout en maintenant la luminosité naturelle. Ces films peuvent filtrer les rayons UV et infrarouges, réduisant ainsi la chaleur transmise.

5.5 Confort thermique :

5.5.1 Les paramètres de confort thermique

Le confort thermique de l'être humain dépend principalement de six paramètres de nature physiologiques, comportementaux et environnementaux liés à l'individu et à l'environnement tels que le métabolisme, l'habillement, la température ambiante de l'air, la température des parois, l'humidité relative et la vitesse de l'air comme de démontre la figure.

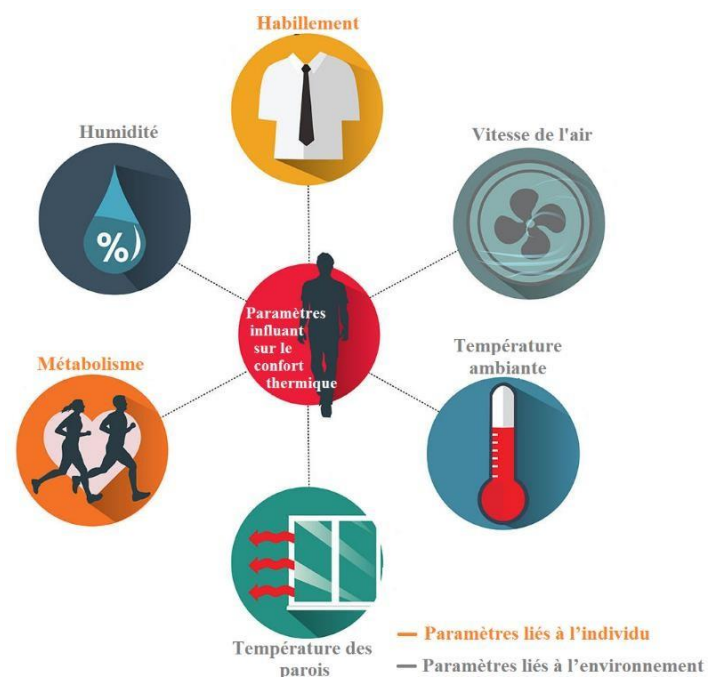


Figure 233: Les paramètres liés à l'individu et liés à l'environnement
Source : www.pae-engineers.com

5.5.2 Les approches et les modèles d'évaluation du confort thermique

Dans la littérature du confort thermique, il existe deux approches, l'approche analytique (ou statique) et l'approche adaptative.

5.5.2.1 L'approche analytique :

l'approche analytique ou statique est basée principalement sur le côté physique et physiologique à travers le calcul du bilan thermique du corps humain et ses échanges avec l'ambiance thermique, ce qui donne la possibilité de la prédiction du niveau du confort grâce à l'exploitation des indices déterminés expérimentalement dans des chambres climatiques.

Le modèle de Fanger PMV et PPD

Le PMV (Predicted Mean Vote) et le PPD (Percentage of People Dissatisfied) sont deux indicateurs dynamiques importants du confort thermique dans les bâtiments modernes.

Il prend en compte plusieurs facteurs, tels que la température de l'air, la vitesse de l'air, l'humidité relative, l'activité de l'occupant et les vêtements portés. En utilisant ces données, le PMV détermine une moyenne des opinions des occupants sur leur confort thermique.

- **L'indice de « PMV » « Predicted Mean Vote ou Vote Moyen Prévisible »** : donne le vote moyen des individus interrogés qui indique des avis sur leurs sensations thermiques moyennes selon l'échelle de l'ASHRAE² qui varie de (-3) à (+3) où chaque numéro exprime une sensation thermique .

| L'échelle de l'ASHRAE | Sensation thermique |
|-----------------------|---------------------|
| +3 | Chaud |
| +2 | Tiède |
| +1 | Légèrement tiède |
| 0 | Neutre |
| -1 | Légèrement frais |
| -2 | Frais |
| -3 | Froid |

Tableau 10: La sensation thermique exprimée selon l'échelle de l'ASHRAE.

Source : Jedidi et Benjeddou, 2016

- **PPD « Predicted Percentage Dissatisfied ou Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits »** : mesure le pourcentage d'occupants qui seraient insatisfaits du niveau de confort thermique d'une pièce. Le calcul du PPD prend en compte le PMV, en utilisant une formule qui considère les limites de confort thermique des occupants et la distribution statistique des préférences de température.

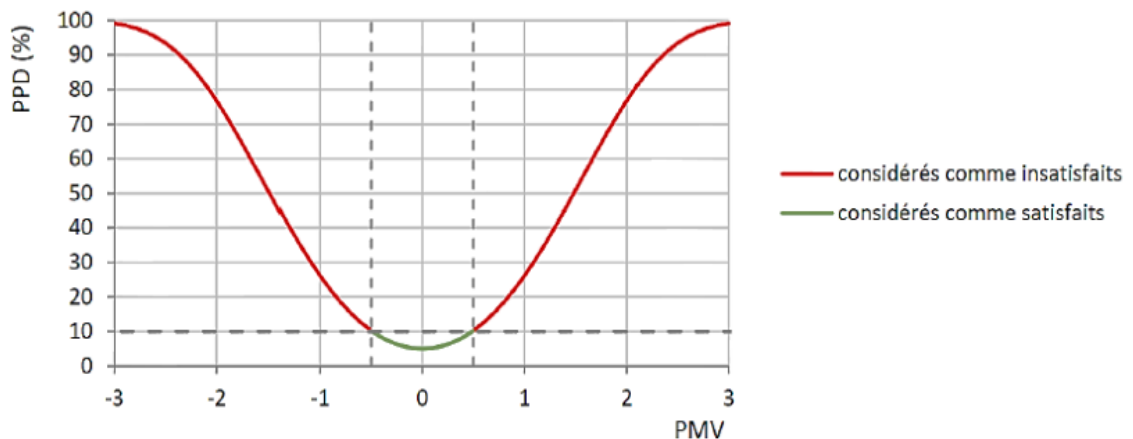


Figure 233 : La répartition du PPD en fonction du PMV.

Source : Batier, 2016

Et autres méthodes : Le modèle de Gagge ,Le modèle de Stolwijk et Hardy.

5.5.2.2 L'approche adaptative

le concept du confort thermique adaptatif représente la capacité des occupants à l'adaptation dans leur environnement thermique. est basée sur des études et des enquêtes sur terrain qui prennent en considération les aspects physiques, physiologiques et psychologiques en fonction des données climatiques extérieures.

La température opérative :

La température opérative est une mesure qui prend en compte plusieurs paramètres environnementaux pour évaluer la sensation de température ressentie par une personne. Elle est basée sur la température de l'air ambiant, la température moyenne des surfaces environnantes, l'humidité relative et le mouvement de l'air (ventilation). La température opérative est utilisée pour estimer le ressenti thermique global des individus dans un espace donné. Les températures opératives recommandées peuvent varier selon le type de laboratoire, La température opérative du confort du standard ASHREA (20° - 27°). Cette plage peut être ajustée en fonction des activités spécifiques du laboratoire et des équipements utilisés.

5.6 Confort visuel :

5.6.1 Les paramètres dynamiques du confort visuel :

En plus des paramètres statiques pour l'évaluation de la quantité de lumière dispensée et du confort visuel y afférant, d'autres mesures de la performance de l'éclairage naturel ont été récemment introduites, appelées 'climate based metrics' en anglais soit littéralement en français 'mesures basées sur le climat'. Ces indicateurs de performance de l'éclairage naturel dérivent de calculs dynamiques sur une grande période de temps et sont basées sur les conditions variables réelles du ciel. De fait, ils offrent une meilleure évaluation de la performance de la lumière du jour tout au long de l'année et intègrent les différentes conditions météorologiques.

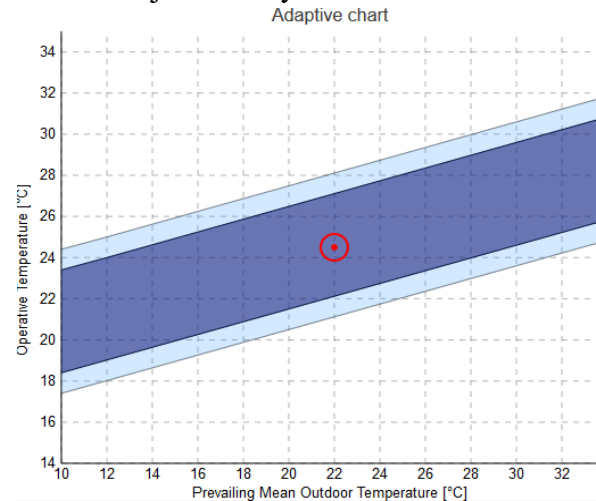


Figure233 : graphe de l'approche adaptative.

- Autonomie de la lumière du jour (DA)

Parmi les paramètres d'évaluation des ambiances lumineuses, l'autonomie de la lumière du jour (DA) (Daylight Autonomy en anglais), est certainement le plus couramment utilisé. Ce paramètre représente le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre d'heures dans une année où l'éclairement fourni par la lumière du jour en un point reste supérieur à un seuil minimal d'éclairement requis, sur le nombre total des heures d'occupation.

- Éclairement utile à la lumière du jour (UDI)

L'éclairement utile de la lumière du jour (UDI) (Useful Daylight Illuminance en anglais) est le rapport entre le nombre d'heures dans l'année où l'éclairement fourni par la lumière du jour se situe dans une plage utile, sur le nombre total d'heures occupées dans une année.

L'UDI qui est défini comme un pourcentage (%) est donc la fraction de temps dans une année où l'éclairement naturel horizontal intérieur en un point donné se situe dans une plage donnée. Il vise à déterminer le niveau de lumière du jour qui n'est ni trop sombre ni trop lumineux, et à éviter la probabilité d'inconfort visuel.

Quatre catégories sont définies :

1. Un "UDI trop faible" caractérise un éclairage naturel insuffisant de moins de 100 lx .
2. Un "UDI supplémentaire" caractérise éclairage naturel entre 100 et 500 lux généralement suffisant mais qui peut être complété par de la lumière électrique.
3. Un "UDI autonome" caractérise un éclairage naturel entre 500 et 2 000 à 2 500 lux permettant d'être autonome vis-à-vis de l'éclairage électrique ;
4. Un "UDI excédent" caractérise un éclairage naturel plus élevé que 2 000 à 2 500 lux entraînant un inconfort.

- Autonomie Spatiale de Lumière du Jour (sDA)

L'autonomie spatiale de la lumière du jour (sDA) est une mesure en pourcentage qui évalue la suffisance de l'éclairement de la lumière du jour sur un plan de travail pendant les heures de l'occupation de l'espace sur une base annuelle. L'objectif est d'atteindre un éclairage lumineux de 300 lux pour au minimum 50% de temps d'occupation.

Selon IES, les valeurs cibles pour l'autonomie spatiale sont :

1. sDA (300 lx, 50 %) \geq 55 % : valeur suffisante d'éclairage naturel ;
2. sDA (300 lx, 50 %) \geq 75 % : valeur préférée d'éclairage naturel.

6 Partie de simulation :

6.1 Simulation paramétrique :

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

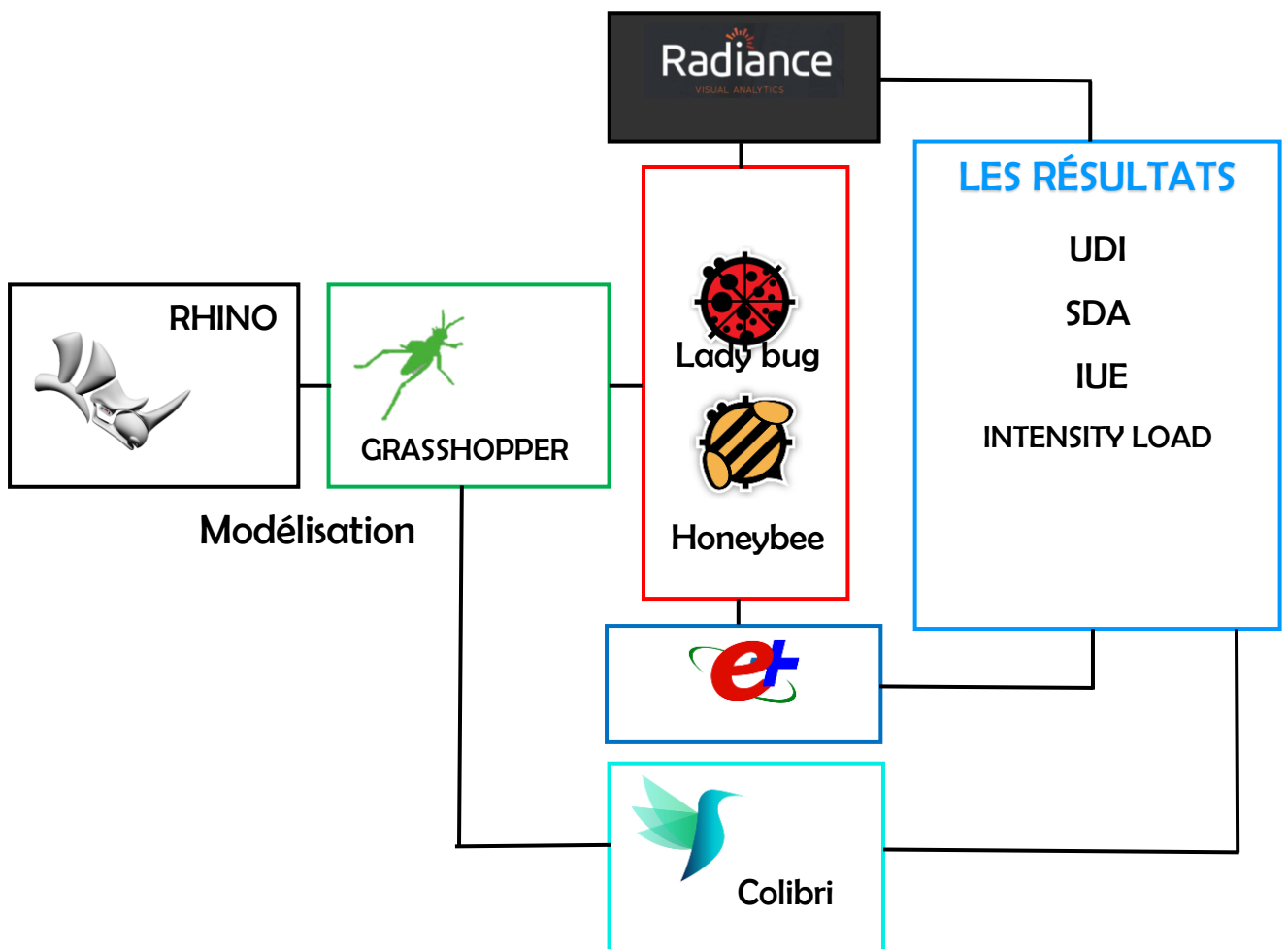


Figure 234: le processus de la simulation avec RHINO
Source : auteur

6.2 Présentation du logiciel de simulation et des plug-ins exploités

RHINOCEROS :

Rhinoceros (Rhino) est un logiciel développé par Robert McNeel & Associates, se spécialise dans la modélisation 3D rationnelle B-spline. il est diversifié, facile à apprendre et à utiliser, et dispose d'un ensemble puissant de multiples add-ons et des plug-ins disponibles.



Rhinoceros®
concevoir, modéliser, présenter, analyser, réaliser...

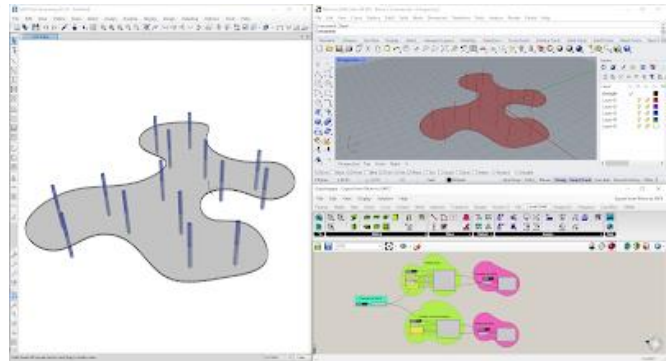


Figure 235: logiciel RHINO

GRASSHOPPER :

Grass Hopper aide Rhinocéros dans la construction des formes géométriques en utilisant « Générative Algorithmes ».



- **Ladybug/grasshopper :**

Ladybug est un plugin de Grass Hopper qui permet d'importer et d'analyser des données météorologiques standard.

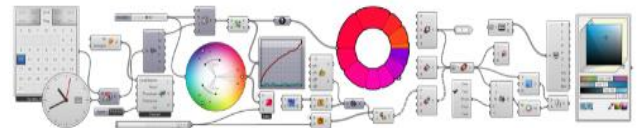


Figure 236: plugin grasshopper

Ladybug Tools s'appuie sur plusieurs moteurs de simulation validés : Radiance, Energy plus / Open studio, Therm/Window et openFOAM.



- **Honeybee/grasshopper :**

Le plugin honeybee connecte Grassehopper3D à 4 moteurs de simulations validées ; Radiance, Daysim, Open Studio et Energy Plus pour la simulation de l'énergie, du confort, de l'éclairage naturel et l'éclaircissement du bâtiment.

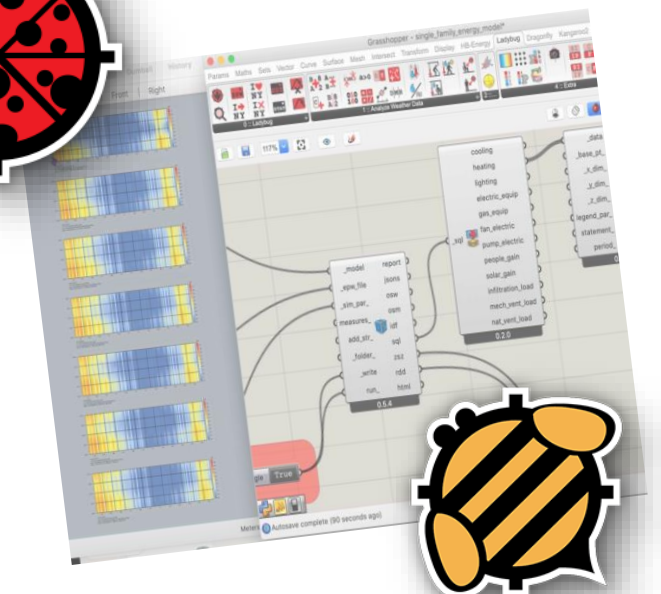


Figure 237: plugin ladybug et honeybee

Le tableau suivant résume les caractéristiques de ce logiciel :

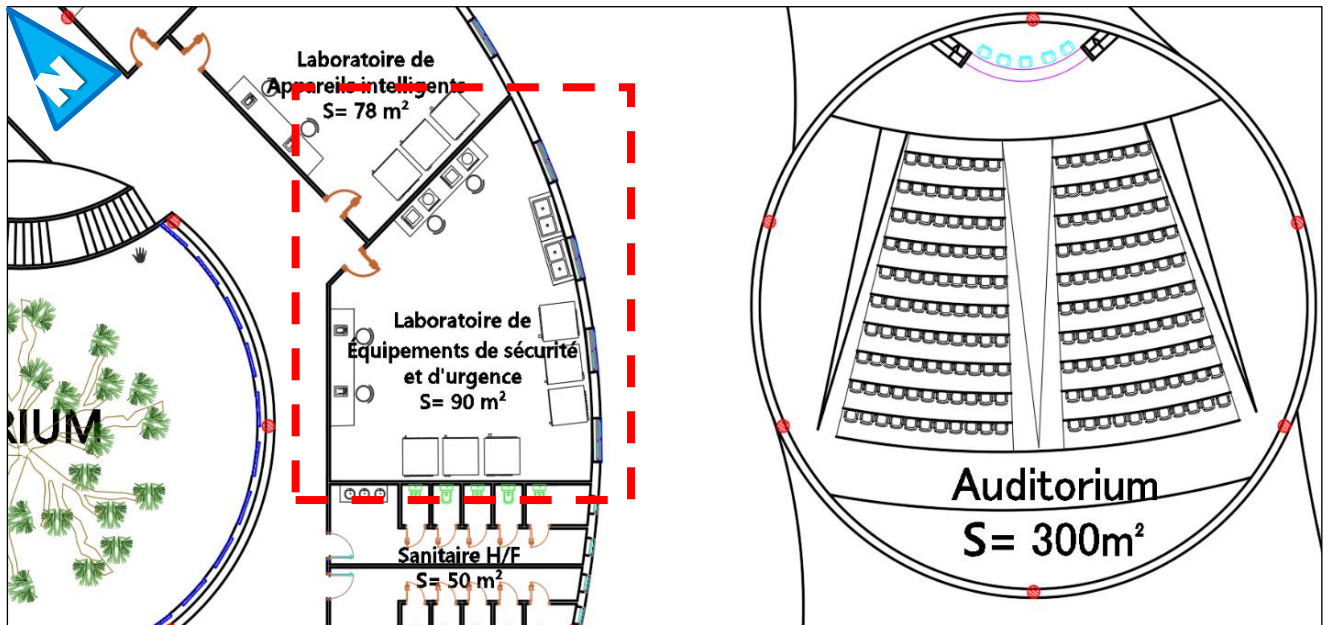
| Caractéristiques générales | RHINO |
|--|--|
| Analyses | Thermique, visuel, énergétique, ventilation, ... |
| Disponibilité | Gratuit |
| Disponibilité des fichiers climatiques | Fichiers *.EPW. Base de données administrée par le Département d'Énergie des É-U. |
| Type de simulation | Multi-objectif |
| Simulation de systèmes HVAC | Oui |
| Analyse CFD (computational fluid dynamics) | Oui |
| Input | Interface 3D intuitive qui permet la conception des simples croquis et des modèles plus complexes. Il est possible importer des fichiers DXF. |
| Output | <ul style="list-style-type: none"> • Rendu et présentation. • Mise en plan. • Fabrication numérique. • Capture 3D. • Inspection et analyse. |

*Tableau 11: les caractéristiques de logiciel RHINO.
Source : auteur.*

6.3 Description du cas étude :

Le projet se compose de plusieurs fonction (principale et secondaire) et parmi ces fonctions principales la recherche. On a choisi un laboratoire d'équipement de sécurité et d'urgence.





Les caractéristiques d'espace de simulation :

| La zone | Le niveau | Hauteur sous plafond | La surface (m2) | Le volume (m3) |
|-------------|-----------|----------------------|-----------------|----------------|
| Laboratoire | RDC | 04.00 | 97.51 | 390 |

Tableau 12: Les caractéristiques d'espace de simulation.

Type ventilation : naturelle.

Type d'éclairage : latérale .

Nombre d'occupation : 05 personnes.

La contrainte de voisinage : Auditorium de 300 m² en double hauteur +6.00 m.

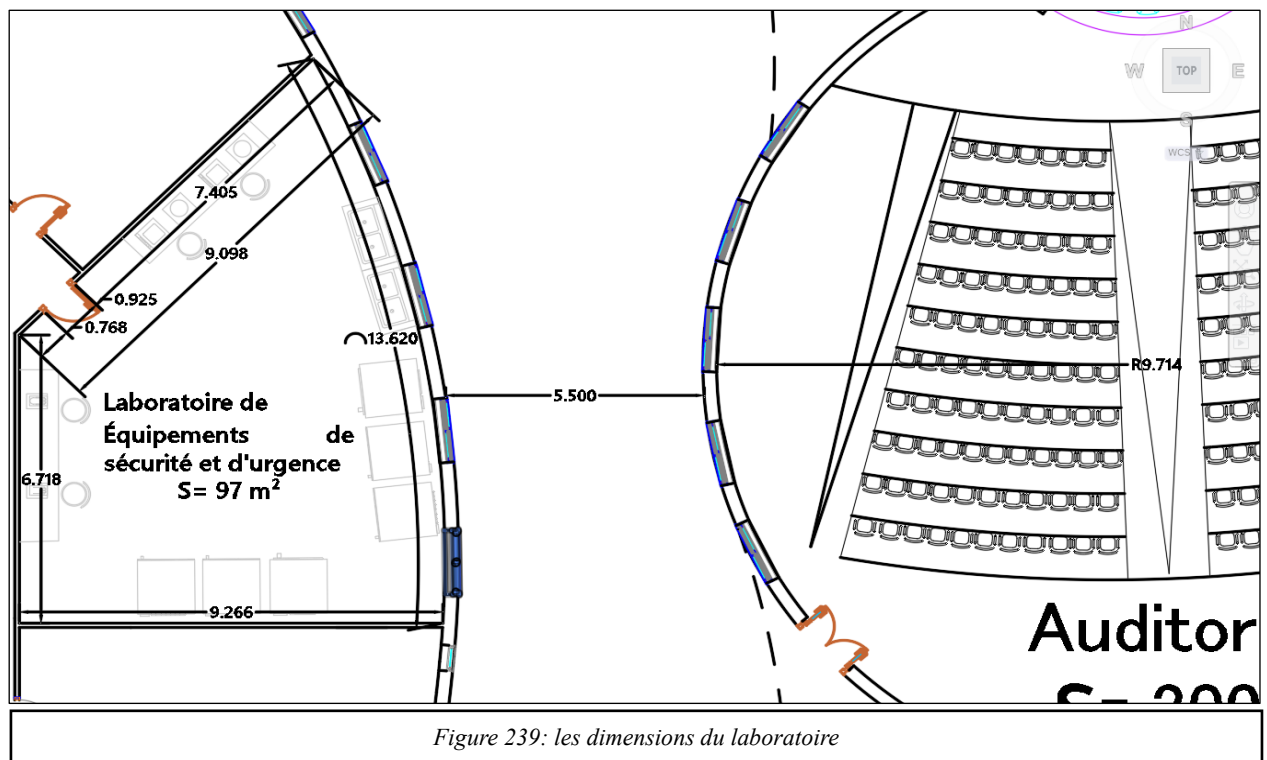


Figure 239: les dimensions du laboratoire

Matériaux de construction :

| Eléments du bâtiment | Matériaux | Epaisseur (m) | Conductivité Thermique K (W/m ² -K) | Chaleur spécifique J/ (kg·k) |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|--|------------------------------|
| Mur extérieur | | | | |
| | Revêtement extérieur en ciment | 0.02 | 1 | 1080 |
| | Bloc de ciment avec liège recycle | 0.2 | 0.27 | 1308 |
| | lame d'air | 0.05 | 0.024 | 1005 |
| | Bloc de ciment avec liège recycle | 0.2 | 0.27 | 1308 |
| | Enduit de plâtre intérieur | 0.02 | 1 | 1200 |
| Mur intérieur | | | | |
| | Enduit de plâtre | 0.02 | 1 | 1200 |
| | Bloc de ciment avec liège recycle | 0.2 | 0.27 | 1308 |
| | Enduit de plâtre | 0.02 | 1 | 1200 |
| Plancher | | | | |
| | Sol | 0.02 | 0.47 | 800 |
| | Mortier ciment | 0.04 | 1 | 1080 |
| | Corps creux | 0.16 | 1.2 | 947 |
| | Plâtre intérieur | 0.02 | 1 | 1200 |
| Dalle de sol | | | | |
| | Hérissonnage | 0.3 | 1 | 828 |
| | Dalle flottante | 0.15 | 1.8 | 946 |
| | Sable | 0.03 | 0.4 | 828 |
| | Mortier ciment | 0.04 | 1 | 1080 |
| | Sol | 0.02 | 0.47 | 800 |

Tableau 13: Les caractéristiques des matériaux de construction.

Les caractéristiques de vitrage utilisé :

- **Triple vitrage avec gaz d'argon:**

| | Epaisseur (m) | Facteur de transmission | Facteur de réflexion | Conductivité Thermique U (W/m ² -K) |
|-------------|---------------|-------------------------|----------------------|--|
| Verre clair | 0.06 | 0.8 | 0.075 | 1 |
| Gaz d'argon | 0.017 | | | |
| Verre clair | 0.06 | 0.8 | 0.075 | 1 |
| Gaz d'argon | 0.017 | | | |
| Verre clair | 0.06 | 0.8 | 0.075 | 1 |

Tableau 14: Les caractéristiques de vitrage.

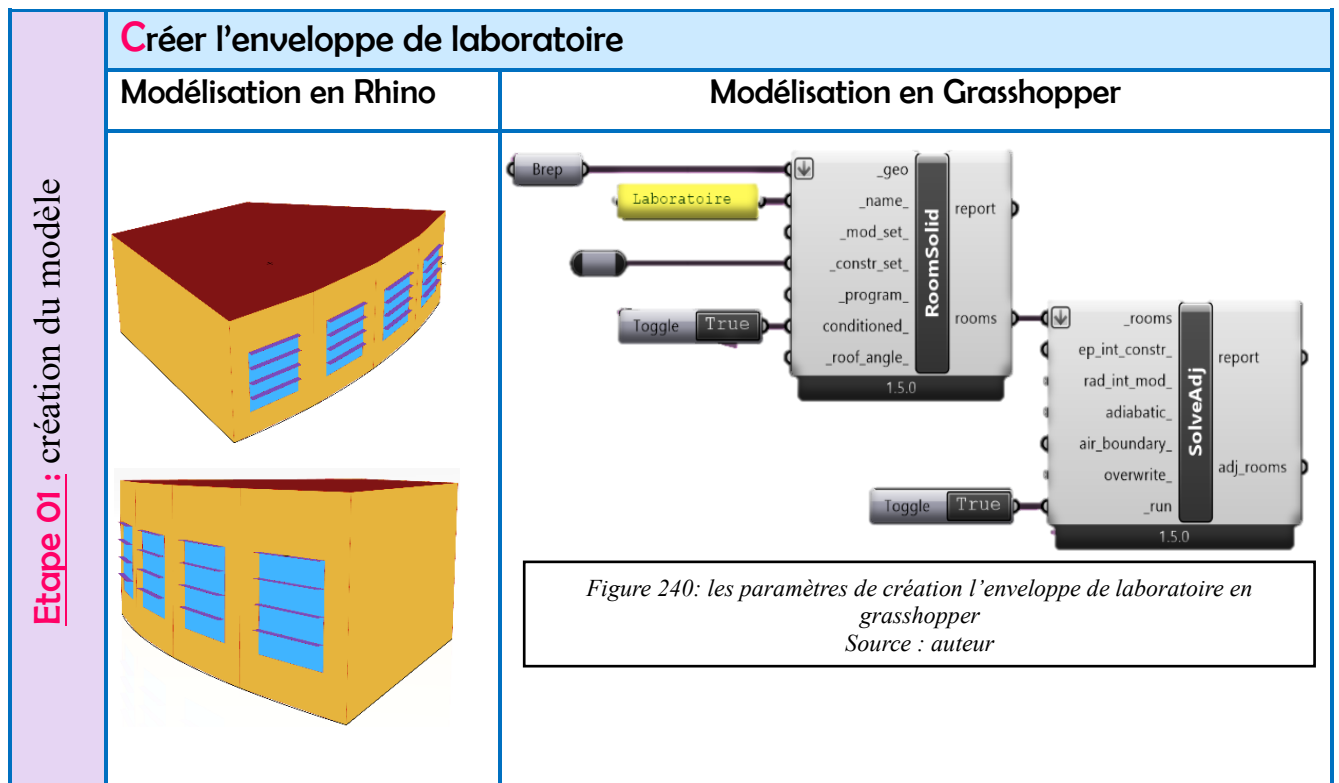
6.4 Le protocole de la simulation :

La simulation dynamique est effectuée à l'aide de logiciel Rhinoceros avec le plugin grasshopper /ladybug, et afin d'atteindre l'objectif de la recherche, le travail est structuré en trois grandes phases de simulation :

- **Phase 01 :** consiste à la création et la modélisation de l'ensemble du projet dans le logiciel pour le préparer à la phase de la simulation.
- **Phase 02 :** introduire les données nécessaires dans grasshopper à savoir les données climatiques de Laghouat, les matériaux, ... etc.
- **Phase 03 :** la présentation des résultats obtenus sous forme des graphes afin de les mieux interpréter et de faire une comparaison entre le cas initial (triple vitrage) et le cas optimisé (triple vitrage a basse émissivité et electrochromic Glass).

Paramètres a simuler :

- Température Opérative.
- PMV.
- PPD.
- Indice de la performance énergétique.



Créer les fenêtres

Modélisation en Grasshopper

Création de 04 fenêtres de ratio 0.3 avec mur d'allège de 1m.

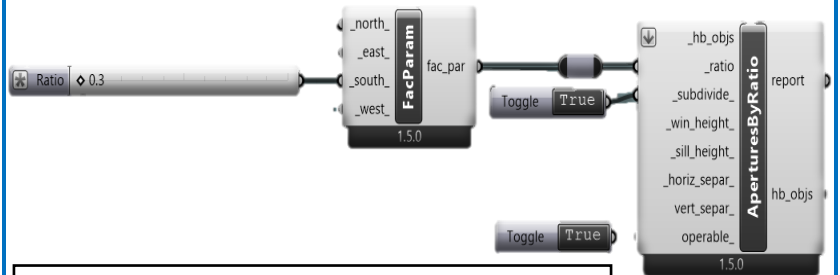


Figure 241: les paramètres de création les fenestres en grasshopper

Créer les brise-soleils

Modélisation en Grasshopper

Création de 04 brise-soleils de longueur 0.2m et un espace de 0.5m entre eux.

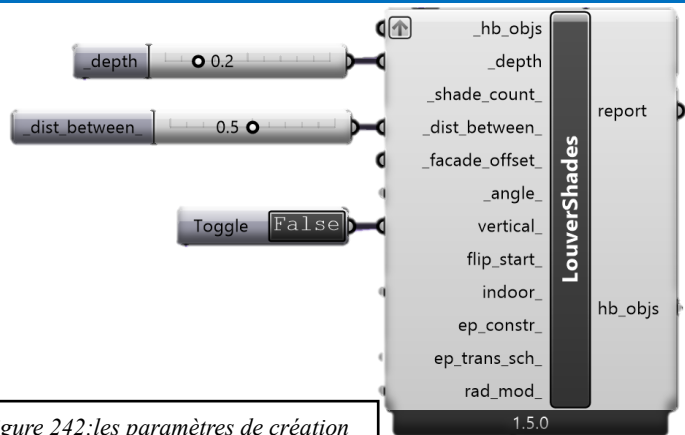
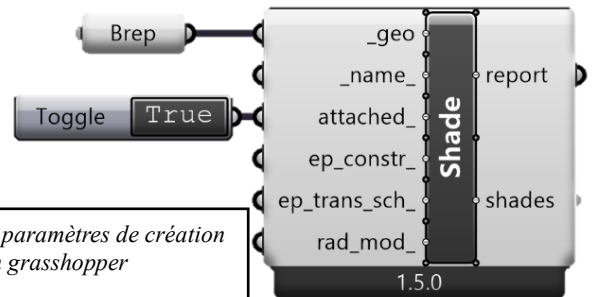


Figure 242: les paramètres de création les brise-soleils en grasshopper

Modélisation de l'auditorium comme une contrainte de voisinage

Modélisation en Grasshopper

Figure 243: les paramètres de création l'auditorium en grasshopper



Introduction des caractéristiques des matériaux utilisés dans le projet

Modélisation en Grasshopper

Etape 02 : les installations dans le laboratoire

Matériaux de construction

mur extérieur /intérieur, plancher, dalle de sol.

Le vitrage :

triple vitrage avec gaz d'argon.

Figure 244: les paramètres de l'introduction des matériaux de construction en grasshopper

Installation électrique

- Utilisation des luminaires encastrés fluorescents : 4 lampes x 32W = 128W.
- **Nombre des luminaires :** 38 luminaires.
- **Puissance totale :** 4864W.

Figure 245: plan de calepinage.

Modélisation en Grasshopper

Figure 246: les paramètres de l'introduction des installations électriques en grasshopper

Température de service chauffage et climatisation

Modélisation en Grasshopper

- Les températures sont fixées (input):
- **Température de chauffage** :18 °C.
- **Température de climatisation** :26 °C.

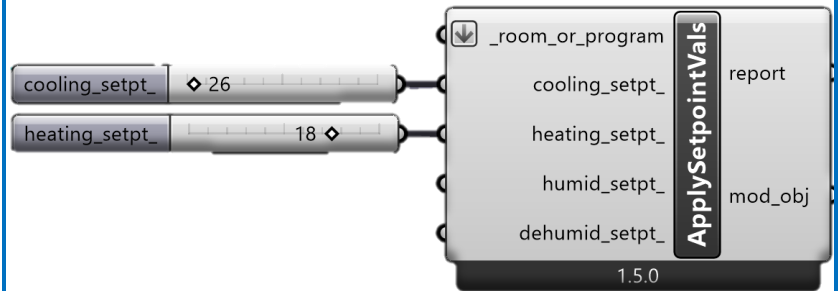


Figure 247:les paramètres de l'introduction les températures de service en grasshopper

Éclairage contrôlé

Modélisation en Grasshopper

Un niveau d'éclairage est programmé comme point de consigne d'éclairage en lux au-delà duquel les lumières électriques sont éteintes si la lumière du jour est suffisante.

- Certains points de consigne courants sont répertoriés ci-dessous. Dans notre cas: 300 lux.
- **50 lux**
- Couloirs.
- **150 lux**
- Espaces de travail informatique (des écrans assurent l'éclairage).
- **300 lux**
- Espaces de travail bureau (lecture à partir de surfaces nécessitant un éclairage).
- **500 lux**
- Espaces de vente ou musées.
- **1000 lux**
- Salles d'opération et grands ateliers où la lumière est nécessaire pour la sécurité.

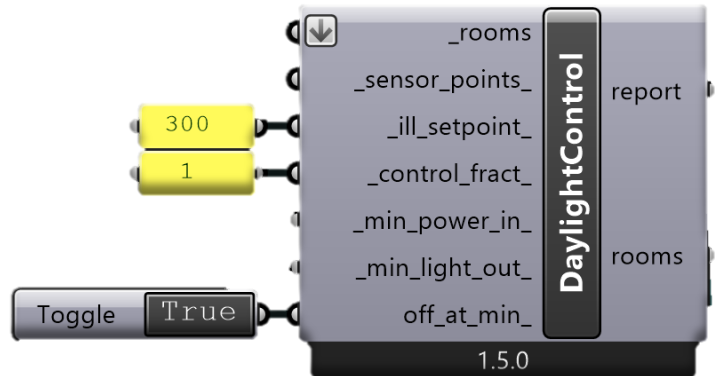


Figure 248:les paramètres de l'éclairage contrôler en grasshopper

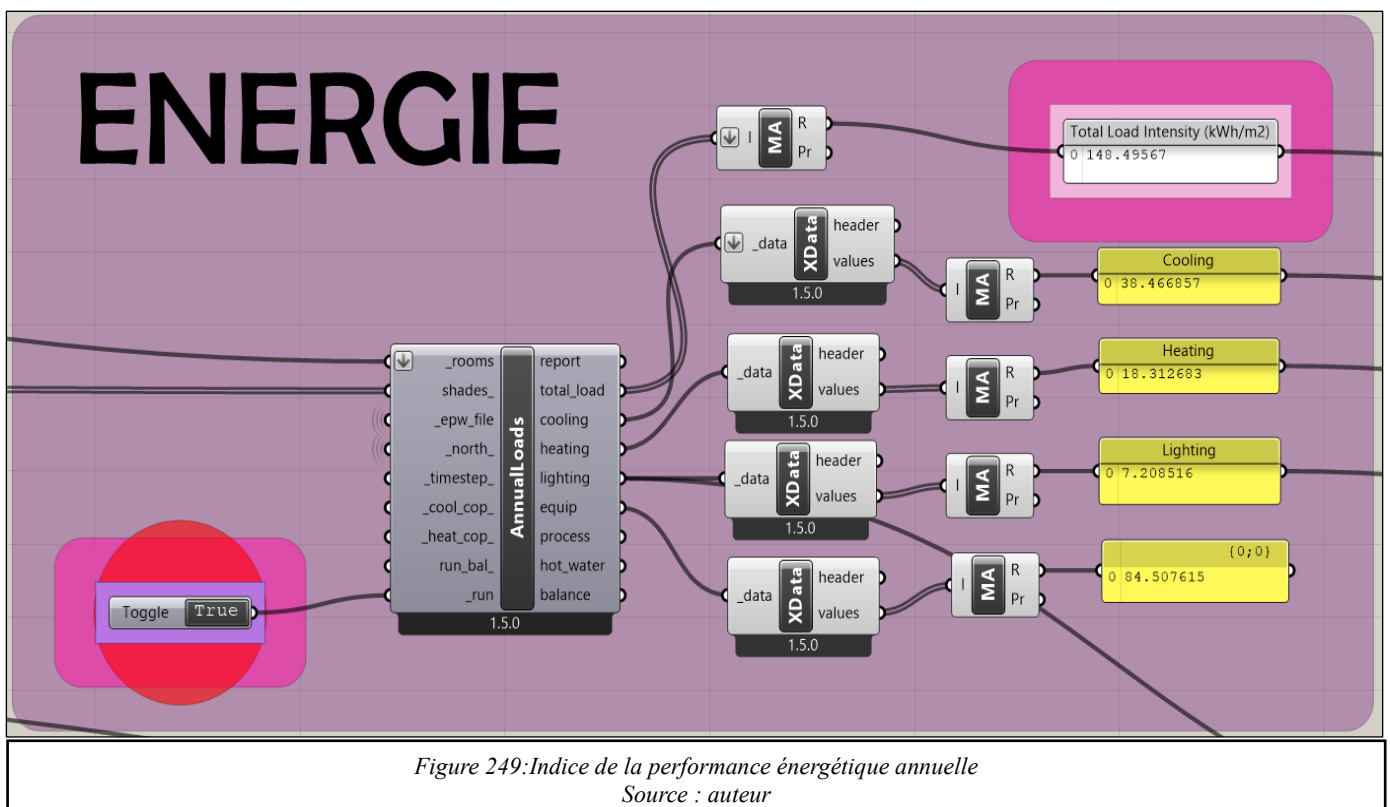
6.5 Résultat du cas initial :

6.5.1 La performance énergétique :

6.5.1.1 Indice de la performance énergétique annuelle :

1. Total load intensity

D'après la figure ci-dessous qui représente les résultats de la simulation de l'indice de la performance énergétique on remarque qu'il est satisfaisant et cela malgré qu'il soit supérieur à la norme des bâtiments à basse consommation.



Cet indice englobe les trois composantes de la performance énergétique :

- La climatisation qui vaut **38.466 KWh/m2/an**.
- Le chauffage qui atteint la valeur **18.312 KWh/m2/an**.
- L'éclairage artificiel qui atteint la valeur **7.208 KWh/m2/an**.
- Les équipements ont une performance de **84.507kWh/m2/an**.

- Ces résultats montrent que la climatisation est plus élevée que le chauffage est cela à cause de la longue période estivale.

On constate aussi que la performance énergétique des équipements et nettement plus élevée et cela est dû au nombre important de machines.

- La climatisation :

D'après le graphe on observe qu'il y a un pic d'énergie consommé pour la climatisation aux mi-juillet avec une valeur de *10.88 kWh/m²/an* et la majorité de la performance est concentre pendant la période d'été (JUN-JUILLET-AOUT)

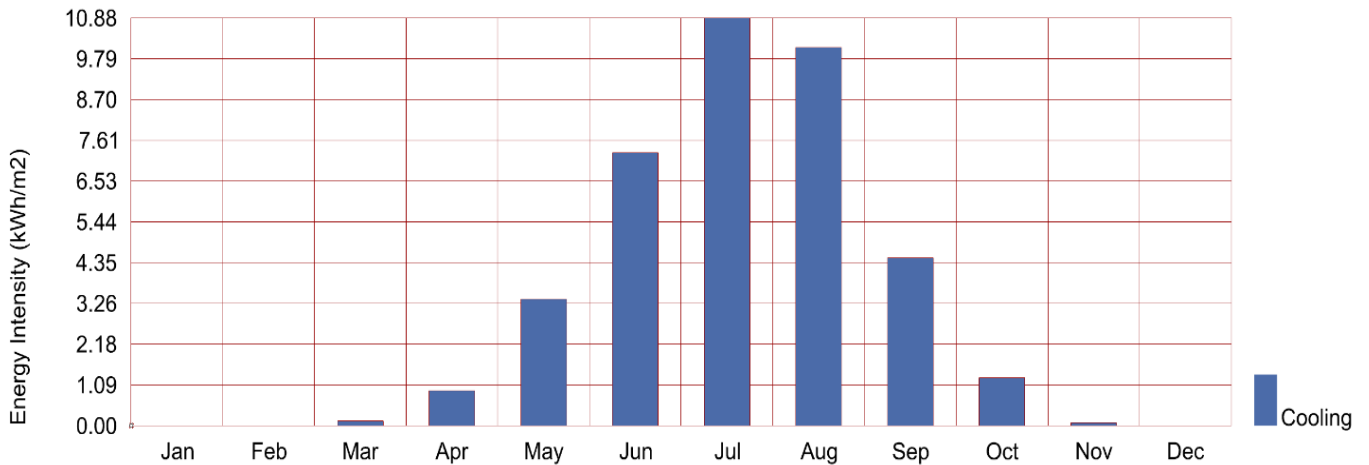
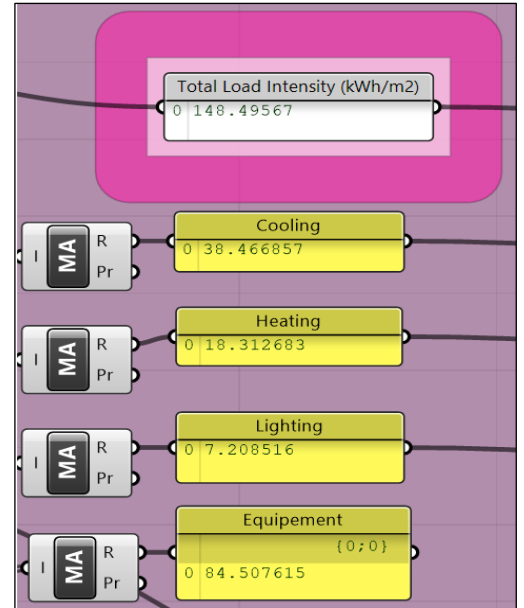


Figure 250:Indice de la performance énergétique -climatisation-
Source : auteur

- Le Chauffage :

D'après le graphe on observe que le pic d'énergie consommé pour le chauffage est dans la période hivernale (mois de décembre et janvier) avec une valeur maximale de

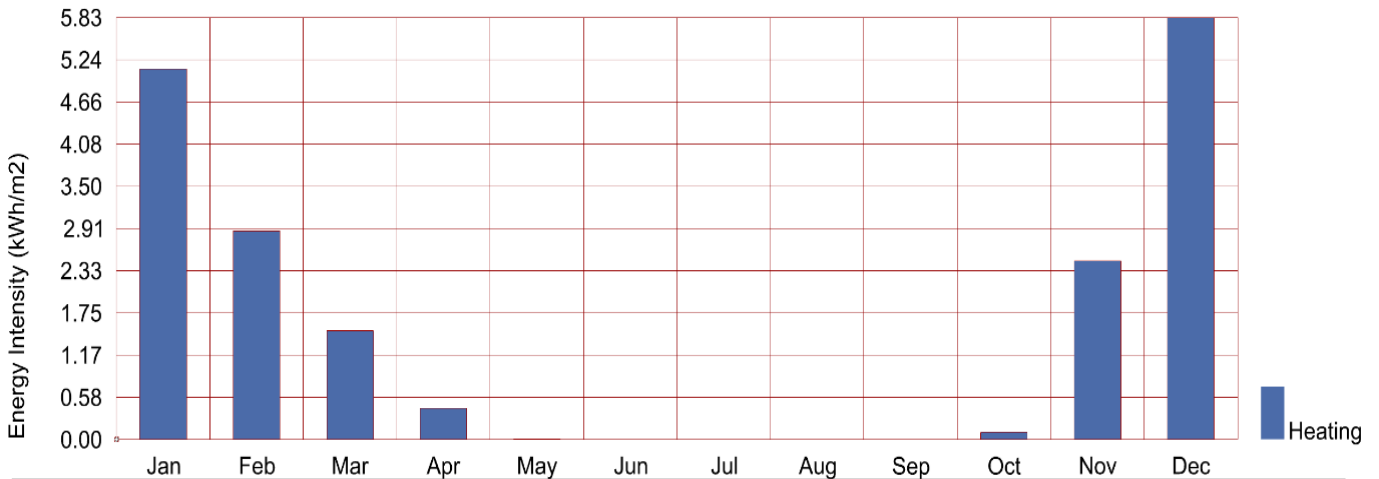


Figure 251:Indice de la performance énergétique -chauffage-
Source : auteur

2. L'intensité de la consommation d'énergie (IUE)

L'IUE est exprimée en énergie par pied carré ou par mètre carré par an. Sachant que les valeurs obtenues de la simulation sont celles de la période de travail effective (de 8h à 18h). On constate qu'il y a une diminution de 6% .

Site Energy Use Intensity (EUI)

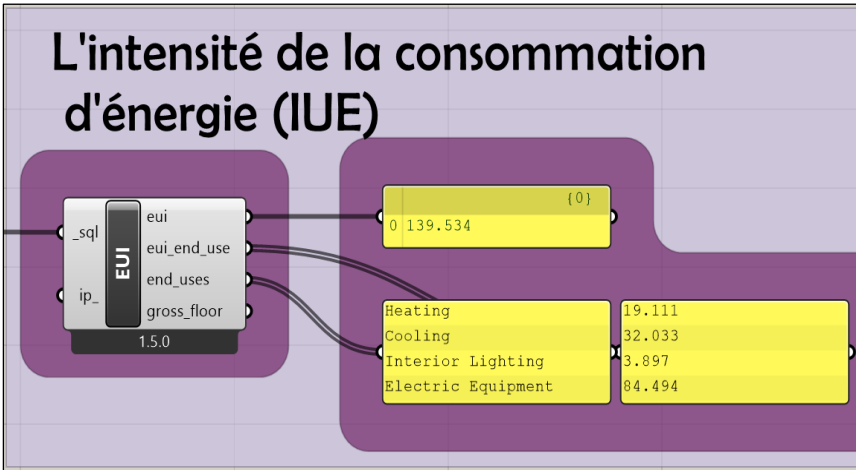
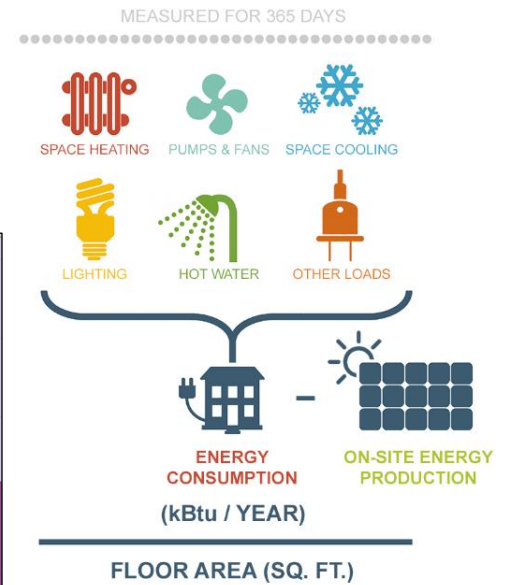


Figure 252:L'intensité de la consommation d'énergie
Source : auteur

6.5.2 La consommation d'énergie :

On remarque que les résultats de la simulation sont logiques du fait que la consommation d'énergie totale est de 13529 kWh et la consommation de la climatisation est plus grande que la consommation de chauffage cela se rapproche aux résultats trouvés précédemment, cela s'explique que les deux aspects étudiés sont proportionnellement liés.

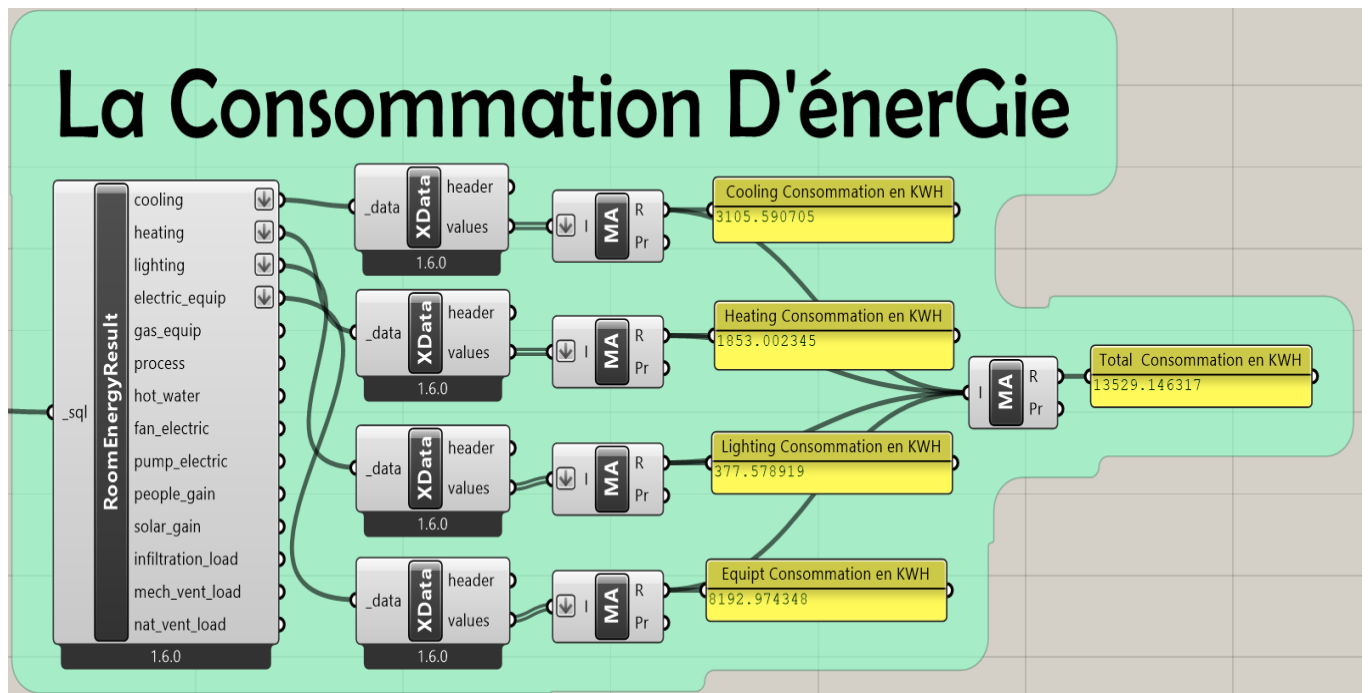


Figure 253:La consommation d'énergie
Source : auteur

6.5.3 Le confort thermique :

la figure(254) représente les résultats de la simulation du confort thermique. Le pourcentage de confort des utilisateurs est de **56.81%**, ces résultats semblent bons et cela malgré qu'ils soient à la limite tolérer.

D'après le tableau(10), le PMV est dans les valeurs qui correspond à la sensation thermique neutre.

On revanche le PPD est plus grand d'une valeur de **19%** des valeurs recommandées.

La valeur moyenne de la température opérative trouvé qui est de **22.26°C** entre dans la fourchette recommander.

Les résultats ci-dessus sont obtenu par le RHINO :

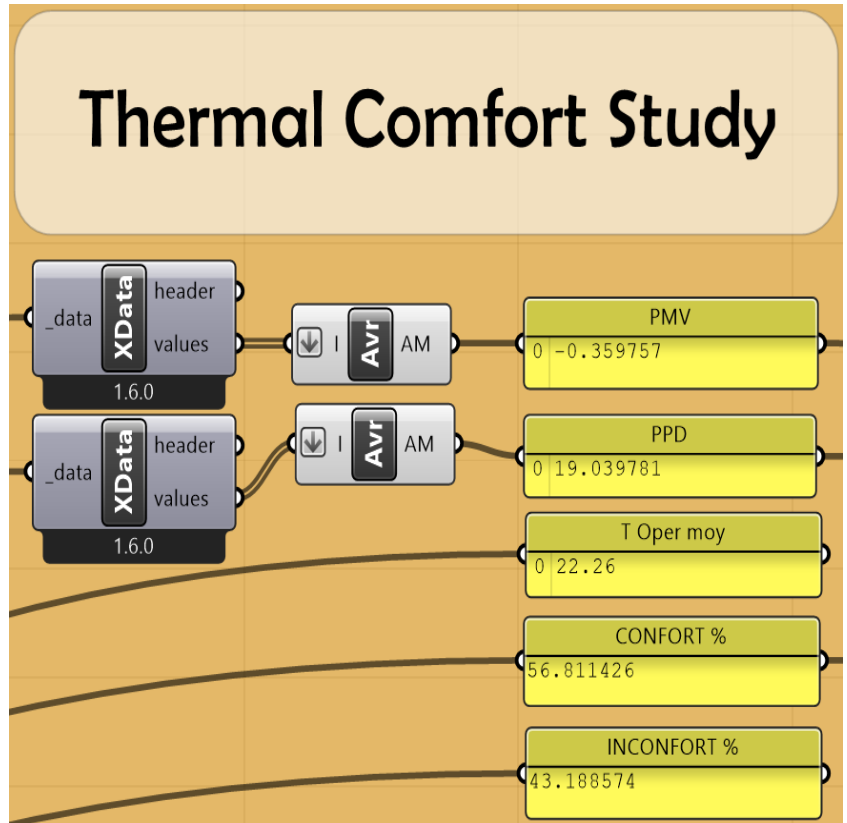
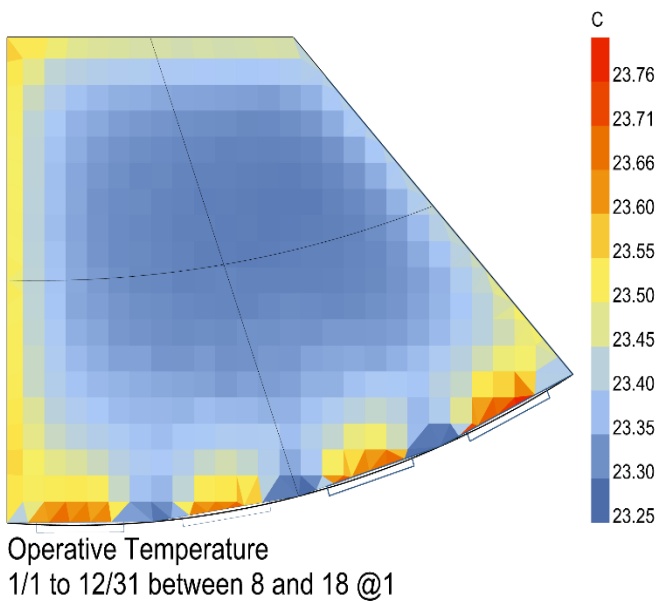


Figure 254:le confort thermique
Source : auteur



Operative Temperature
1/1 to 12/31 between 8 and 18 @1
Figure 255:La température opérative
Source : auteur

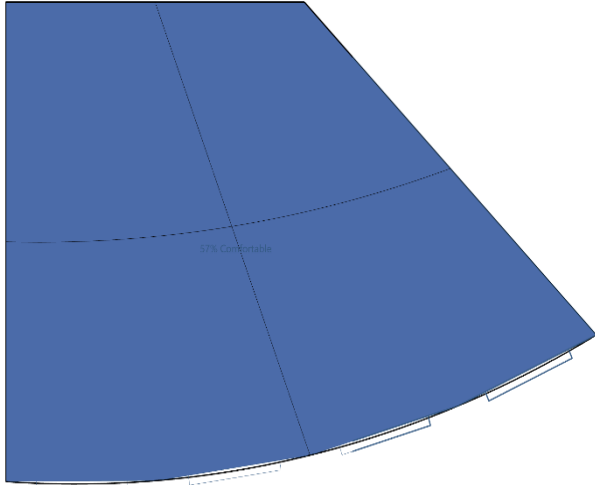
6.5.3.1 La température opérative :

Les taux élevés de **23.7°C** à la proximité des fenêtres s'explique par la présence des taches solaires sur le sol.

On observe un gain de chaleur sur les murs intérieurs d'environ **23.5°C** et au milieu du laboratoire la température opérative est de **23.2°C**.

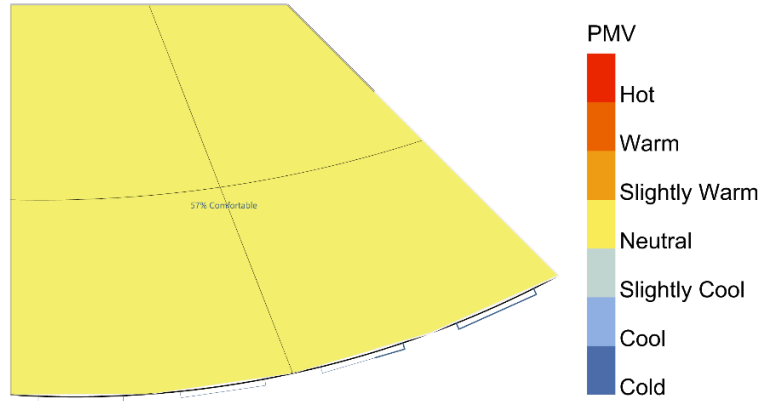
6.5.3.2 Le vote moyen prévisible PMV:

Le PMV dans la surface totale du laboratoire est considéré comme *neutre*.



Average Percentage People Dissatisfied (%)
1/1 to 12/31 between 8 and 18

Figure 257: Le pourcentage de personnes insatisfaites PPD
Source : auteur

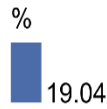


Average Predicted Mean Vote (PMV)
1/1 to 12/31 between 8 and 18

Figure 256: Le vote moyen prévisible PMV
Source : auteur

6.5.3.3 Le pourcentage de personnes insatisfaites PPD:

Le PPD est plus grand d'une valeur de *19%* et c'est le seul paramètre qui dépasse les normes en vigueur.



6.5.4 Le confort visuel :

la figure (258) représente les résultats de la simulation du confort visuel.

L'UDI est défini comme un pourcentage (%), c'est la fraction de temps dans une année où l'éclairage naturel horizontal intérieur en un point donné se situe dans une plage donnée.

L'UDI obtenu est de *92%*, ce taux est considéré comme faible selon les normes.

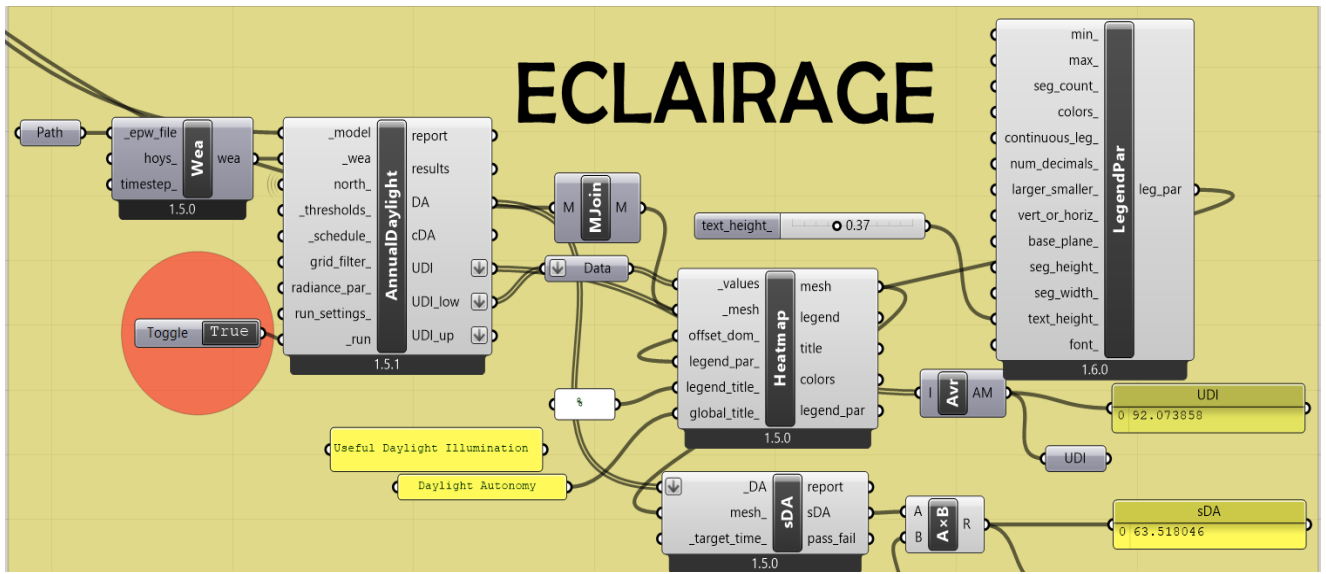


Figure 258: le confort visuel
Source : auteur

6.5.4.1 L'éclairage utile de la lumière du jour (UDI) :

D'après les résultats obtenus par le RHINO, on remarque que la totalité de la surface de laboratoire se caractérise d'un éclairage naturel insuffisant, en particulier le côté le plus éloigné des fenêtres d'une valeur de 29.53%.

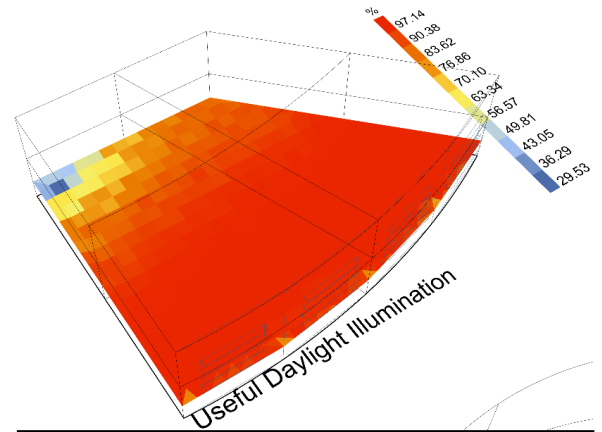


Figure 259:UDI
Source : auteur

6.5.4.2 Autonomie de la lumière du jour (DA)

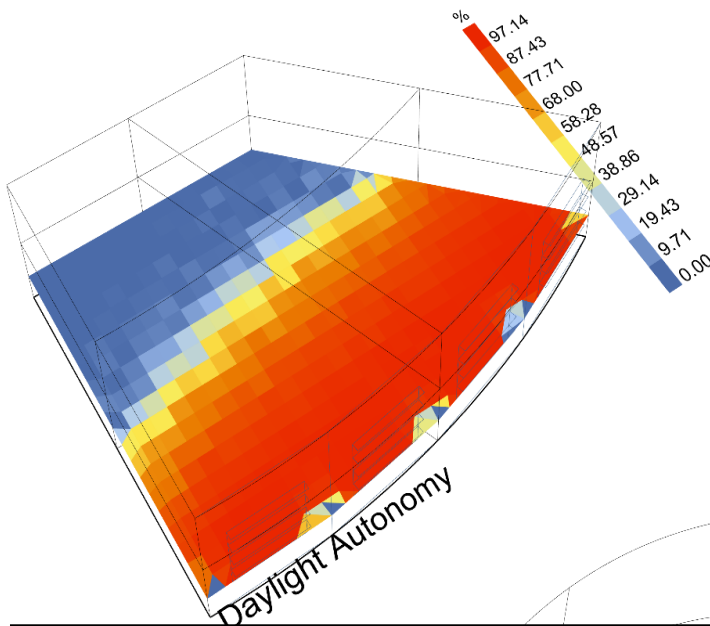


Figure 260:DA
Source : auteur

Ce paramètre est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre d'heures dans une année où l'éclairage fourni par la lumière du jour en un point reste supérieur à un seuil minimal d'éclairage requis, sur le nombre total des heures d'occupation. D'après les résultats du RHINO on remarque qu'il n'y a pas d'autonomie d'éclairage dans presque la moitié de la surface. On trouve des taux nuls dans les cotes les plus éloignés du laboratoire.

6.6 Cas amélioré :

Pour améliorer la performance énergétique on a choisi les vitrages suivants :

6.6.1 Le triple vitrage "à basse émissivité" :

Le triple vitrage à basse émissivité "vitrage à haut rendement" ou "vitrage super isolant" est une technologie de vitrage améliorée qui offre une meilleure isolation thermique par rapport aux vitrages traditionnels. Il se compose de trois couches de verre avec des espaces d'air ou de gaz inerte entre eux. Ils réfléchissent 96 % du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde, ils réfléchissent 96 % du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde.

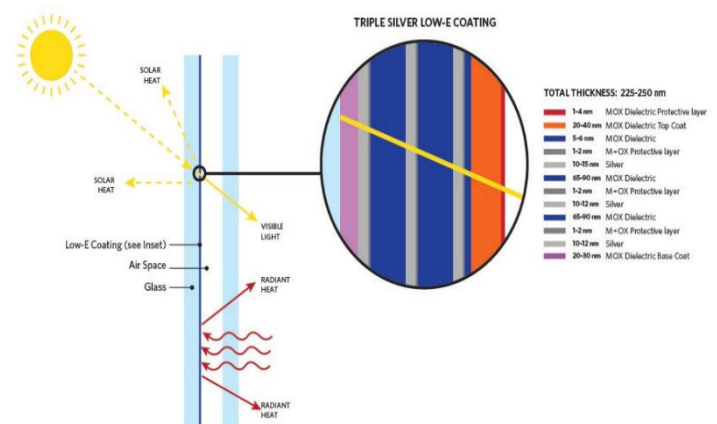


Figure 261:Le triple vitrage "à basse émissivité"
Source : www.pvdtarget.com

Les avantages du triple vitrage à basse émissivité sont multiples :

1. **Isolation thermique améliorée** : Le triple vitrage offre une meilleure isolation thermique en réduisant les pertes de chaleur à travers les fenêtres. Cela permet de maintenir une température plus constante à l'intérieur de votre maison, réduisant ainsi les besoins de chauffage et de climatisation.
2. **Réduction des factures énergétiques** : En raison de sa meilleure isolation, le triple vitrage à basse émissivité peut contribuer à réduire les coûts de chauffage et de climatisation, ce qui peut se traduire par des économies d'énergie significatives au fil du temps.
3. **Isolation acoustique améliorée** : Le triple vitrage peut également réduire la transmission des bruits extérieurs, offrant ainsi une meilleure isolation phonique et un environnement intérieur plus calme.

6.6.2 Le vitrage Electrochromic Glass

- Le vitrage électrochromique est un type de vitrage intelligent qui peut changer de teinte en fonction de la tension électrique appliquée. Le fonctionnement du vitrage électrochromique repose sur des couches minces de matériaux spéciaux qui réagissent aux impulsions électriques.

- Un Vitrage dynamique ,ce vitrage intelligent ce teint de s'claircer automatiquement par charge électrique pour contrôler la luminosité at la chaleur.

- Le vitrage qui ce teint entièrement ou partiellement.

- Lorsque le soleil disparaître le verre éclairci .

- Le vitrage se fonctionne à grasse un système en 03 composantes :

1. vitrage isolant il s'agit du verre mené construit avec un revêtement réactif qui permet de personnaliser la teinte.
2. le matériel de contrôle il s'agit de Centre de communication qui dispose l'interface pour
3. capter les interactions puis transmet les informations à travers le bâtiment l'intelligence de système qui évaluer les facteur extérieur/intérieur : la météo la position de soleil ,orientation du bâtiment l'emplacement taux d'occupation pour crée un confort optimal de chacun occupant.



Figure 262:Le vitrage Electrochromic Glass
Source : www.sageglass.com

Les avantages du Electrochromic Glass sont multiples :

1. **Contrôle de la luminosité** : Le verre électrochromique permet un contrôle précis de la quantité de lumière qui pénètre dans un espace. En ajustant la tension appliquée, on peut régler la teinte du verre, allant d'un état clair à un état teinté. Cela permet de réduire l'éblouissement, de bloquer les rayons solaires indésirables et de créer une atmosphère plus confortable à l'intérieur.
2. **Gestion de la chaleur** : Le verre électrochromique contribue à la gestion de la chaleur à travers les fenêtres. En le réglant sur un état teinté lorsque le soleil est fort, il est possible de réduire la quantité de chaleur solaire qui pénètre dans un espace, ce qui peut contribuer à la réduction de la consommation d'énergie liée au refroidissement.
3. **Protection contre les rayons UV** : Le verre électrochromique peut filtrer une grande partie des rayons ultraviolets (UV) nocifs, offrant ainsi une protection contre les effets néfastes du soleil.
4. **Flexibilité et esthétique** : Le verre électrochromique peut être intégré à diverses applications architecturales, telles que les fenêtres, les façades de bâtiments, les toits, les vérandas, etc.
5. **Efficacité énergétique** : Grâce à sa capacité à réduire l'éblouissement, à contrôler la chaleur solaire et à améliorer l'isolation thermique, le verre électrochromique peut contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, réduisant ainsi les besoins de chauffage et de climatisation et permettant des économies d'énergie.

Le tableau (15) :regroupe les caractéristiques des vitrages adopté dans notre étude.

| Les caractéristiques du vitrage : | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| | Le vitrage Electrochromic Glass | Le triple vitrage "à basse émissivité" |
| Epaisseur (mm) | 10 | 24 |
| Conductivité Thermique U (W/m2-K) | 0.2 | 0.6 |

6.7 Les résultats de la simulation:

les mêmes démarches que l'étape précédente (cas initiale) sont entamer pour le cas améliorer ou on a utilisé les deux vitrages.

Les graphs ci-dessous regroupent les résultats de simulation pour le cas initiale triple vitrage avec gaz d'argon (1), le triple vitrage "à basse émissivité" (2) et le vitrage Electrochromic Glass(3).

6.7.1 Le confort thermique :

6.7.1.1 Confort thermique des usagers

D'après le graphe on a obtenu un confort thermique de **56.811%** pour le cas initiale triple vitrage avec gaz d'argon et de **56.802%** pour le triple vitrage "à basse émissivité" et enfin un confort de **52.116%** pour le vitrage Electrochromic Glass.

Du fait que les résultats du confort thermique des deux premiers types de vitrages 1 et 2 sont très proches. Et le troisième type reste toujours intéressant.

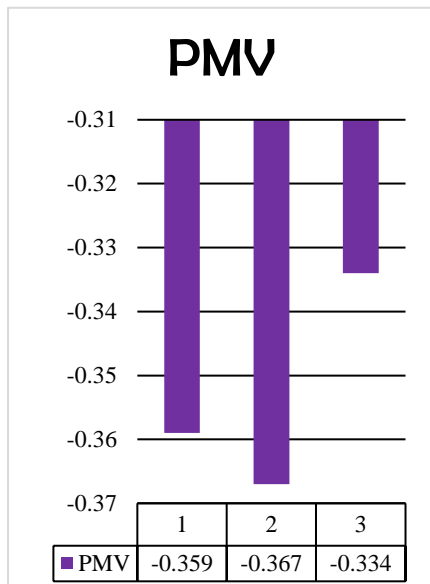


Figure 264:PMV les trois cas
Source auteur.

6.7.2 Le confort visuel :

D'après le graphe :

Pour l'SDA : on a obtenu de **63.518 %** pour le cas initiale triple vitrage avec gaz d'argon et de **63.372 %** pour le triple vitrage "à basse émissivité" et enfin un confort de **65 %** pour le vitrage Electrochromic Glass.

Pour l'UDI : on a obtenu de **92.073 %** pour le cas initiale triple vitrage avec gaz d'argon et de

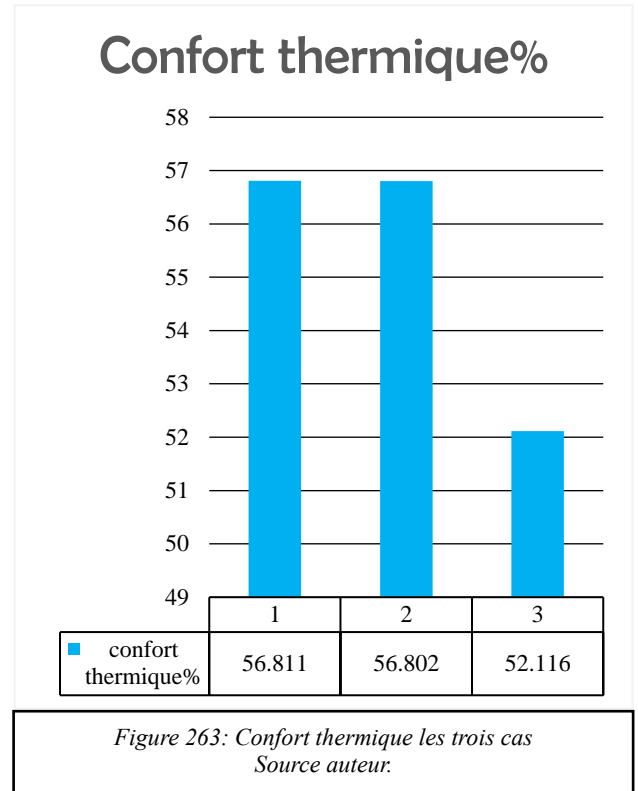


Figure 263: Confort thermique les trois cas
Source auteur.

6.7.1.2 Le vote moyen prévisible PMV:

Le PMV est un indicateur qui permet d'évaluer le niveau de confort thermique des occupants dans une pièce donnée.

D'après le graphe les résultats du PMV des trois types de vitrages sont très proches.

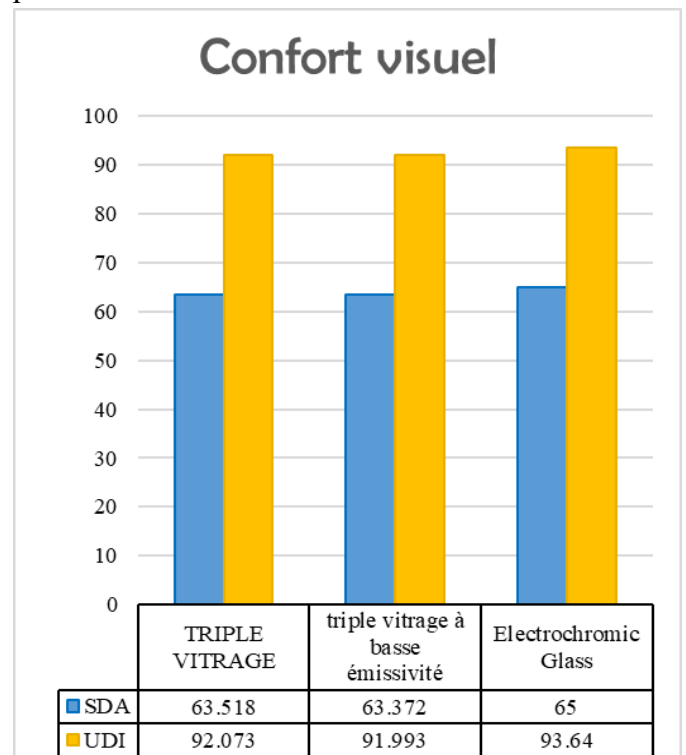


Figure 265:UDI et SDA les trois cas
Source auteur.

91.993 % pour le triple vitrage "à basse émissivité" et enfin un confort de 93.64 % pour le vitrage Electrochromic Glass.

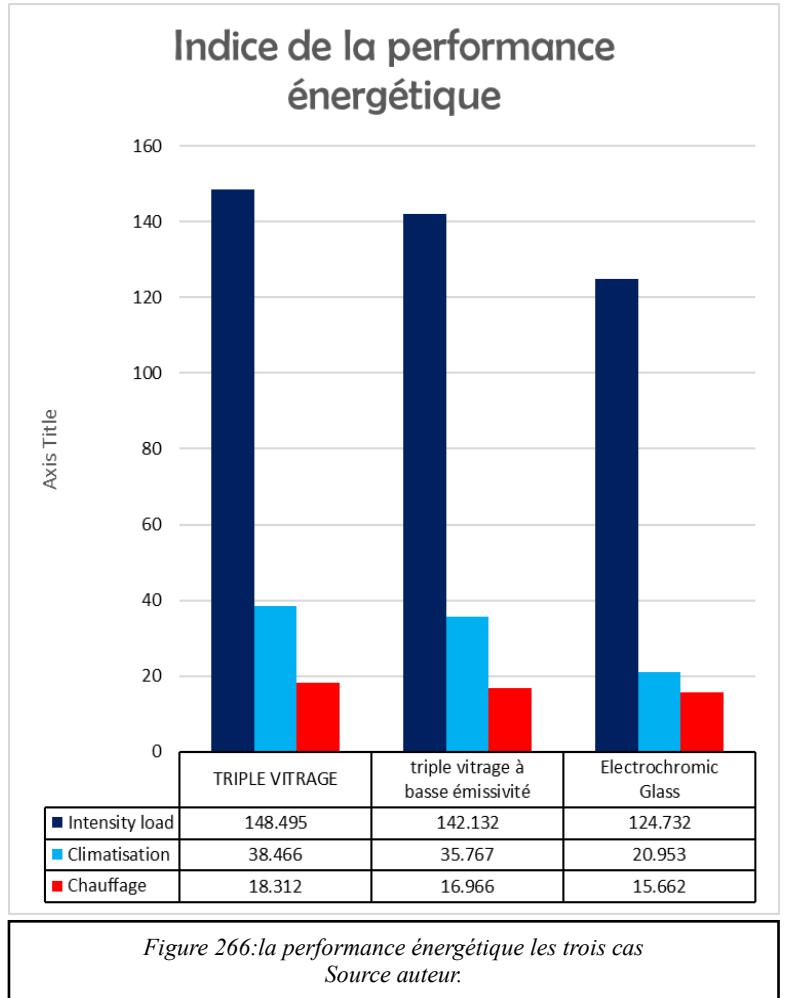
Les résultats du vitrage Electrochromic Glass semble être le mieux adapté .

6.7.3 la performance énergétique :

La performance énergétique d'un bâtiment est définie comme étant la quantité d'énergie nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment, ce qui inclut l'énergie utilisée par ses systèmes techniques.

la figure (266) représente le résultat global de la simulation de la performance énergétique.

On peut constater que pour le triple vitrage "à basse émissivité" la simulation a donné une performance énergétique totale égale à 142,123 kWh/m2/an dont 35,767 kWh/m2/an en climatisation et 16,966 kWh/m2/an en chauffage,



Et pour le vitrage Electrochromic Glass la simulation a donné une performance énergétique totale égale à 124,732 kWh/m2/an dont 20,953 kWh/m2/an en climatisation et 15,662 kWh/m2/an en chauffage.

En comparant l'indice de performance énergétique totale dans le deuxième type de vitrage avec le cas initial, on trouve une amélioration faible de 4% tan disque on constate une amélioration de 16% pour le troisième type de vitrage.

On peut conclure donc que le vitrage Electrochromic Glass présente les meilleures performances énergétiques. Ce résultat est en accord avec les recherches qui ont montré que la consommation énergétique du bâtiment diminue lorsque la conductivité U du vitrage est minimisée, et que les grandes surfaces des fenêtres ne sont pas adaptées aux conditions climatiques chaudes et arides.

6.8 Optimisation multi-objectif avec Colibri :

Notre capacité croissante à collecter d'énormes quantités d'informations sur les séquences pour soutenir de telles études dépasse sans doute le rythme auquel nous concevons de nouvelles méthodes pour stocker, traiter, analyser et visualiser ces données. Pour atténuer les difficultés inhérentes à la détection, au filtrage et à la classification des modèles dans de grands ensembles de données, nous avons besoin de visualisations instructives et claires qui s'adaptent à la densité et à la plage dynamique des données, maintiennent la complexité et le détail des données, et bien évoluer sans sacrifier la clarté et la spécificité.

L'interface Parallel Coordinates permet de visualiser une géométrie de grande dimension et d'analyser des données multivariées. Il se compose de plusieurs n axes verticaux (chacun d'eux représentant un paramètre spécifique avec sa plage définie de variables), verticaux et équidistants.

Cette opération est faite à l'aide d'une simulation multi-objectifs avec plugin Colibri du Rhino.

6.8.1 Stratégie de prendre des décisions

Cet outil va nous permet de prendre une décision parmi plusieurs proposition fournis par la simulation de la performance énergétique et le confort thermique. Il doit nous aider à choisir une meilleur combinaison performance énergétique/confort thermique.

On distingue dans notre étude 3 cas suivante :

1^{er} cas : Le confort thermique bien/performance énergétique relativement acceptable.

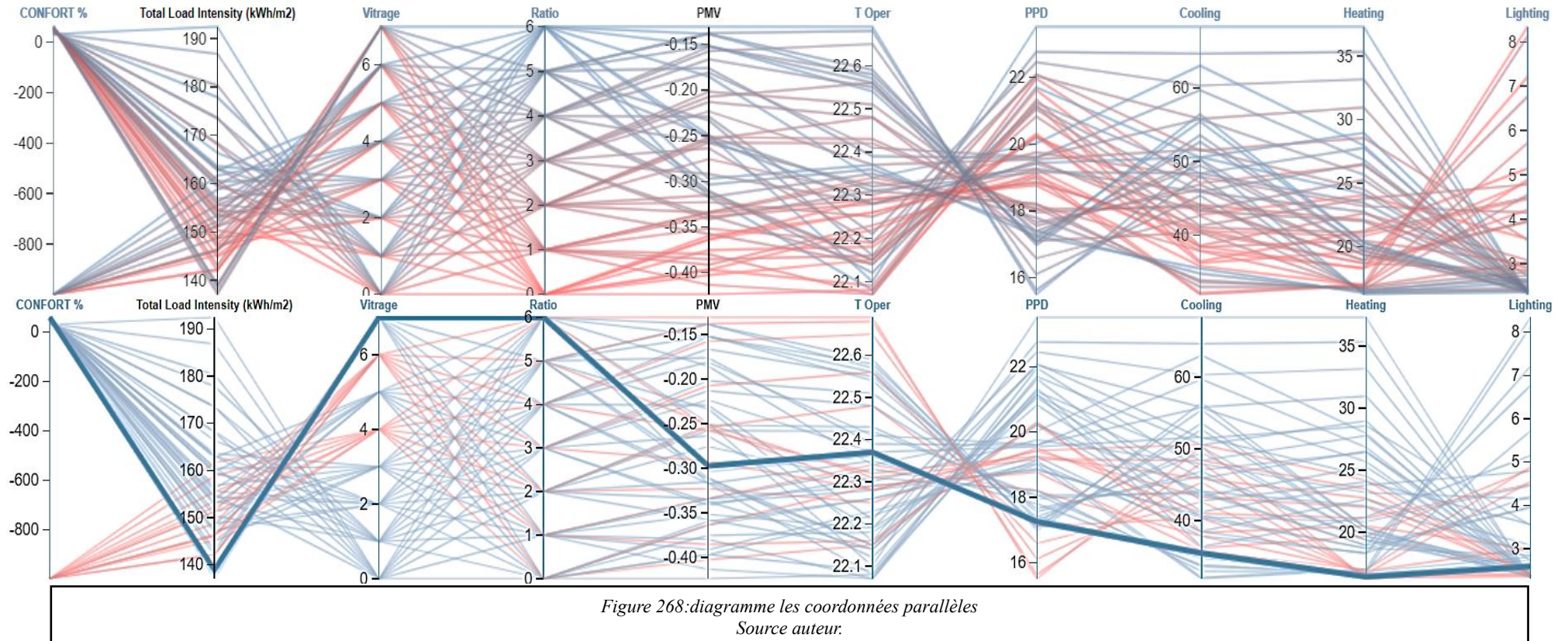
2^{ieme} cas : Le confort thermique bien/performance énergétique avec une faible amélioration par rapport au 1^{er} cas.

3^{ieme} cas : Le confort thermique est faible par rapport aux deux cas/ une meilleure performance énergétique.

On doit agir sur les inputs (les trois vitrages et le ratio) afin d'obtenir une meilleure corrélation avec les outputs (TLI, climatisation, chauffage, éclairage artificiel, confort thermique d'usagée, PMV, PPD et Température opérative).

6.8.2 Les résultats :

La figure ci-dessous représente les coordonnées parallèles qui nous fournit un tracé en bleu de la meilleure corrélation possible où toutes les valeurs sont acceptables en les comparant avec celles de l'état initiale.



| | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Vitrage | le vitrage Electrochromic Glass |
| Ratio | 0.6 |
| PMV | -0.297343 |
| Confort thermique d'utilisateur (%) | 60.167542 |
| T Oper (°C) | 22.37 |
| PPD | 17.248389 |
| Total Load Intensity (kWh/m2/an) | 138.95992 |
| Climatisation | 35.462441 |
| Chauffage | 16.399713 |

Tableau 16: Les données de la meilleure corrélation

Synthèse :

Dans le domaine de l'architecture les outils de simulations ont permis d'optimiser les recherches et de spécifier les problématiques des bâtiments, De cela vient le recours à ces outils en donnant des résultats qui nous facilitent la tâche d'étude et d'optimiser au maximum les résultats, La simulation de la performances énergétiques effectuée par RHINO/GRASSHOPPER a montré que le vitrage Electrochromic Glass a donné le meilleur indice de performance énergétiques avec une amélioration de **16%** par rapport au cas initial et des résultats de même ordre pour le confort visuel. Pour le confort thermique et malgré une faible diminution du confort thermique d usager, le résultat reste relativement acceptable.

Après l'optimisation avec Colibri, on a obtenu la meilleure corrélation possible où toutes les valeurs sont acceptables en les comparant avec celles de l'état initial.



CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Notre objectif à travers cette étude a été la conception d'un incubateur de startup en smart building à la ville de Laghouat, l'intérêt a été porté sur les conditions climatiques (en milieu aride), et le fait qu'il soit lui-même une structure reflétant des innovations technologiques tels que les matériaux et équipements intelligents.

A cet égard et pour accomplir la conception de ce projet, une étude théorique nous a menés à mieux cerner la thématique et découvrir les principes de conception d'un incubateur, en réalisant une analyse exploratoire de quelques exemples similaires, cette étude démontre aussi que les conditions nécessaires ne se limitent pas aux conditions fonctionnelles mais elles les dépassent à la qualité de l'environnement intérieur liées au bien être des utilisateurs et à l'exécution de leurs tâches. Précisément les conditions de confort thermique, visuel, respiratoire et acoustique recommandées pour chaque espace.

Dans le parcours du processus de conception, on a défini le contexte du projet à réaliser, en prenant en considération le site du projet, ses données géographiques et climatiques, Pour s'intégrer aux conditions climatiques on a parcouru à une forme compacte orientée nord/sud avec l'insertion des atriums à l'intérieur.

Nous avons également présenté quelques solutions techniques adoptées à l'échelle du projet et quelques dispositifs environnementaux à l'échelle de notre projet.

Pour l'évaluation de la performance énergétique en assurant le confort thermique et visuel, on a utilisé le logiciel de simulation RHINO. la simulation de performance énergétique réalisée avec RHINO/GRASSHOPPER a démontré que l'utilisation du vitrage Electrochromic Glass offrait le meilleur indice de performance énergétique, avec une amélioration de 16% par rapport à l'état initial. Des résultats similaires ont été obtenus en ce qui concerne le confort visuel. En ce qui concerne le confort thermique, bien qu'il y ait eu une légère diminution pour les occupants, le résultat reste relativement acceptable. À la suite de l'application de l'optimisation avec Colibri, nous avons atteint la corrélation optimale, où toutes les valeurs obtenues sont acceptables lorsqu'elles sont comparées à celles de l'état initial.

A travers cette simulation dynamique, De ce fait l'hypothèse énoncé au début et confirmée.

Par ce travail, nous espérons apporter une attention à la ville de Laghouat. Que cette étude puisse stimuler la curiosité scientifique pour les futures promotions et peut être aussi une contribution pour créer des axes de recherches dans le domaine de l'architecture environnemental.

Références bibliographiques

Ouvrage:

- Architecte, A. L. (2011). « Architecte de bâtiment ». Fluorcom.
- Bâtir avec l'environnement. (2010). In *100 mots de la construction durable*. Paris: FFB.
- Casini, M. (2016). *Smart Buildings Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental*. Cambridge, MA 02139, USA: Elsevier.
- Dr Yahia DJEKIDEL, D. M. (2021). *La startup en Algérie : Caractéristiques et Obligations*.
- E. Arnaud, A. B. (2011). « le développement durable ». Paris: édition Nathan.
- Godard, O. (2015). *Environnement et développement durable : Une approche méta-économique*. Paris: De Boeck supérieur.
- L. Mudri, A. L. (2001). *Dimensions of personality in the responses to luminous ambiances*. Brazil: Florianópolis.
- La commission mondiale , s. (1987). « *Notre avenir à tous* ». Londres: Rapport Brundtland.
- L'Agence Nationale de Promotion, e. d. (2004). *ANPT*. Retrieved from Agence Nationale du développement des Parcs Technologiques: <https://anpt.dz/>
- Pr. Chouam BOUCHAMA, P. B. (2016). Etat des lieux des incubateurs en Algérie Cas de l'incubateur de l'INTTIC d'Oran Mohammed DJELTI, ITO. *REVUE ECONOMIE & GESTION*.
- RAHMOUNI, S. (2020). *Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique*.
- Rais MERRAD. (2018). *Le modèle startup : devenir une entreprise moderne en adaptant le management entrepreneurial*. France: Pearson.
- Sinopoli, J. (2010). *Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders*. USA: Elsevier.
- ZANNAKIS, R. (2014). Master 2 Ingénierie Numérique et Signal Image et Informatique Industrielle, Calais. *Université du Littoral Côte d'Opale*,

Autres références

- Les bâtiments intelligents, fonctionnement et principaux avantages, dans Quelle Energie, par Effy URL : <https://www.quelleenergie.fr/economiesenergie/domotique/batiments-intelligent> (2023 12h 23)
- Smart city : quels liens entre technologies et respect de l'environnement dans la ville intelligente ? SYNOX : innovate together. URL : <https://www.synox.io/cat-smartcity/smart-city-environnement/>
- « Les matériaux de construction innovants, entre développement durable et technologie », 18/05/2018 ARCH et TECH. URL : <https://swissroc.ch/les-materiauxde-construction-innovants-entre-developpement-durable-et-technologie/>
- Les matériaux intelligents dans le domaine du BTP dans le site OPUSS. URL : <https://opussamo.com/les-materiaux-intelligents-dans-le-domaine-du-btp>



ANNEXES

Annexe 01 : Smart building

1. Gestion des disciplines du bâtiment

- **Gestion des équipements de confort et de sécurité :**

- Systèmes de sécurité.
- Efficacité énergétique.

- **Gestion des systèmes d'information :**

- système d'information.
- Automatisation des espaces de tra

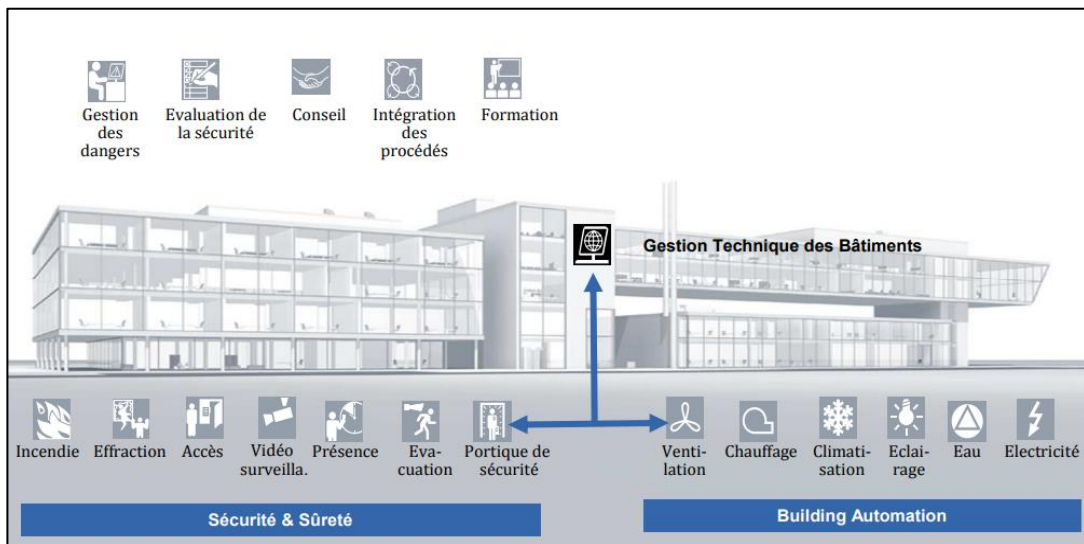


Figure 1 : Les catégories du smart building.

Source : siemens.fr

2. Le bâtiment intelligent

Peut être défini comme un bâtiment à haute performance énergétique qui gère les équipements consommateurs et les moyens de production ainsi que le stockage de l'énergie de manière optimisée tout en assurant le confort des utilisateurs.

Plus précisément, c'est au travers des NTIC que nous mettons de l'intelligence sur le réseau électrique dédié des bâtiments (habitations, immeubles, bureaux, etc.)

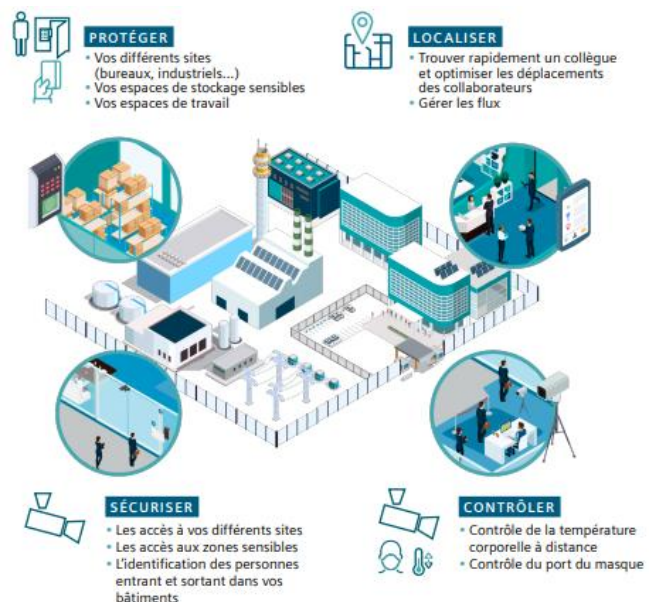


Figure 2: les systèmes d'intelligence d'un bureau.

Source : siemens.fr/smart-infrastructure

pour optimiser la gestion de l'énergie et des appareils sur le réseau.

Prise en compte des règles de la conception bioclimatique et de la thermique :

Gestion des apports solaires (forme du bâtiment...). Le choix de la localisation du bâtiment, implantation et orientation pour bénéficier pleinement de l'isolation et la production des énergies (disposition des panneaux solaires et des éoliennes...) (Casini, 2016).

Mise en place de systèmes performants de Ventilation:

L'objectif étant de limiter les déperditions thermiques liées aux ouvrants et par conséquent bénéficier de l'isolation.

- Climatisation et de chauffage (pompes à chaleur par exemple) : l'objectif étant de mieux contrôler et réguler la température.
- Adoption de nouvelles techniques de génération d'énergie : concevoir et construire un bâtiment évolutif pouvant intégrer facilement.

Développement de la domotique/immotique, des équipements à consommation énergétique modérée et des systèmes de régulation et management d'énergie.

3. L'immotique

L'immotique est la domotique à l'échelle d'un grand bâtiment. Elle gère un plus grand nombre d'appareils (le chauffage, l'éclairage, la ventilation, la communication, l'énergie ou encore la sécurité).

Ils sont contrôlés à distance grâce à des modules ou un terminal. Les interfaces de contrôle peuvent être des télécommandes, des écrans tactiles ou des appareils mobiles (téléphone, PDA, etc.).

Il existe deux types différents d'immotiques :

- **La gestion technique centralisée (GTC)**

La GTC désigne un système permettant de gérer les équipements techniques dans les bâtiments tertiaires, à usage professionnel ou résidentiel collectif. Elle permet de gérer un seul lot technique donné comme l'éclairage ou le chauffage et la climatisation.

- **La gestion technique du bâtiment (GTB)**

C'est le niveau supérieur de la GTC, elle gère l'ensemble des installations techniques sur un seul et unique pc, tels que le chauffage, climatisation, ventilation, électricité, en plus des équipements dont les ascenseurs, les alarmes, les contrôles d'accès et la vidéo surveillance.

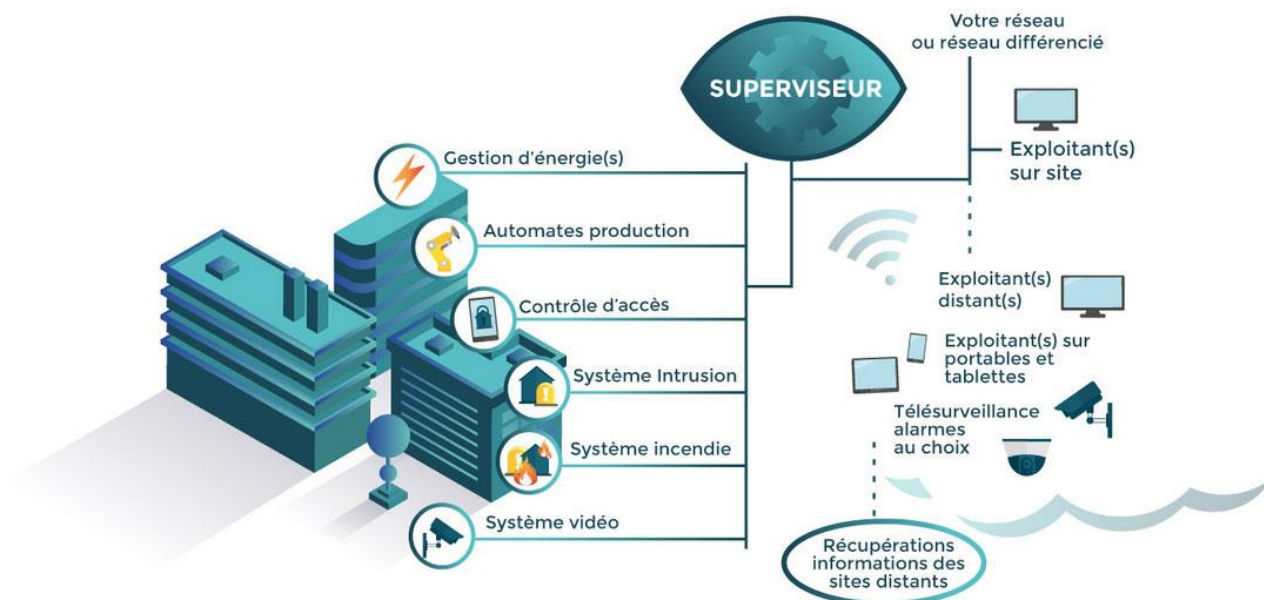


Figure 3: les types d'immotiques.
Source : <https://www.emse-fr.eu/>

4. Gestion d'un projet de Smart Building

Lorsqu'on conçoit et réalise un smart building, on doit faire face à un défi majeur en plus des aspects de construction, de technicité et de technologie propres à ce type d'ouvrage. Ce défi réside principalement dans la gestion du projet. Il comporte deux aspects principaux :

1. La dimension technique et technologique vise à créer un bâtiment conforme à un cahier des charges exigeant, en étant à la fois très respectueux de l'environnement et doté de fonctionnalités de communication avancées.
2. Le projet implique un nombre important et diversifié d'acteurs (parties prenantes) qui interviennent à différents degrés par rapport à un projet de construction classique.

5. Les acteurs de la domotique

Le projet de smart building se situe à l'intersection de plusieurs domaines tels que la construction, l'énergie, les services, l'informatique et la communication. Les acteurs impliqués dans ce domaine peuvent être regroupés en quatre catégories principales :

1. **Utilisateurs** : Ce sont les maîtres d'ouvrage, qu'ils soient des acteurs privés tels que les promoteurs immobiliers ou des acteurs publics tels que les collectivités locales et les gestionnaires de patrimoine.

2. **Industriels** : Ce sont les fabricants de matériel, de logiciels et les distributeurs qui fournissent les technologies nécessaires pour la mise en place du smart building.

3. **Opérateurs** : Ce sont les fournisseurs d'énergie, de services, de réseaux et de communication qui assurent le bon fonctionnement et la connectivité du smart building.

4. **Sociétés de services** : Il s'agit des bureaux d'études techniques, des assistants à maîtrise d'ouvrage, des intégrateurs et d'autres entités telles que les exploitants, les sociétés de services en ingénierie informatique (SSII) et les start-ups qui apportent leur expertise et leurs services pour la conception, la mise en œuvre et la gestion du smart building.

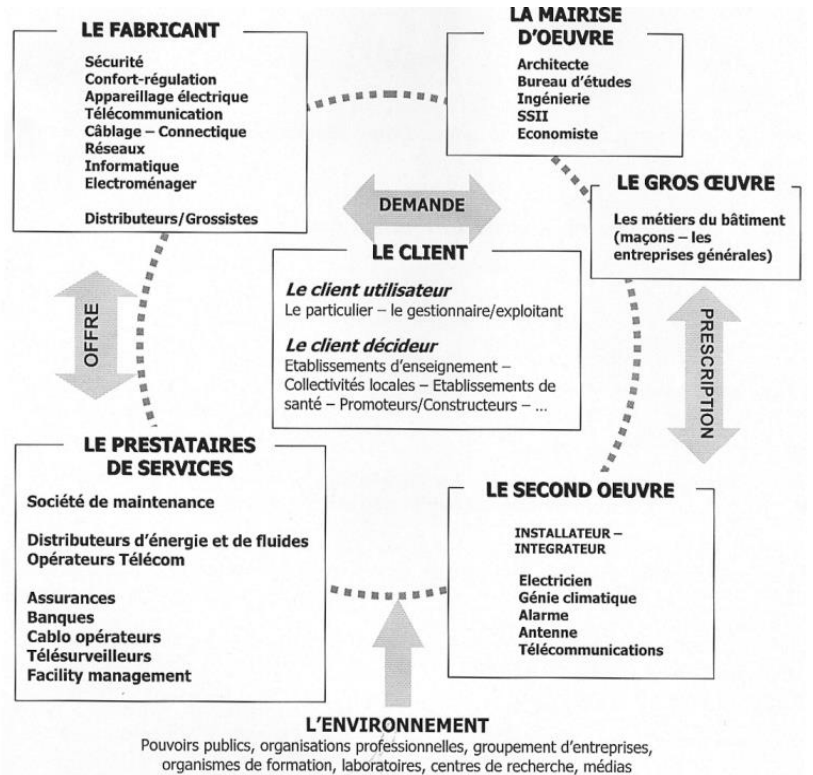


Figure 4: Les rôles des acteurs face à l'intégration de la domotique dans la construction
 Source : mémoire :DOMOTIQUE ET CONFORT :UN ÉTAT DES LIEUX , Arthur Gential,2001.

Annexe 02 :

Simulation de L'effet aérodynamique

Etude de l'écoulement du vent au tour de l'incubateur

1. Présentation logiciel ANSYS v.17.2¹

ANSYS est un éditeur de logiciels spécialisé en simulation numérique, Ses produits phares utilisent la méthode des éléments finis pour résoudre des modèles préalablement discrétisés. Ces solutions de simulation permettent de réduire ou d'éliminer les contraintes physiques en effectuant des tests virtuels qui seraient autrement impossibles à réaliser. ANSYS propose une gamme complète d'outils couvrant toutes les étapes nécessaires à une simulation, notamment le traitement géométrique, le maillage, la résolution, le traitement des résultats et l'optimisation.

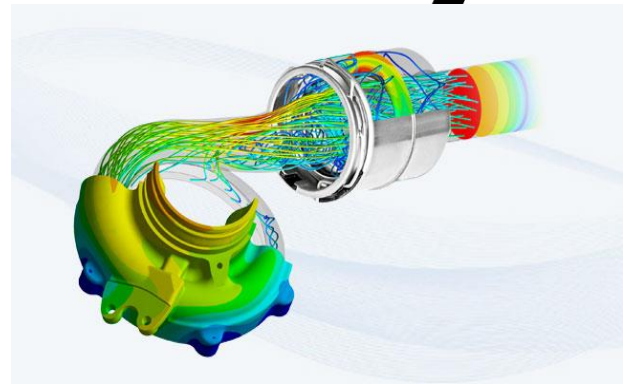
The ANSYS logo consists of a yellow chevron pointing to the right, followed by the word "Ansys" in a bold, black, sans-serif font.

Figure 5: logiciel ANSYS

La plateforme d'ANSYS intègre des fonctionnalités de calcul multi-physique, englobant la mécanique des fluides et des structures, l'électromagnétisme, la thermique ainsi que la simulation de systèmes et de circuits.

1.1. Création d'un système d'analyse « Fluid Flow »

Le WORKBENCH et ses applications vont au-delà de la simple exécution d'analyses individuelles, car ils offrent la possibilité de les automatiser. On peut le visualiser comme un diagramme ou une chaîne de calcul, où les informations circulent d'une boîte à l'autre.

La plateforme de travail comprend principalement quatre types de boîtes : la boîte de géométrie, la boîte de maillage, la boîte de simulation et la boîte de post-traitement. Dans notre cas, on a utilisé "Fluid Flow (Fluent)" à partir de la liste des "Analysis Systems".

¹ Mémoire master :SIMULATION DE LA COMBUSTION MONODIMENSIONNELLE D'UN MELANGE HETEROGENE. AIT SAID Fatima et ALLAL CHERIF Mourad,2017.

1.2. Création de géométrie

Cette étape consiste à dessiner la géométrie du problème, le corps et le domaine de fluide environnant, avec logiciel Design Modeler qui permet de réaliser des tracés 2D (Sketch), de créer à partir des sketches des objets 3D (par extrusion ...etc.) et de manipuler les objets 3D.

1.3. Maillage

Un maillage est un mécanisme pour l'organisation et la structuration d'un domaine dans l'espace pour fin de calculs. Il s'agit d'un partitionnement des frontières et du domaine qu'elles renferment en élément géométrique discrets. Ces entités possèdent des propriétés géométriques (les coordonnées, tailles) et des informations topologiques (connectivité, voisinage).

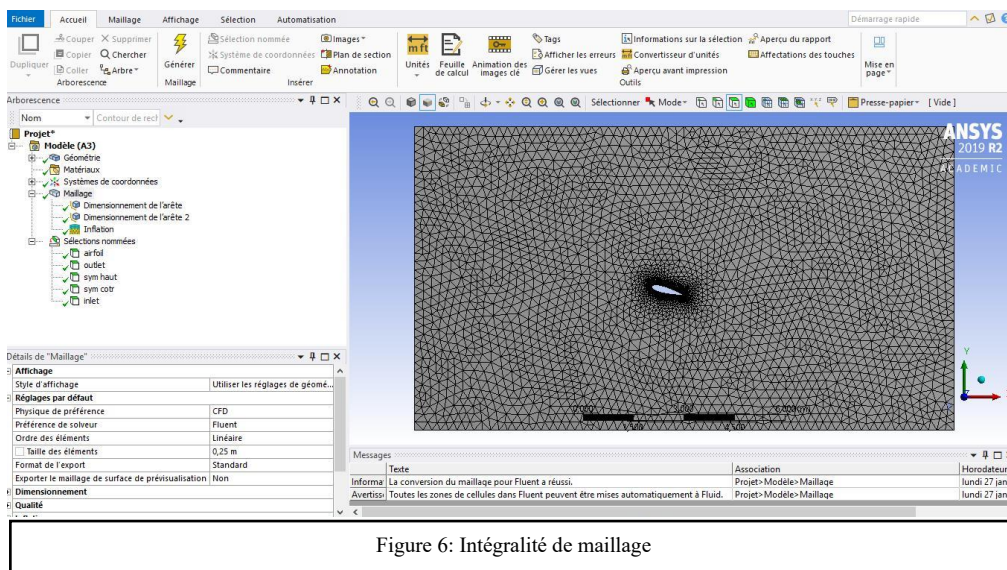


Figure 6: Intégralité de maillage

1.4. Mise en données et simulation

Le code de calcul Fluent est un ensemble de programmes (préprocesseur, processeur, Post- processeur), accumule une base de données pour stocker toute les informations (la géométrie, maillage, physique, et méthodes numériques), pour spécifier la nature de l'écoulement (permanent ou transitoire, laminaire ou turbulent et incompressible ou compressible), aussi le Transfert de chaleur (Conduction, convection et rayonnement...etc.). Et pour introduire les conditions initiales et aux limites du problème étudié ainsi que les paramètres de convergence (nombre d'itérations et la tolérance d'erreur).

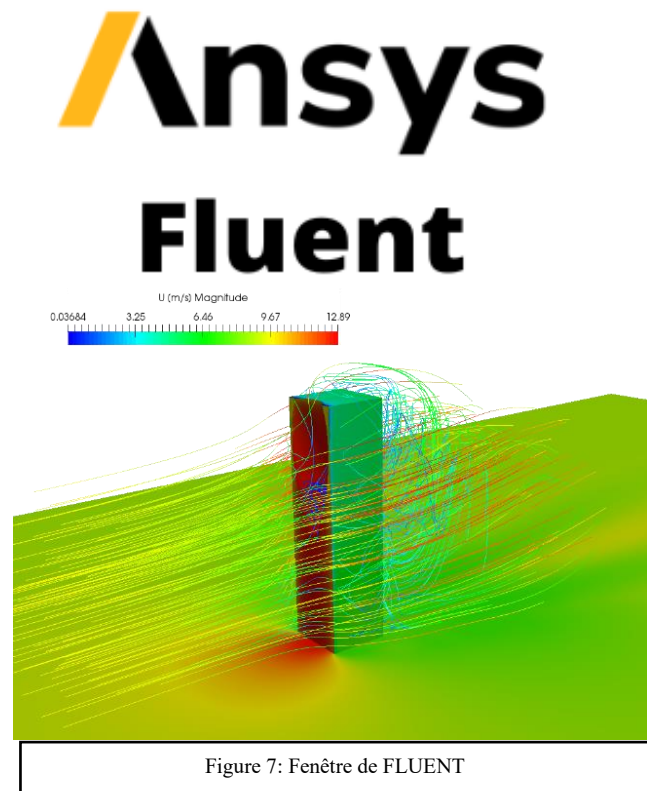


Figure 7: Fenêtre de FLUENT

2. Les résultats de la simulation

1. Vitesse du vent 5 m/s :

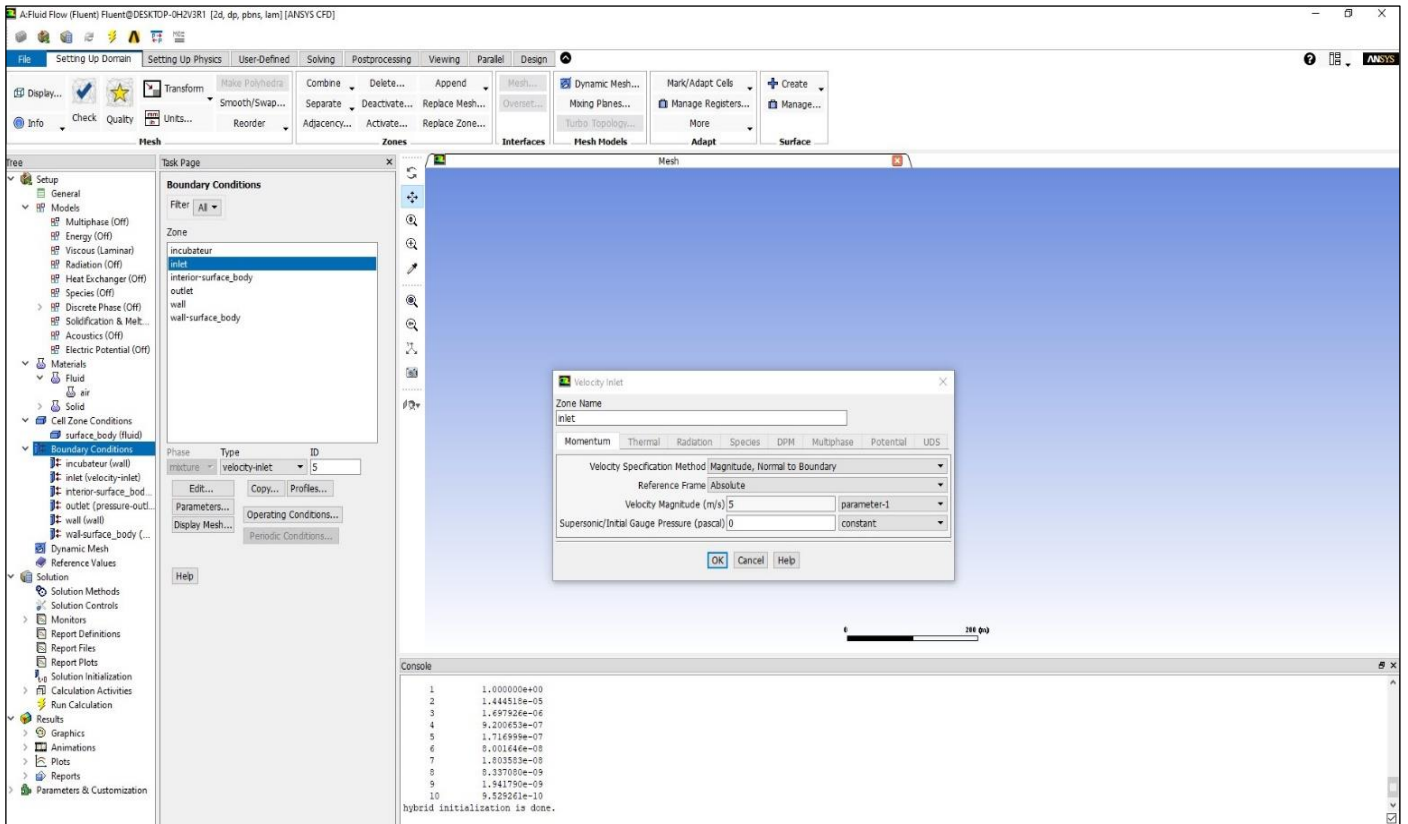


Figure 8: L'entrée de La vitesse du vent 5 m/s.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

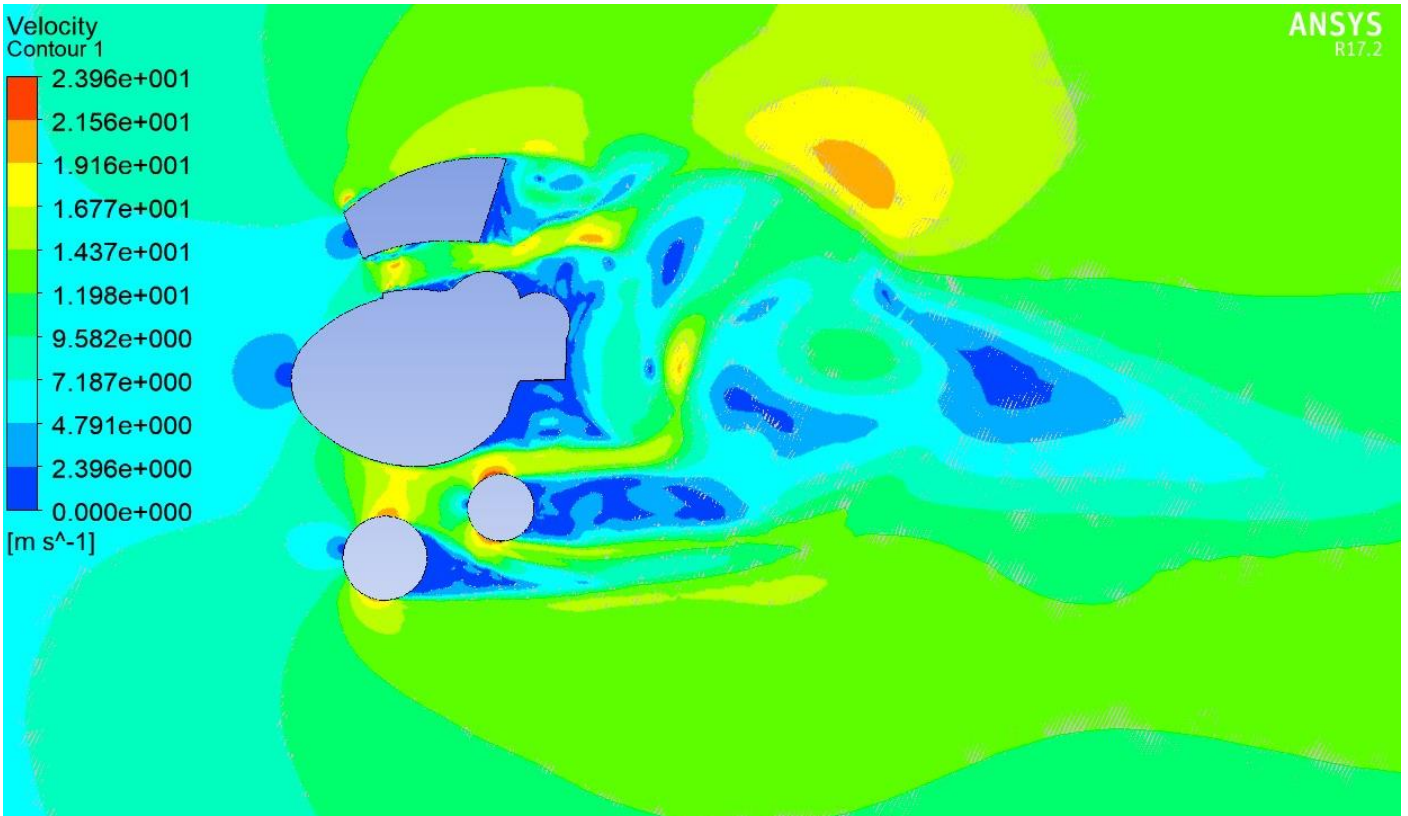


Figure 9: le résultat de la simulation :la vitesse en tour le bâti.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

2. Vitesse du vent 8 m/s :

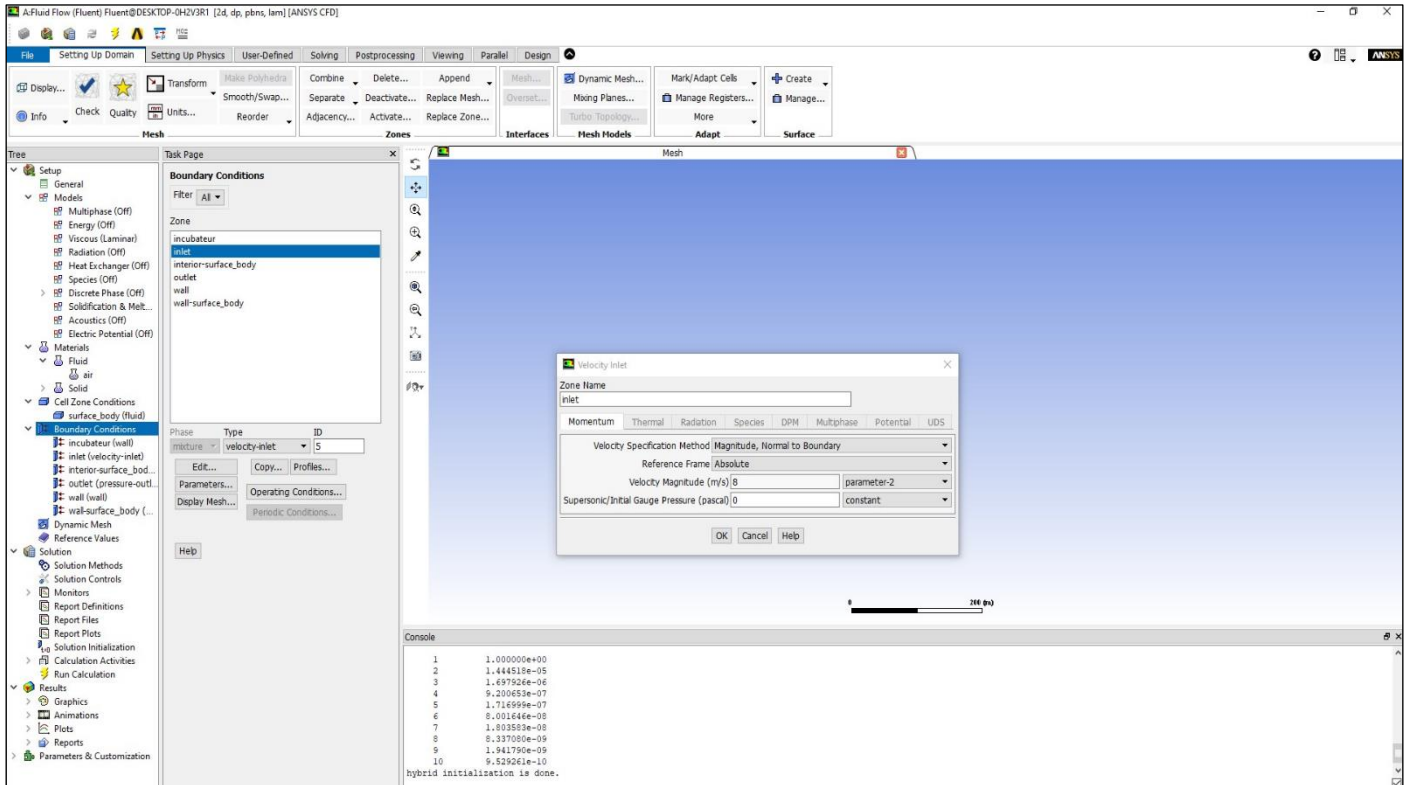


Figure 10: L'entrée de La vitesse du vent 8 m/s.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

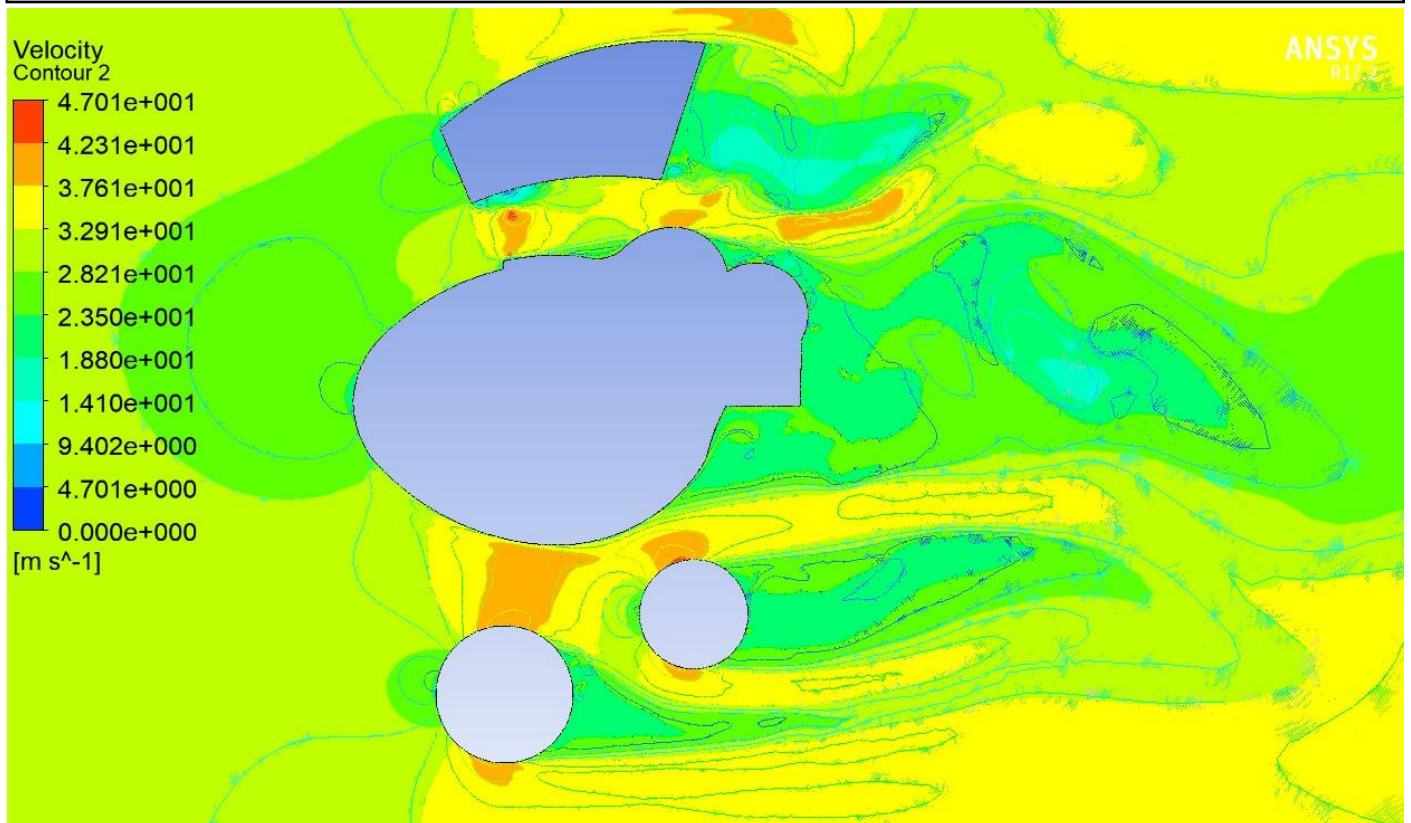


Figure 11: le résultat de la simulation :la vitesse en tour le bâtie (les zones critiques).
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

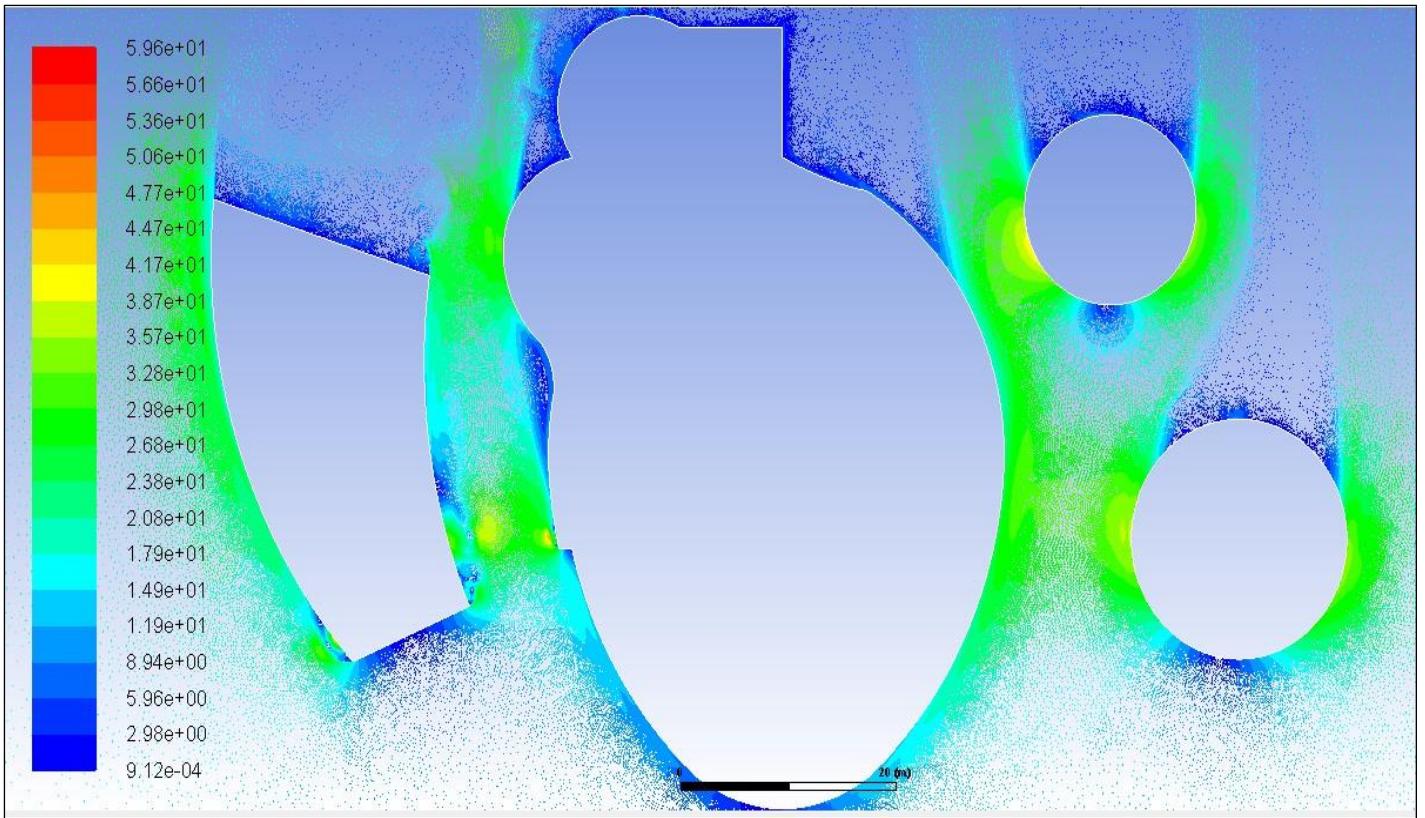


Figure 12: les vecteurs de vitesse.
 Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

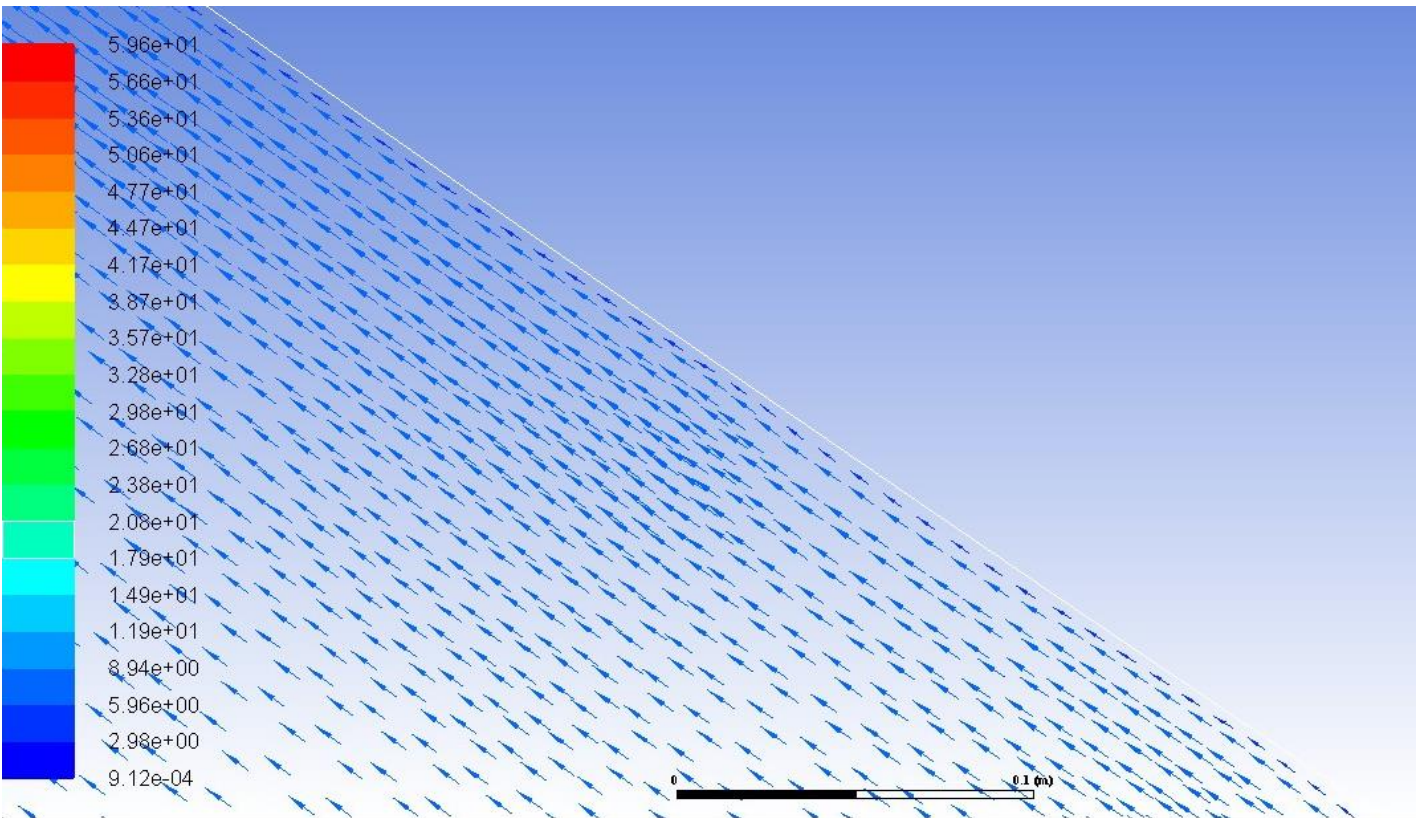


Figure 13: les vecteurs de vitesse sur la façade principale.
 Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

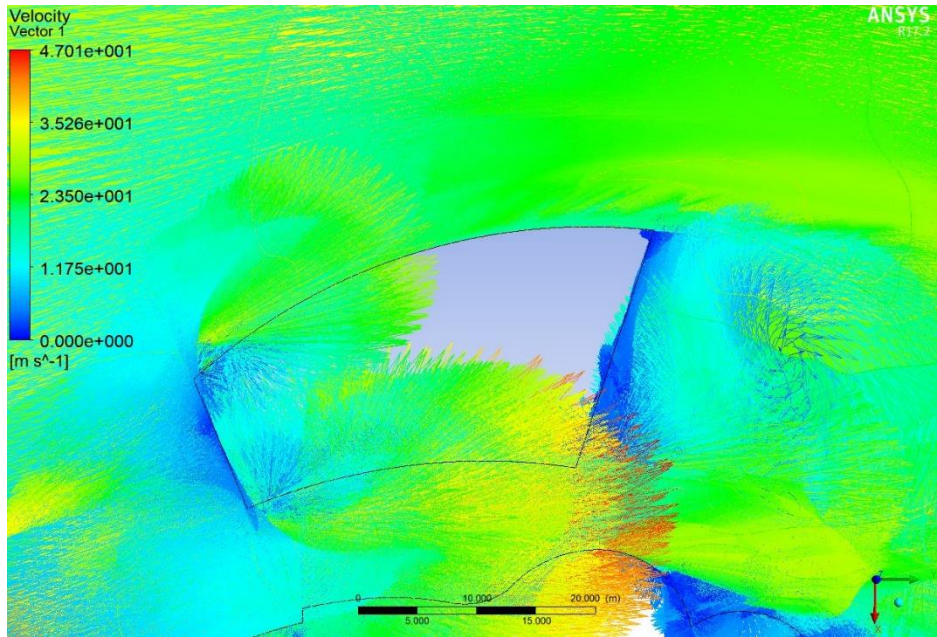


Figure 14: les vecteurs de vitesse sur le bloc 3.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

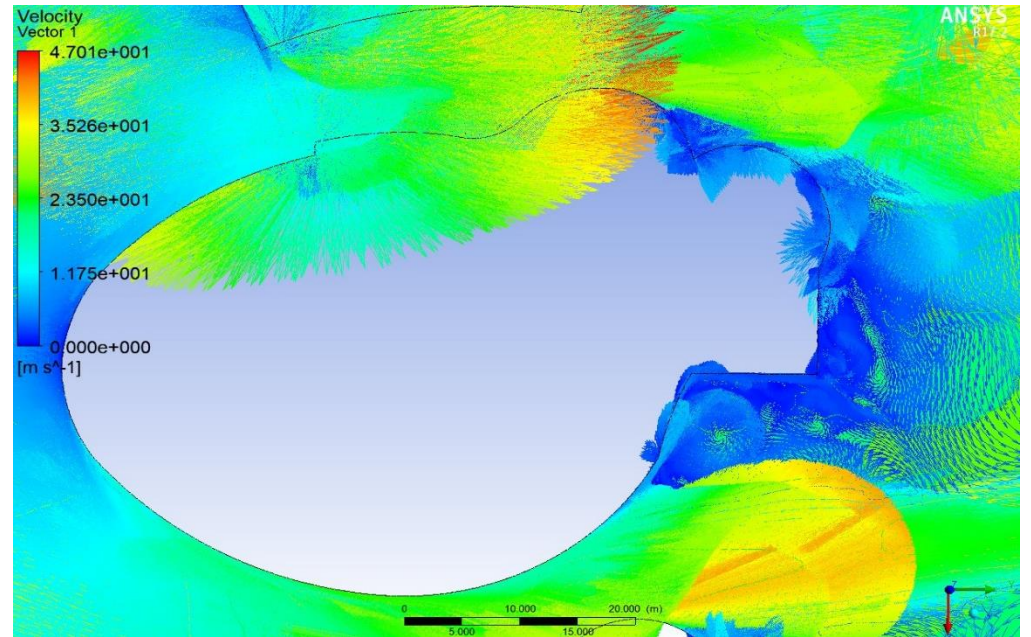


Figure 15: les vecteurs de vitesse sur le bloc 1.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.

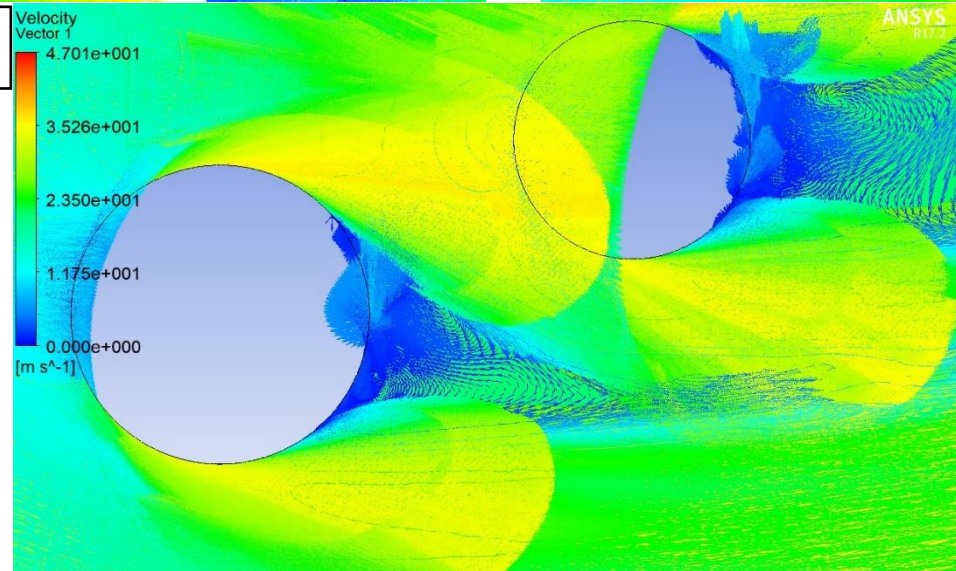
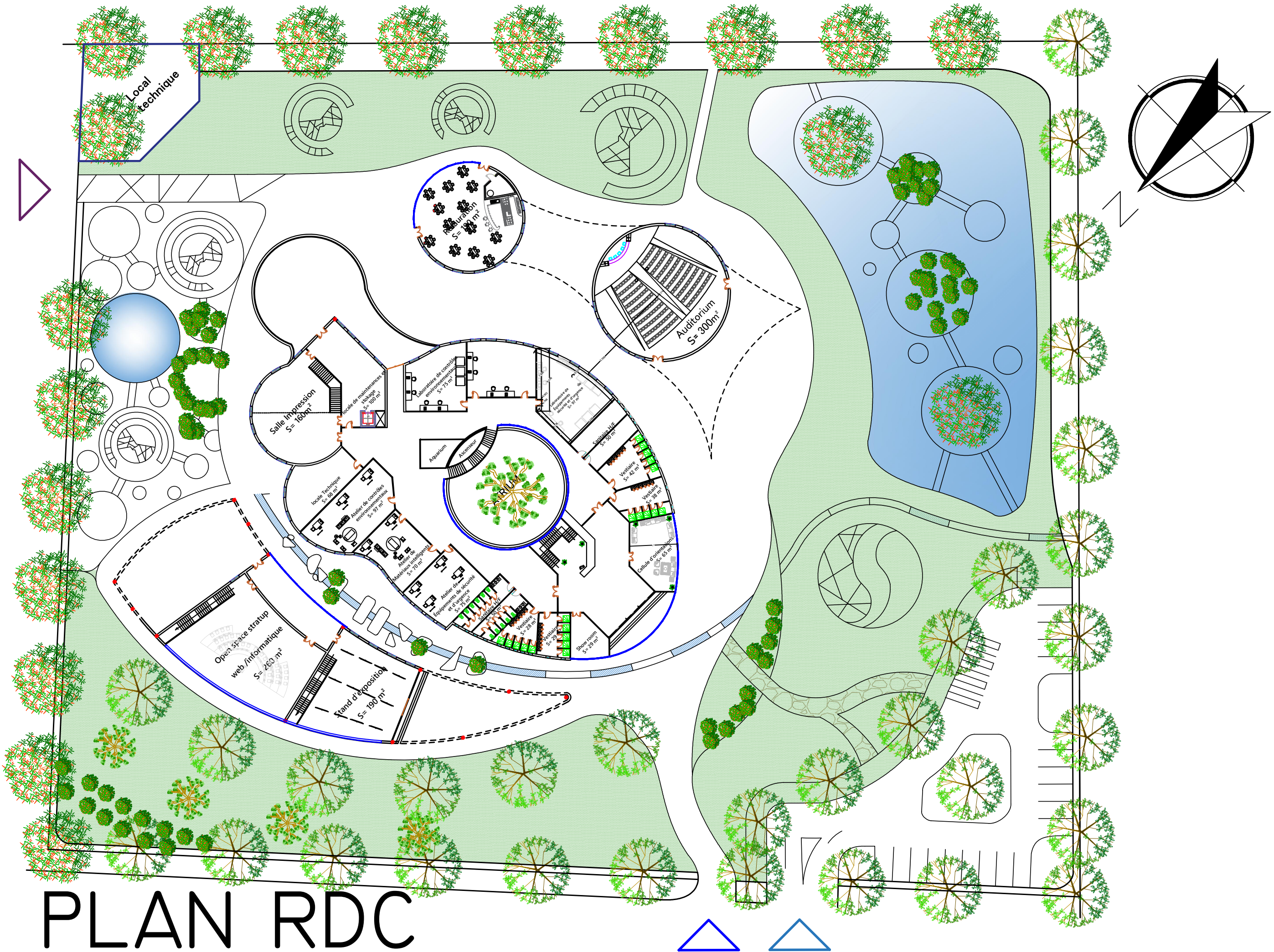


Figure 16: les vecteurs de vitesse sur le bloc 2.
Source :Auteur,2023 à l'aide de logiciel ANSYS.



PLAN RDC



PLAN IER ÉTAGE



