



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Amar Thelidji-Laghouat



FAFACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE
DEPARTEMENT : Architecture

DOMAINE: ARCHITECTURE ET URBANISME ET MITIER DE LA VILLE

FILIERE: ARCHITECTURE ET URABNISME

OPTION: ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Kouili Aissa

Thème

**Impact de l'intégration de l'atrium dans la conception d'un
laboratoire de recherches en architecture et génie civil sur la
consommation énergétique en milieu chaud et aride.**

Contexte d'étude : la ville de Laghouat

Impact de la hauteur

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Mme.Dr Damene Zineb	M.C.A	Présidente
MR.Benhouhou Mohamed.Naiim	M.A.A	Examineur1
MR.Bencheikh Abelrrezzak	M.A.A	Examineur2
MR.Mezaoukh Lakhdar	M.A.A	Rapporteur
MR.Pr Bencheikh Hamida	Pr	Co-rapporteur

Promotion : Juin 2019



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : Génie civil et Architecture

DEPARTEMENT : Architecture

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, urbanisme et métiers de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème : Impacte de l'intégration de l'atrium dans la conception d'un laboratoire de recherches en architecture et génie civil sur la consommation énergétique en milieu chaud et aride.

Contexte d'étude : la ville de Laghouat. **Impact de la hauteur**

Présentés par : Kouili Aissa

Encadré par : MEZAOUKH Lakhdar & BEN CHEIKH Hamida

Résumé : L'intégration de l'atrium dans une conception durable d'un laboratoire en architecture et génie civil à Laghouat, doit être minutieusement étudiée, vu l'impact de cette atrium sur le confort des usagers et sur la consommation énergétique.

Afin d'aider les architectes dans leurs conceptions durables, La présente étude présente un modèle d'une méthodologie de prédiction de la performance énergétique des atriums dans le bâtiment en zones arides et chaudes. Elle consiste en premier à vérifier le meilleur angle d'inclinaison et la meilleure orientation de l'atrium qui peuvent garantir une meilleure performance énergétique.

En second lieu, la réalisation de quatre modèles réduits hermétiques, destinés pour effectuer des mesures in-situ, ces mesures sont vérifiées par une simulation numérique via plusieurs logiciels dont REVIT et EDSL TAS, avec trois type de vitrage, le simple, le double vitrage et le polycarbonate. Ces modèles réduits sont dotés de deux atriums de formes carré et rectangulaire, et avec des gabarits de R+1 et R+2.

Une application numérique est effectuée sur un bâtiment à atrium existant, avec plusieurs scenarios d'amélioration, pour hausser la performance énergétique de ce dernier.

L'étape finale est l'application des leçons acquises durant le processus su-cité, sur la conception du projet du laboratoire en architecture et génie civil, avec une vérification des choix apportés et leur efficacité sur la consommation énergétique du projet.

Mots clés : Atrium, conception durable, laboratoire de recherche, ville de Laghouat
consommation énergétique, zones aride et chaude, les logiciels REVIT et EDSL TAS.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي – الأغواط

كلية: الهندسة المدنية و الهندسة المعمارية
قسم: الهندسة المعمارية

ملخص مذكرة الماستر

الميدان: الهندسة المعمارية و العمران و مهن المدينة

الشعبة: الهندسة المعمارية

التخصص: الهندسة المعمارية

عنوان المذكرة: تأثير دمج الأذين في تصميم مختبر أبحاث الهندسة المدنية والعمارة على استهلاك الطاقة في البيئة الحارة والجافة.

سياق الدراسة: مدينة الأغواط تأثير الارتفاع

تقديم الطالب: قويلي عيسى

الأستاذ المؤطر: مزاوخ لخضر، بن الشيخ أحمدية

ملخص المذكرة: دمج الأتريوم في تصميم مستدام لمختبر في العمارة والهندسة المدنية بمدينة الأغواط ، يجب أن يدرس بعناية ،بالنظر إلى تأثير هذه المظلة الزجاجية على راحة المستخدم واستهلاك الطاقة.

من أجل مساعدة المهندسين المعماريين في تصميماتهم المستدامة، تقدم هذه الدراسة نموذجًا لمنهجية التنبؤ بأداء طاقة الأتريوم في المباني بالمناطق الجافة والساخنة. تهدف اولاً الى التحقق من أفضل زاوية ميل وأفضل اتجاه للأتريوم يمكن أن يضمن أداء أفضل للطاقة.

في المرحلة الثانية، انجاز أربعة نماذج مصغرة ومحكمة الاغلاق، مخصصة للقياسات ، يتم التحقق من هذه القياسات من خلال محاكاة رقمية عبر عدة برامج من بينها REVIT و EDSL TAS، مع ثلاثة أنواع من الزجاج، البسيط، والزجاج المزدوج و البوليكاربونات. تحتوي هذه النماذج على شكلين من الأتريومين مربعين و مستطيلين، و ارتفاع ط+1 و ط+3.

يتم تنفيذ تطبيق رقمي على أربعة مبنى منجزو مجهز بأتريوم ، مع العديد من سيناريوهات التحسين، لزيادة أداء الطاقة في هذا الأخير.

الخطوة الأخيرة هي تطبيق الدروس المستفاه خلال العملية المذكورة أعلاه ، على تصميم مشروع المختبر في العمارة والهندسة المدنية ، مع التحقق من الاختبارات التي تم اتخاذها وفعاليتها في استهلاك الطاقة للمشروع.

الكلمات المفتاحية: الأتريوم ، التصميم المستدام ، مختبر الأبحاث ، مدينة الاغواط ، استهلاك الطاقة، المناطق الجافة والساخنة ، برنامجي المحاكاة REVIT و EDSL TAS ، .



Amar Thelidji University - Laghouat



FACULTY Genie civil and Architecture

DEPARTEMENT: Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

CAREER: ARCHITECTURE

OPTION: ARCHITECTURE

THEME: ARCHITECTURE AND ENVIRONNEMENT

PRESENTED BY: Kouili Aissa

SUPERVISED BY: Mezaoukh Lakhdar & BEN CHEIKH Hamida

Abstract:

The integration of the atrium in a sustainable design of a laboratory in architecture and civil engineering in Laghouat, must be carefully studied, given the impact of this glass on the comfort of users and energy consumption.

In order to help architects in their sustainable designs, this study presents a model of a methodology for predicting the energy performance of atria in buildings in arid and hot areas. It consists first in checking the best angle of inclination and the best orientation of the atrium that can guarantee a better energy performance.

Secondly, the realization of four hermetic models, intended to perform in-situ measurements, these measurements are verified by a numerical simulation via several software including REVIT and EDSL TAS, with three types of atrium, the simple, the double glazing and polycarbonate. These models have two atriums square and rectangular shapes, and templates of R+1 and R+3.

A digital application is performed on an existing atrium building, with several improvement scenarios, to enhance the energy performance of the building.

The final step is the application of the lessons learned during the above-mentioned process, on the project design of the laboratory in architecture and civil engineering, with a verification of the choices made and their effectiveness on the energy consumption of the project.

Key words: Atrium, sustainable design, research laboratory, Laghouat city energy consumption, arid and hot areas, REVIT software and EDSL TAS.

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu d'avoir guidé nos pas et de nous avoir donné le courage pour établir ce travail.

À notre chère encadreur, notre père MEZAOUKH Lakhdar, Nous vous exprimons notre gratitude notre respect d'avoir bien vouloir nous encadrer et nous guider à chaque étape de la réalisation de notre travail, vous avez toujours réservé le meilleur accueil, votre encouragements inlassables, votre amabilité et votre gentillesse méritent toute notre admiration.

À notre chère professeur BENCHEIKH Hamida, nous vous adressons nos remerciements pour votre recommandations et de nous avoir guidé ou bon sens de la recherche scientifique.

À Mme. DAMENE Zineb, nous vous adressons nos remerciements d'avoir accepté d'être président de jury, pour votre attention et compréhension.

À Mr.BENHOUBOU Mohamed Naim, nous vous adressons nos remerciements pour votre participation au jury et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À Mr.BENCHEIKH Abderrazak, nous vous adressons nos remerciements pour votre participation au jury et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À tous nos enseignants, nous vous remercions d'avoir assuré notre formation et toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

SOMMAIRE

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER	I
ملخص مذكرة الماستر	II
ABSTRACT OF MASTER MEMORY	III
Remerciements	IV
SOMMAIRE.....	V
LISTE DES FIGURE	XI
LISTE DES TABLEAUX	XIX

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION	1
Problématique.....	2
Hypothèse de travail	3
Méthodologie de travail.....	3
Structure du mémoire	4

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I ETUDE THEMATIQUE

Laboratoire de recherche en Architecture et en génie civil	7
1.1 Définition de la recherche selon Larousse.....	7
1.2 Définition de la recherche scientifique.....	7
1.3 Définition du laboratoire et du laboratoire de recherches scientifique.....	7
1.3.1 Laboratoire.....	7
1.3.2 Laboratoire de recherche	7
1.3.3 Classification des secteurs de recherche.....	7
1.3.3.1 Laboratoire de recherche d'architecture et génie civil	7
2.Evolution historique des atriums	8
Définition de l'atrium	8
2.1 L'évolution des atriums à travers l'histoire	9
2.2 Formes génériques d'atriums	10
2.3 Approches récentes de la conception des atriums	11
3. L'impact des atriums sur la consommation énergétique	11
3.1 Impact de la géométrie et du rapport dimensionnel de l'atrium.....	12
3.2 Impact du type de vitrage de de l'atrium.....	14
3.3 Impact de la position de l'atrium.....	16
3.4 Impact de la hauteur de l'atrium.....	17

3.5 Impact du degré d'inclinaison et de l'orientation de la verrière de l'atrium	19
Conclusion	20
CHAPITRE II ETUDE ANALYTIQUE	
Analyse des exemples.....	22
1.1 Exemple laboratoire de recherche et bureau d'architecture a Gènes	22
1.1.1 Fiche technique du projet	22
1.1.2 Situation.....	22
1.1.3 Plan de situation	23
1.1.4 Plan de masse	23
1.1.5 Analyse architecturale	24
1.1.5.a Analyse de la fonction	24
1.1.5.b Organigramme spatial.....	24
1.1.5.c Le programme.....	25
1.1.6 Les façades	26
La façade Est	26
La façade Nord	26
1.1.7 La volumétrie.....	27
1.1.8 Matériau.....	27
1.1.9 Système structurel	28
1.1.10 Domotique/ éléments technique	28
2.2 Siège social de la caisse régionale du crédit Agricole des côtes d'Armor AIA	
Architectes St Brieuc (22) 2009	28
2.2.1 Programme	29
2.2.2 Place de l'atrium dans le bâtiment.....	30
2.2.3 Usage et appropriation recherchés.....	30
2.2.4 Confort d'ambiances mise en avant.....	31
3.Analyse des atriums existants dans le contexte d'étude	32
3.1 Présentation des exemples	32
3.2 Analyse des exemples.....	33
3.3 Analyse critique de la faculté	33
3.3.1 La position de la partie des atriums dans les deux facultés	34
3.3.2 Lecteur du plan	34
4-Synthèse	36
5. Partie programmatique	37

5.1 Objectifs	37
5.2 Programme quantitatif	37
5.2.1 Le programme quantitatif des exemples.....	38
5.2.2 Les espaces proposés	38
5.2.3 Les espaces proposés dans le laboratoire d'architecture	38
5.2.3.1 Un laboratoire informatique	38
5.2.3.2 Atelier de maquette.....	39
5.2.3.3 L'atelier d'arts plastiques.....	39
5.2.3.4 Espace de mesures climatique	39
5.3 L'organisation fonctionnelle.....	39
5.4 Programme quantitatif et qualitatif final	40
5.5 Confort d'ambiance	43

CHAPITRE III ETUDE CONTEXTUELLE

1.Contexte de la ville de Laghouat	45
1.1 Situation géographique	45
1.2 Les données climatiques	46
1.3 La zone climatique dans la ville de Laghouat	46
Synthèse.....	52
2. Lecture du site d'intervention.....	54
2.1 Analyse de site.....	54
2.2 Le choix du site et de l'assiette.....	54
2.3 l'accessibilité	55
2.4 Les limites	56
2.5 L'enseillement et vents.....	56
2.6 Synthèse.....	57
Synthèse.....	58

CHAPITRE IV EVALUATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

PARTIE A

1.Introduction	61
2. Méthodologie de recherche	61
3.Choix descriptif de l'outil de simulation numérique	61
3.1 Structure du programme EDSL Tas	64
4. IMPACT DE L'INCLINAISON DE L'ATRIUM SUR L'IRRADIATION SOLAIRE EN ZONES CHAUDE ET ARIDE	66

4.1 Introduction	66
4.2 Conditions des simulations.....	66
4.3 Résultats et discussion.....	66
4.4 Résultats de simulation de cour	66
4.5 Résultats de simulation de l'atrium	67
4.5.1 Angles entre 0° et 20° (a)	68
4.5.2 Angles entre 25° et 33° (b).....	70
4.5.3 Angles entre 34° et 45° (c)	70
4.5.4 Angles entre 34° et 45° :.....	70
4.6 Conclusion.....	71
5. La réalisation des modèles réduit (les maquettes).....	71
5.1 Cercle de performance.....	74
6. Démarche de simulation	76
6.1 Station de mesure des maquettes R+3	77
6.1.1 La température de l'air	80
6.1.2 L'humidité de l'air (Double vitrage)	82
6.1.3 La température radiative moyenne (R+3 Double vitrage).....	83
6.1.4 Evolution de l'écart	84
6.2 Station de mesure des maquettes R+1	85
6.2.1 La température de l'air (R+1 Polycarbonate).....	86
6.2.2 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)	88
6.2.3 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate).....	89
6.2.4 Evolution de l'écart	90
7. Evaluation du confort thermique intérieur.....	91
7.1 Comparaison entre les températures de l'air interne des cas d'étude de gabarits (R+3)....	92
7.2 Comparaison entre les températures de l'air interne des cas d'étude de gabarits R+1	93
8. Evaluation du confort thermique par TAS AMBIEN.....	96
9. Evaluation de consommation énergétique.....	97
PARTIE B	
9. L'impact de ventilation sur le comportement thermique au période estivale.....	101
9.1 Les cas d'études isolées hermétiquement.....	102
9.1.1 La température de l'air (R+3 Polycarbonate).....	103
9.1.2 L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate)	104
9-1-3-La température radiant (R+3 Polycarbonate)	105

9-2-La ventilation	106
9.2.1 La température de l'air (R+3 Polycarbonate)	107
9-2-2-L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate)	109
9.2.3 La température radiative moyenne (R+3 Polycarbonate).....	110
9.2.4 La température de l'air (R+1 Polycarbonate).....	112
9.2.5 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)	113
9.2.6 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate).....	114
9.2.7 La température de l'air (R+1 Polycarbonate).....	115
9.2.8 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)	117
9.2.9 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate).....	118
9.3 Evaluation du confort thermique intérieur.....	120
9.3.1 Carré R+3 Polycarbonate	120
9.3.2 R+1 Carré Polycarbonate	121
9.4 Evaluation du confort thermique par TAS AMBIEN :.....	122
9.5 L'impact de la ventilation sur le bilan énergétique	128
9.6 L'essai de ventilation nocturne sur la consommation de l'énergie	131

PARTIE C

10.Démarche de la simulation	133
10.1.Modélisation sur revit Autodesk	133
10.2 Conclusion.....	143

PARTIE D

11.Comparaison énergétique entre les différents scenarios.....	145
11.1.Pour un gabarit (R+1).....	145
11.1.1.Les charges de chauffage.....	145
11.1.2.Les charges de refroidissement.....	145
11.1.3.Les charges annuelles des cas de gabarit R+1	146
11.2.Pour un gabarit (R+3).....	146
11.2.1.Les charges de chauffage.....	146
11.2.2.Les charges de refroidissement.....	147
11.2.3.Les charges annuelles des cas de gabarit R+3.....	148

CHAPITRE V ÉTUDE CONCEPTUEL

Introduction	150
1.Principes et concepts	150
1.1.Concepts liées au site.....	150

1.2.2. Concepts liées à l'architecture	150
2. Genèse du projet	151
2.1. L'accessibilité	151
2.2. L'organisation spatiale	152
2.3. L'organigramme fonctionnel	153
3. Schéma des principes	154
3.1. Contextuel	155
3.2. La ville	155
3.3. L'université	155
3.4. L'art	156
4. Développement de la volumétrie	157
5. L'organisation spatiale	162
6. Circulation	171
7. Les façades	172
7.1. Façade principale	172
7.2. Façade postérieure	173
7.3. Façade latérale droite	174
7.4. Façade latérale gauche	174
8. Partie technique	179
8.1. Le choix de système structurel	179
8.2. Éléments techniques des façades	180
8.3. Les stratégies bioclimatiques	180
8.4. L'enveloppe	181
8.5. L'adaptation des atriums	182
8.5.1. L'ambiance thermique des atriums	182
8.6.2. Traitement des ouvertures	183
9. Évaluation énergétique du projet	185
9.1. La modélisation du projet dans logiciel Revit	186
Conclusion générale	196
Bibliographie	199

LISTE DES FIGURE

CHAPITRE I

Figure I. 1 : Les secteurs de recherche scientifiques. Source : auteur.....	8
Figure I. 2 : Laboratoire de recherche d'architecture et génie civile. Source : auteur.	8
Figure I. 3 : Section et plan de la maison d'Ur, Mésopotamie) a), section typique, plan et élévation de la conception de l'atelier en Malaisie (b) . MH Ahmad , MTHM RasdiPrincipes de conception des bâtiments à atriums pour les tropiques. Penerbit UTM	9
Figure I. 4 : Quatre formes génériques différentes d'atrium et d'échantillons réels. (a) centralisé, (b) semi-fermé, (c) attaché, (d) linéaire. Source : W. Hung , W. ChowUn examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium Architecte Sci Rev , 44 (2001) , p. 285 – 295 Google Scholar.	10
Figure I. 5 : Une carte des paramètres de conception et des variables. Source : CK QuekDesign of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France (1989). Google Scholar.....	11
Figure I. 6 : Modèle d'atrium typique. Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.	12
Figure I. 7 : Variations de la géométrie des types d'atriums. Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.	12
Figure I. 8 : Le rapport de l'atrium de la longueur à la largeur par rapport à la longueur et la largeur de l'atrium du modèle (1) comme référence pour l'analyse et la comparaison. Source: Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.....	13
Figure I. 9 : Consommation totale d'énergie de refroidissement et de chauffage. Source :Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.....	14
Figure I. 10 : Consommation totale d'énergie de refroidissement et de chauffage à l'aide de verre clair doublé 30%. source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.....	15
Figure I. 12 : Quatre formes génériques différentes d'atrium et d'échantillons réels. (a) centralisé, (b) semi-fermé, (c) attaché, (d) linéaire. Soure : CK QuekDesign of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France (1989).	17
Figure I. 13 : Analyse du rapport d'aspect de section. Source : Wang Lan & al.2017.....	17
Figure I. 15 : Résultats de modélisation de 70m. Source : Wang Lan & al.2017.	18

Figure I. 14 : Résultats de modélisation de 40m. Source : Wang Lan & al.2017	18
Figure I. 16 : Résultats de modélisation de 5m de hauteur. Source : Wang Lan & al.2017.....	18
Figure I. 17 : Effets du changement de pente du toit de l'atrium sur l'irradiation reçue par les surfaces internes de l'atrium dans différentes orientations et latitudes. Source: Ahmed Qadir Ahmed & al. Proceedings of 3rd Conference: People and Buildings held at Westminster University, School of Architecture and the Built Environment, London, UK, 20th September 2013.....	19

CHAPITRE II

Figure II. 1 : vue sur le labo de Gene. Source : Fondazionerenzopiano.org.	22
Figure II. 2 : Plan de situation. Source : Fondazionerenzopiano.org.	23
Figure II. 3 : Plan de masse. Source : Google earth.	24
Figure II. 4 : Plan de masse. Source : Fondazionerenzopiano.org.	25
Figure II. 5 : Plan de masse. Source : Fondazionerenzopiano.org.	26
Figure II. 6 : Façade Nord. Source : Fondazionerenzopiano.org.	26
Figure II. 7 : Vues sur l'intégration du projet. Source : Fondazionerenzopiano.org.....	27
Figure II. 8 : Superstructure et atrium du projet. Source : Fondazionerenzopiano.org.....	27
Figure II. 9 : Toiture du projet. Source : Fondazionerenzopiano.org.....	28
Figure II. 10 : Situation du projet. Source : Construire en verre, p271, Christian Schittich.	28
Figure II. 11 : Vues sur le projet. Source :Fondazionerenzopiano.org.....	29
Figure II. 12 : Vue en plan et coupe sur l'atrium. Source : Construire en verre, p271, Christian Schittich.....	29
Figure II. 13 : Vue d'intérieure et coupe sur l'atrium. Source : Fondazionerenzopiano.org.	30
Figure II. 14 : coupe sur l'atrium. Source : Fondazionerenzopiano.org.....	31
Figure II. 15 : Effet de l'ensoleillement sur la température intérieure de l'atrium. Source : Fondazionerenzopiano.org.	31
Figure II. 16 : Plan de situation des départements des sciences humaines. Source : Google earth modifié par l'auteur.....	32
Figure II. 17 : Vues intérieures sur l'atrium de la faculté des sciences humaines. Source : auteur.....	33
Figure II. 18 : Positions des atriums dans les départements. Source : Google earth modifié par l'auteur.	34
Figure II. 19 : Modélisation du bâtiment des sciences humaines. Source : auteur.....	34
Figure II. 20 : Modélisation du bâtiment des sciences humaines. Source : auteur.....	35

Figure II. 21 : Modélisation du bâtiment des sciences islamiques. Source : auteur.....	35
Figure II. 22 : L'organigramme fonctionnel du projet. Source : auteur.....	39
Figure II. 23 : Organisation verticale du programme. Source : auteur.....	40
Figure II. 24 : Schéma des confort d'ambiances des différents espaces dans le projet. Source : auteur.....	43

CHAPITRE III

Figure III. 1 : Situation de la ville par rapport aux contextes national et régional. Source : auteur.....	45
Figure III. 2 : Découpage des zones climatique. Source : www.mem-algeria.org.....	46
Figure III. 3 : Température moyenne maximale et minimale. Source :www.wheatherspark.com..	47
Figure III. 4 : Température horaire moyenne. Source : www.wheatherspark.com.	47
Figure III. 5 : Fréquence mensuelle d'ensoleillement en % pour l'année 2008. Source : www.satel-light.com.	48
Figure III. 6 : Fréquence des cieus ensoleillés, intermédiaires et nuageux. Source : www.satel-light.com.....	49
Figure III. 7 : Les précipitations annuelles. Source : www.wheatherspark.com.....	49
Figure III. 8 : Les précipitations annuelles. Source : www.wheatherspark.com.....	50
Figure III. 9 / Niveaux de confort selon l'humidité. Source : www.wheatherspark.com.	50
Figure III. 11 : Vitesse moyenne du vent. Source : www.wheatherspark.com.	51
Figure III. 12 : Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen. Source : www.wheatherspark.com.....	52
Figure III. 13 : Carte de synthèse climatique. Source : www.wheatherspark.com.	53
Figure III. 14 : Diagramme de Givoni. Source : auteur.	53
Figure III. 15 : Situation du site et de l'assiette d'intervention. Source : auteur.....	55
Figure III. 16 : Accessibilité au site et à l'assiette du projet. Source : auteur.....	56
Figure III. 17 : Configuration de l'assiette, limites et gabarits environnants. Source : auteur.....	56
Figure III. 18 : Conditions climatiques de l'assiette du projet. Source : auteur.....	56

CHAPITRE IV

Figure IV. 1 : Représentation schématique des mécanismes de transfert de chaleur dans un bâtiment. Source : Tas théorie manuel 9.2.4.	62
Figure IV. 2 : Schéma explicative montre les différentes interfaces de logiciel Edsl TAS. Source : auteur.....	65
Figure IV. 3 : Effet de changement de direction et de saison sur l'irradiation. Source : auteur.....	67
Figure IV. 4 : Effets des modifications de l'angle d'inclinaison de la verrière de l'atrium sur le gain solaire dans différentes orientations. Source : auteur.	68
Figure IV. 5 : Taux d'irradiation solaire en solstices d'hiver et d'été selon les quatre orientations. Source : Auteur.	69
Figure IV. 6 : Les meilleurs gains solaires enregistrés. Source : auteur.	70
Figure IV. 7 : La réalisation des maquettes. Source : auteur.....	71
Figure IV. 8 : Modélisation des maquettes. Source : auteur.	72
Figure IV. 9 : Les caractéristiques de vitrage. Source : auteur.....	73
Figure IV. 10 : cercle de performance des matériaux. Source : auteur.	74
Figure IV. 11 : Les instruments de mesure. Source : auteur.	75
Figure IV. 12 : montre l'emplacement des sondes dans les maquettes. Source : auteur.....	76
Figure IV. 13 : Coupe schématique sur les maquettes. Source : auteur.	77
Figure IV. 14 : Positionnement des stations des mesures cas R+3. Source : auteur.	78
Figure IV. 15 : La température de l'air (R+3 Double vitrage) carré et rectangle. Source : auteur..	80
Figure IV. 16 : L'humidité de l'air (Double vitrage) carré et rectangle Source : auteur.....	82
Figure IV. 17 : La température radiative moyenne (R+3 Double vitrage) carré et rectangle. Source : auteur.....	83
Figure IV. 18 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST1 et ST2 cas N°01. Source : auteur.	84
Figure IV. 19 : évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°02. Source : auteur.	84
Figure IV. 20 : positionnement des stations des mesures R+1. Source : auteur.....	85
Figure IV. 21 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle. Source : auteur. .	86
Figure IV. 22 : L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle. Source : auteur.	88

Figure IV. 23 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle. Source : auteur.....	89
Figure IV. 24 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°01 forme de base carré. Source : auteur.	90
Figure IV. 25 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°02 forme de base rectangulaire. Source : auteur.	90
Figure IV. 26 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery) . Source : auteur.....	92
Figure IV. 27 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+1) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery) . Source : auteur.....	93
Figure IV. 28 : Les charges annuelles des différents cas d'étude de Gabarits (R+3). Source : auteur.	98
Figure IV. 29 : Les charges annuelles des différents cas d'étude de Gabarits (R+1). Source : auteur.	99
Figure IV. 30 : les maquettes d'étude. Source : auteur.....	102
Figure IV. 31 : La température de l'air (R+3 Polycarbonate). Source : auteur.....	103
Figure IV. 32 : L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate). Source : auteur.....	104
Figure IV. 33 : La température radiant (R+3 Polycarbonate). Source : auteur.	105
Figure IV. 34 : les techniques de ventilation. Source : auteur.....	106
Figure IV. 35 : La température de l'air (R+3 Polycarbonate). Source: auteur.....	107
Figure IV. 36 : L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate). Source: auteur.	109
Figure IV. 37 : La température radiative moyenne (R+3 Polycarbonate). Source : auteur.....	110
Figure IV. 38 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate). Source : auteur.....	112
Figure IV. 39 : L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate). Source: auteur.	113
Figure IV. 40 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate). Source: auteur.....	114
Figure IV. 41 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate). Source: auteur.....	115
Figure IV. 42 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate). Source: auteur.....	118
Figure IV. 43 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Juin (Humphery) . Source : auteur.	120
Figure IV. 44 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+1) avec les limites de confort pour le mois de Juin (Humphery) . Source : auteur.	121
Figure IV. 45 : Les matériaux de modélisation. Source : auteur.....	133
Figure IV. 46 : Dimensions et angle d'inclinaison d'atrium. Source : auteur.	134

Figure IV. 47 : Détail de fixation d’atrium. Source : auteur.	134
Figure IV. 48 : La modélisation de projet sciences humaines. Source : auteur.....	135
Figure IV. 49 : L’exportation de modélisation en format ‘GBXML’. Source : auteur.	136
Figure IV. 51 : La modélisation 3D à la simulation. Source : auteur.....	136
Figure IV. 50 : La modélisation 3D à la simulation. Source :auteur.....	136
Figure IV. 52 : L’orientation des projets virtuels. Source : auteur.....	137
Figure IV. 53 : Les matériaux utilisés pour la simulation. Source : auteur.	138
Figure IV. 54 : Cas existant de projet sciences humaines. Source : auteur.	139
Figure IV. 55 : Le bilan énergétique annuel de projet sciences humaines cas existant. Source : auteur.....	139
Figure IV. 56 : Cas améliore de projet sciences humaines. Source : auteur.	140
Figure IV. 57 : Le bilan énergétique annuel de projet sciences humaines cas amélioré. Source : auteur.....	140
Figure IV. 58 : Les charges de chauffage cas de gabarit R+1. Source : auteur.....	145
Figure IV. 59 : Les charges de refroidissement cas de gabarit R+1. Source : auteur.....	145
Figure IV. 60 : Les charges annuelles cas de gabarit R+1. Source : auteur.	146
Figure IV. 61 : Les charges de chauffage cas de gabarit R+1. Source : auteur.....	147
Figure IV. 62 : Les charges de refroidissement cas de gabarit R+1. Source : auteur.....	147
Figure IV. 63 : Les charges annuelles des cas de gabarit R+1. Source : auteur.....	148

CHAPITRE V

Figure V. 1 : L'emplacement de l’axe de visibilité sur le site. Source : auteur.	151
Figure V. 2 : L'accessibilité au site. Source : auteur.	151
Figure V. 3 : La surface bâti et non bâti. Source : auteur.....	152
Figure V. 4 : L’organigramme spatiale. Source : auteur.....	152
Figure V. 5 : L’organigramme fonctionnel. Source: auteur.	153
Figure V. 6 : coupe schématique montre l'organisation spatiale verticale. Source : auteur.	153
Figure V. 7 : Schéma des principes. Source : auteur.....	154
Figure V. 8 : schéma sur un tissu urbain traditionnel à Laghouat. Source: auteur.....	155
Figure V. 9 : Photo satellite sur le pôle universitaire Ammar Thelidji. Source : Google maps.	155

Figure V. 10 : Les volumes composent en l'état initial. Source : auteur	156
Figure V. 11 : Premier étape. Source : auteur	157
Figure V. 12 :	157
Figure V. 13 : Deuxième étape. Source : auteur	158
Figure V. 14 : Traitement des façades. Source : auteur.	158
Figure V. 15 : Troisième étape. Source : auteur.....	158
Figure V. 16 : Quatrième étape. Source : auteur.....	159
Figure V. 17 : Cinquième étape. Source : auteur.	159
Figure V. 18 : Sixième étape. Source : auteur.....	160
Figure V. 19 : Plan de masse. Source : auteur.....	161
Figure V. 20 : Plan d'assemblage. Source : auteur.	162
Figure V. 21 : L'organisation spatiale RDC. Source : auteur.	163
Figure V. 22 : L'organisation spatiale 1 ^{er} étage. Source : auteur.	165
Figure V. 23 : L'organisation spatiale 2 ^{ème} étage. Source : auteur.....	167
Figure V. 24 : L'organisation spatiale 3 ^{ème} étage. Source : auteur.....	169
Figure V. 25 : la circulation horizontale et verticale. Source : auteur.....	171
Figure V. 26 : Façade principale. Source : auteur.....	172
Figure V. 27 : Façade postérieure. Source : auteur.	173
Figure V. 28 : Façade postérieure. Source : auteur.	174
Figure V. 29 : Façade latérale gauche.	175
Figure V. 30 : Vue global sur notre projet. Source : auteur.	175
Figure V. 31 : vues 3D sur le projet	176
Figure V. 32 : Vue 3D sur le projet. Source : auteur.....	177
Figure V. 33 : Vues 3D sur le projet. Source : auteur.	178
Figure V. 34 : le système structurel utilisé. Source : auteur.....	179
Figure V. 35 : détail constructive. Source : auteur.....	180
Figure V. 36 : Les stratégies bioclimatiques au niveau de plan de masse. Source : auteur.	181
Figure V. 37 : détail sur traitement d'enveloppe. Source : auteur.....	181
Figure V. 38 : coupe schématique présente l'adaptation des atriums. Source : auteur.	182

Figure V. 39 : coupe schématique présente l’ambiance thermique des atriums. Source : auteur. .	182
Figure V. 40 : coupe schématique présente l’ambiance thermique des atriums. Source : auteur. .	183
Figure V. 41 : Schéma présente les éléments fixés dans les fenêtres. Source : auteur.....	184
Figure V. 42 : Schéma pour les stores utilisé. Source : auteur.....	184
Figure V. 43 : les éléments verticaux fixés sur la façade. Source : auteur.....	185
Figure V. 44 : l’emplacement de notre terrain sur logiciel Revit. Source : auteur.....	186
Figure V. 45 : L’exportation de modélisation en format ‘GBXML’. Source : auteur.....	186
Figure V. 46 : les éléments constructifs dans logiciel. Source : auteur.....	187
Figure V. 47 : La consommation énergétique cas de gabarits R+3. Source : auteur.....	187
Figure V. 48 : les nouveaux matériaux proposé par Insight. Source : auteur.....	189
Figure V. 49 : La consommation énergétique cas de gabarits R+3. Source : auteur.....	190
Figure V. 50 : la consommation énergétique cas de gabarits R+1. Source : auteur.....	193
Figure V. 51 : la consommation énergétique cas de gabarits R+1. Source : auteur.....	193

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau I. 1 : Les dimensions de l'atrium et la proportion de la longueur par rapport au modèle (1) comme modèle de référence pour l'analyse et la comparaison. Source: Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.....	13
Tableau I. 2 : La performance énergétique des modèles testés dans chaque climat par rapport à leur performance énergétique dans un climat tempéré à l'aide de verre double vitrage avec un taux de vitrage de 80%n. Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.....	16

CHAPITRE II

Tableau II. 1 : Programme quantitatif et qualitatif. Source : auteur.....	25
Tableau II. 2 : Les espaces composants de deux laboratoires (Batiment de génie civil UMD Sweson et laboratoire de recherche et bureau d'architecture) à Gènes. Source : auteur.....	38
Tableau II. 3 : Les espaces composants de l'entité de recherche de Génie civile. Source : auteur.	41
Tableau II. 4 : Les espaces composants de l'entité de recherche d'architecture. Source : auteur. .	42

CHAPITRE III

Tableau III. 1 : Données de synthèse pour l'intervention. Source : auteur.	54
---	----

CHAPITRE IV

Tableau IV. 1 : Les caractéristiques de vitrage. Source : auteur.....	73
Tableau IV. 2 : hauteur des stations cas R+3. Source : auteur.....	79
Tableau IV. 3 : hauteur des stations cas R+1.	86
Tableau IV. 4 : Les charges annuelles. Source: auteur.	97



Introduction Générale

INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, des conditions climatiques exceptionnelles ont marqué notre planète, avec un soleil excessivement généreux durant la période estivale, ce qui a provoqué une élévation considérable au niveau des températures extérieures¹. Ce phénomène caniculaire est appelé à se reproduire à échéance de plus en plus régulier en raison du dérèglement climatique².

Cette situation a suscité une demande d'énergie croissante à l'échelle mondiale. Cette demande d'énergie, et sous un souci économique et environnemental, a incité les concepteurs du bâtiment à reconsidérer les caractéristiques de la conception économe en énergie dans le bâtiment, afin de réduire la consommation énergétique et de veiller à protéger l'environnement.³

Dans ce contexte, parmi les solutions architecturales adoptées fut l'intégration de l'atrium, en particulier dans les zones à climat tempéré. Cet élément qui est généralement défini comme un grand espace ouvert dans un bâtiment à plusieurs étages, avec de grandes surfaces vitrées, est là pour améliorer le climat intérieur. En admettant la lumière du jour, et en permettant une ventilation naturelle, l'atrium maximise le bénéfice des gains solaires directs, ainsi que la flottabilité. D'autres parts, il agit aussi comme un filtre d'effets indésirables des facteurs extérieurs environnementaux telles que la pluie, la neiges, les vents et les vents de sables, et conserve les effets désirables en plein air telles que le soleil, le confort visuel,...etc.

Malgré ces avantages, les grandes surfaces vitrées peuvent entraîner un gain excessif de chaleur solaire en été, et la perte de chaleur en hiver, ainsi que la stratification de l'air surtout durant la période estivale, ce qui peut affecter le confort thermique des usagers du bâtiment ainsi que la performance énergétique⁴.

Le choix de dispositif d'atrium comme élément intégré dans un laboratoire de recherches dans la ville de Laghouat, se justifie par la richesse des qualités prônées par les concepteurs pour cet espace, à la fois sociales par les usagers et de confort par la maîtrise des ambiances de ce micro-monde, mais aussi pour le regain d'intérêt actuel pour cet espace intériorisé.

¹ **SÉBASTIEN WULLENS**, Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en œuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment.

² **BELMAAZIZ Mohamed**, « Les Ambiances Thermo-aérauliques dans les Atriums Linéaires : Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet ».

³ **BOUCHAHM Yasmîna**, « Investigation sur la performance thermique du capteur à vent pour le rafraîchissement passif dans les régions chaudes et arides, cas 'Ouargla »

⁴ **SHAFQAT HUSSAIN**, Numerical investigations of the indoor thermal environment in atria and of the buoyancy- driven ventilation in a simple atrium building.

Problématique

Au cours des premières étapes de la conception architecturale, il est rare que les ambiances servant à améliorer qualitativement ou quantitativement la fiabilité de projet soient prises en compte. Néanmoins, c'est pendant ces phases initiales de la conception que des décisions importantes auraient lieu et influencent profondément sur le comportement du bâtiment. En effet, il est important de disposer d'un guide qui peut assister le concepteur dans le choix d'une solution architecturale permettant de concevoir un bâtiment qui présente une bonne qualité d'ambiances perçues et vécues¹.

L'intégration de L'atrium comme élément moderne fait partie des éléments intégrés dans l'architecture, sans étude au préalable qui pourra guider l'architecte concepteur afin de prédire son impact entre autre thermique et énergétique sur le bâtiment.

L'intérêt à employer les nouvelles technologies et les parois en verre, a donné lieu à négliger les potentiels environnementaux.² Malgré les avantages que peut offrir un atrium sur le plan esthétique, garantir un confort thermique au sein de cet espace et dans les espaces qui lui sont adjacents, exige une grande quantité d'énergie, en raison des gains de chaleurs excessives pendant la journée en été, et la perte de chaleur pendant les saisons froides³.

Afin d'éviter ce genre de résultats et de prédire l'efficacité entre autre énergétique des atriums, les chercheurs ont fait recours à la simulation par ordinateur, qui est devenue abordable et possible au cours des dernières décennies, avec le développement rapide de l'industrie de l'informatique ainsi que l'avancement fondamental des techniques de calcul⁴.

Malgré ce développement en matière de prédiction, l'estimation de la performance thermique et énergétique d'un bâtiment à atrium reste difficile en raison des phénomènes thermiques très complexes. La grande taille de l'atrium, la grande fenestration de la zone, et les flux entraînés en trois dimensions ainsi que d'autres facteurs donnent lieu à un flux d'air complexe, et une distribution de la température non équilibrée⁵.

Pour cela, vérifier l'efficacité de l'atrium, revient à vérifier une multitude de paramètres notamment la forme de ce dernier, sa position, sa hauteur, son orientation, le

¹ M'SELLEM Houda. La prise en compte des ambiances dans le processus de conception architecturale. Thèse de Doctorat en sciences Architecture. Université Mohamed Khider – Biskra.2017

² **Tofigh Tabesh and Begum Sertyesilisik**, "Focus on Atrium Spaces Aspects on the Energy Performance" International Conference on Chemical, Civil and Environmental Engineering (CCEE-2015) June 5-6, 2015 Istanbul (Turkey)

³ **W.Y. Hung**, « ARCHITECTURAL ASPECTS OF ATRIUM » International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, Volume 5, Number 4, p.131-137, 2003

⁴ **Abdelaziz, L. A., & Atif, M. R.** "Comparison between computed and measured thermal Parameters in an atrium building", Buildings and Environment. 1999,

⁵ **Debnath, K.B.** "Influence of Enclosed Atriums in the Energy Consumption of Retail Shopping Environments of Dhaka City: a Comparative Study between Eastern Plaza and Basundhara City, in 4th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh" (ICEAB). 2013, BENJapan: Fukuoka, Japan. p. 58-61.

degré d'inclinaison de la verrière, et le type de vitrage, ceci par rapport au climat du contexte¹.

En tant qu'étudiants postulants pour le diplôme de master en architecture, et vu que nous allons aborder la conception d'un laboratoire de recherche en architecture et génie civil doté d'atriums, dans un contexte chaud et aride, nous sommes contraints de prédire l'impact de cet élément sur les ambiances servant à améliorer qualitativement et quantitativement la fiabilité thermique et énergétique du projet durant la phase conceptuelle. Sur ce, la question qui se pose est : quelle est la méthodologie à suivre afin d'atteindre des résultats efficaces et fiables concernant la prédiction de la performance thermique des atriums dans un climat chaud et aride, voir dégager un guide qui pourra aider les concepteurs futurs ?

Hypothèse de travail

La prédiction de la performance énergétique de l'atrium revient à vérifier les paramètres les plus importants notamment l'orientation, l'inclinaison, la hauteur, la forme géométrique, et le type de vitrage utilisé.

Méthodologie de travail

Vu la complexité du sujet et la multitude de critères à prendre en considération notamment la forme de l'atrium, la position, la hauteur, l'orientation, le degré d'inclinaison de la verrière, et le type de vitrage, la méthodologie à suivre pour une prédiction fiable se résume aux points suivants :

- Echelle numérique : le choix du support s'est posé sur cinq logiciels à savoir :
 - ✚ Revit : version 2017.
 - ✚ Insight et Archiwizard comme extensions du Revit.
 - ✚ Energy+ pour dégager les taux d'irradiations solaires diffuses et globales.
 - ✚ EDSL TAS program version 9.4.3.
- Echelle des étapes à suivre : le processus des étapes suivis dans le présent travail se traduit par les étapes suivantes :
 1. Vérifier le taux d'irradiations solaires subie par et la cour et l'atrium, sous une latitude de 33°25' nord. Le modèle de simulation est adiabatique, avec des parois extérieures complètement isolées, ceci pour vérifier l'impact de la cour et de l'atrium comme éléments d'influence. Nous notons que les données météorologiques utilisées dans les simulations sont les données du rayonnement solaire clair du ciel. Les effets de la modification de la nébulosité sont négligés. En outre, l'enquête est menée selon six orientations : Sud, Sud-

¹ Leila, M & al. Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 34, June 2014

Ouest, Sud-Est, Ouest, Nord et est. Dans chaque orientation, le toit est incliné vers cette direction. Les simulations sont effectuées le 21 juin (solstice d'été) et le 21 Décembre (solstice d'hiver). Les résultats des simulations avec la cour et avec l'atrium sont obtenus par irradiation horaire moyenne journalière (W / m^2) et par gain solaire horaire moyen journalier (W / m^2).

2. Echelle du bâtiment : réaliser quatre modèles réduits, avec des parois extérieures adiabatiques. Trois types de verres sont testés à savoir le simple vitrage, le double vitrage et le polycarbonate. Plusieurs scénarios sont vérifiés notamment :

- Vérification avec un état hermétique durant la période hivernale.

- Durant la période estivale, une vérification sous un état hermétique, avec un tirage thermique (en ouvrant partiellement l'atrium) et enfin en mixant le tirage thermique avec une ventilation traversant. Ce choix se veut dans le but de valider les deux logiciels et de vérifier l'efficacité réelle de l'atrium par rapport à l'intérieur du bâtiment. Une fois les résultats vérifiés, on procède à une comparaison de résultats, à savoir les résultats des mesures in-situ et celles des logiciels.

3. Vérification des résultats avec un cas existant.

4. Enfin application des logiciels sur le projet conçu.

Structure du mémoire

Le présent travail est structuré selon cinq chapitres.

Une approche introductive dans laquelle nous exposons les problèmes énergétiques accusés à l'échelle mondiale, les lacunes au niveau de la conception durable, et l'intégration de l'atrium dans un contexte chaud et aride.

- **Un premier chapitre** élucidant une recherche thématique concernant les laboratoires de recherche en architecture et génie civil, l'atrium comme élément intègre à la cour et les paramètres influant son efficacité thermique et énergétique.

- **Un second chapitre** dédié à la lecture analytique des exemples, et la présentation des concepts et leçons tirés de cette lecture.

- **Un troisième** chapitre dans lequel nous présentons le contexte d'étude et ses différentes composantes.

- **Un quatrième chapitre** destiné pour une évaluation de la performance énergétique, conjugué par une panoplie de mesures et de simulations numériques, touchant l'aspect thermique, aérodynamique et d'humidité. Ce chapitre sera finalisé par une synthèse illustrant les cas de figures défavorables et favorables.

- **Un cinquième chapitre** dédié pour l'approche conceptuelle du projet, et l'application des leçons requises dans le chapitre précédent.



PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : ETUDE THEMATIQUE.

CHAPITRE II : ETUDE ANALYTIQUE.

CHAPITRE III : ETUDE CONTEXTUELLE.



CHAPITRE I
ETUDE THEMATIQUE.

Dans cette approche, il est question de de présenter les espaces de laboratoires comme espaces architecturaux, leurs fonctionnement et les équipements qui les composent. D'autre part nous présentons les atriums et leur évolution à travers l'histoire de l'architecture. En troisième lieu, nous les paramètres qui influencent l'atrium pour garantir un confort des usagers et une économie d'énergie.

Laboratoire de recherche en Architecture et en génie civil

1.1 Définition de la recherche selon Larousse

Ensemble des études et de travaux menés méthodiquement par un spécialiste et ayant pour objet de faire progresser la connaissance¹.

1.2 Définition de la recherche scientifique

C'est effectuer une étude méthodique afin de prouver une hypothèse ou répondre à une question précise. Trouver une réponse définitive est le but central de toute démarche expérimentale².

1.3 Définition du laboratoire et du laboratoire de recherches scientifique

1.3.1 Laboratoire

Local aménagé pour effectuer des recherches scientifiques, des analyses ou encore réaliser des travaux. (www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/définition/laboratoire)

1.3.2 Laboratoire de recherche (figure 1)

Local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherche scientifiques, d'analyse, des tests techniques ou l'enseignement scientifique et technique³.

1.3.3 Classification des secteurs de recherche (figure 2)

1.3.3.1 Laboratoire de recherche d'architecture et génie civil

Local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherche scientifiques relative à l'architecture et génie civile, d'analyse, des tests techniques ou l'enseignement scientifique et technique dans le cadre de développer la connaissance d'architecture et génie civil.

¹ Larousse en ligne : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais-monolingue>

² Martyn Shuttleworth ,Academic journal. En ligne : www.explorables.com/définition-de-la-recherche-scientifique

³ CNRTL, en ligne : <https://www.cnrtl.fr/definition/laboratoire>

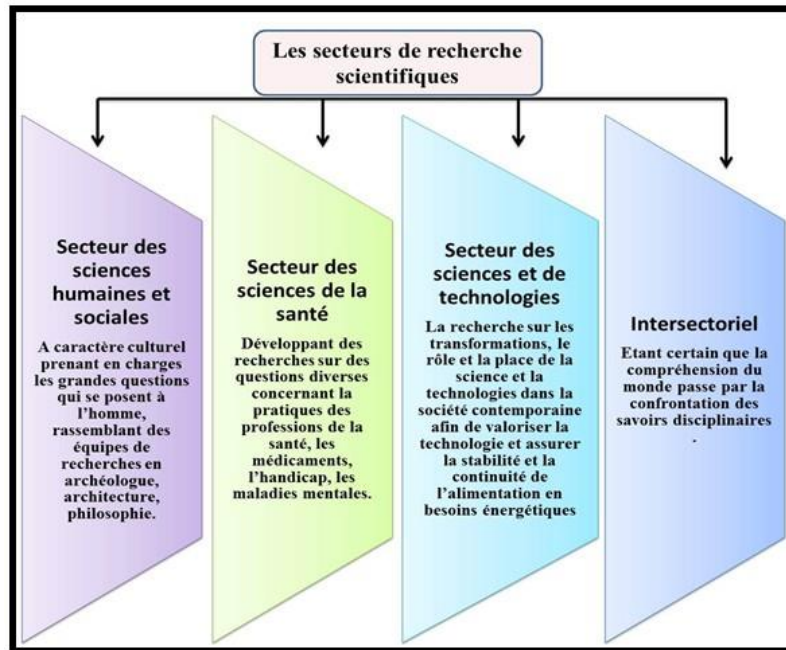


Figure I. 1 : Les secteurs de recherche scientifiques.
Source : auteur.

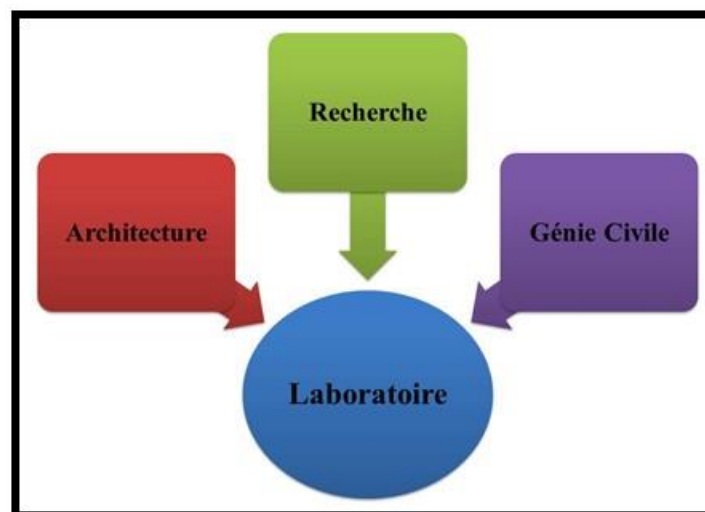


Figure I. 2 : Laboratoire de recherche d'architecture et génie civil.
Source : auteur.

2.Evolution historique des atriums

Définition de l'atrium

Selon le dictionnaire d'Oxford, l'atrium est « un hall central dans un bâtiment moderne, traversant généralement plusieurs étages et ayant un toit vitré ». On peut dire que couvrir une cour par une verrière constitue un atrium.¹

¹ Taleghani, M. Tenpierik, M., and Dobbles A. (2012a) „The Effect of Different Transitional Spaces on Thermal Comfort and

2.1 L'évolution des atriums à travers l'histoire

L'histoire de l'atrium traditionnel remonte à 3000 ans avant JC dans les vestiges archéologiques d'une maison de cour d'Ur, en Mésopotamie¹ comme le montre la figure 3(a). Il a ensuite été trouvé comme une cour centrale dans d'anciennes maisons romaines et grecques. Atrium a non seulement servi de modificateur du climat, mais également de lieu de socialisation pour les habitants du bâtiment. Dans les zones chaudes, les cours sont couramment utilisées pour remplir la double fonction². Par exemple, sous les tropiques, une cour fournit une ventilation naturelle et de la lumière pour les bâtiments de type "Shop house"³ (Fig. 3(b)). L'inclusion d'atriums dans la conception des bâtiments à l'ère moderne a commencé lors de la révolution industrielle avec la disponibilité du verre plat et des éléments structuraux élancés en fer et en acier. Cependant, les atriums modernes n'étaient pas courants avant la fin des années 50 et le début des années 60. La nouvelle forme d'atrium a son origine dans les climats tempérés des régions de haute latitude, où elle offre une salle contrôlable du point de vue de l'environnement ainsi que la lumière naturelle et la chaleur pendant l'hiver⁴.

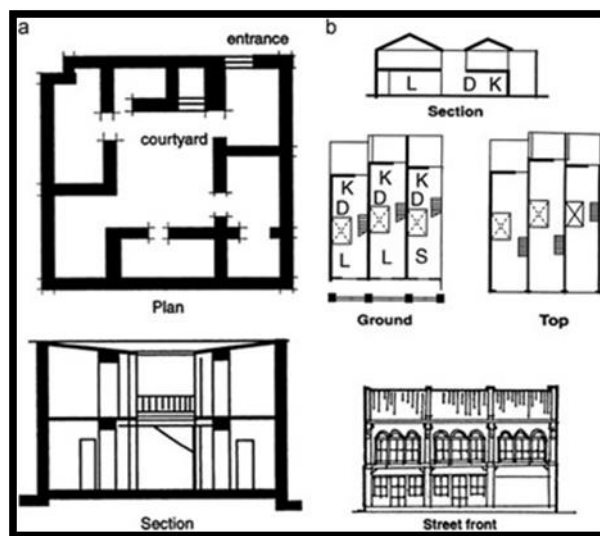


Figure I. 3 : Section et plan de la maison d'Ur, Mésopotamie) a), section typique, plan et élévation de la conception de l'atelier en Malaisie (b) . MH Ahmad , MTHM RasdiPrincipes de conception des bâtiments à atriums pour les tropiques. Penerbit UTM

Avec l'augmentation du nombre de bâtiments à atriums, en particulier dans les immeubles de luxe non résidentiels, la demande en systèmes de ventilation pour fournir une qualité d'air élevée et un confort thermique aux occupants s'est accrue. Ceci a par

Energy Consumption of Residential Buildings". in Proceedings of 7th Windsor conference, „The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World". held 12-15 April 2012 at Cumberland Lodge, Windsor. London

¹ MJ Bednar **Le nouvel atrium**. McGraw-Hill , New York (1986) Google Scholar

² Noor M. La fonction et la forme de la maison de cour, The Arab House. Actes du colloque. Centre de recherche et développement en architecture outre-mer, École d'architecture, Université de New Castle Upon Tyne; 1986. Google Scholar

³ MH Ahmad , MTHM RasdiPrincipes de conception des bâtiments à oreillettes pour les tropiques. Penerbit UTM , Malaisie (2000). Google Scholar

⁴ BâtimentsM. AtifAtrium: commodités, coûts énergétiques et environnement Constr Canada , 36 (1993) , p. 43 – 47. Google Scholar

conséquent conduit à l'emploi de systèmes mécaniques à forte demande en énergie. Ainsi, dans les années 1970 et au début des années 1980, les avantages environnementaux de l'atrium ont été à nouveau considérés comme une réponse post-crise pétrolière à une consommation d'énergie élevée dans la conception de bâtiments¹. Néanmoins, la considération ne concernait que l'atrium utilisé dans les climats tempérés. L'application directe de la solution tempérée d'atrium sur des climats plus chauds a créé des problèmes importants qu'il reste à résoudre. Ainsi, avec la nouvelle approche d'efficacité énergétique, la ventilation naturelle, principal avantage potentiel des atriums pour l'environnement, a de nouveau été mise en évidence.

2.2 Formes génériques d'atriums

La conception d'un atrium est généralement basée sur les conditions climatiques, les expériences architecturales, le niveau attendu de confort thermique et les fonctions du bâtiment. L'emplacement de l'atrium dans le bâtiment est le principal facteur qui détermine les avantages environnementaux potentiels des atriums dans le bâtiment. Il existe quatre formes différentes d'atrium, en tant que catégorie principale d'atriums, qui ont été citées dans la littérature sur la base de l'emplacement de l'atrium dans le bâtiment, comme indiqué sur la figure 4². Chaque forme d'atrium présente un avantage environnemental particulier, qui est choisi en fonction de ses conditions ambiantes, de la ventilation attendue et des performances de la lumière du jour. Par exemple, dans les climats tempérés, afin d'obtenir plus de chaleur solaire gagnant en hiver et une vue plus attrayante à différentes saisons, l'atrium est fixé au bâtiment comme une façade vitrée (Fig. 4 c). Pour les climats chauds et humides, parmi les quatre types génériques, les atriums centralisées (Fig. 4 a) et linéaires (Fig. 4 d) sont les types les plus efficaces pour minimiser les fluctuations de température pendant les saisons chaudes et modérées. En outre, les performances thermiques globales de ces types d'atriums sont les plus proches des températures neutres³. Par conséquent, ces atriums linéaires et centralisées sont les formes génériques les plus courantes utilisées dans les régions chaudes.⁴

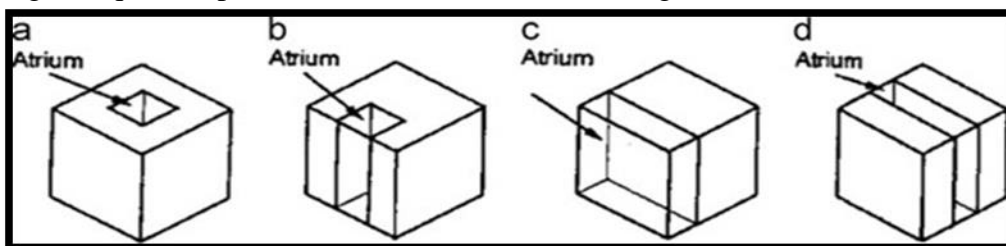


Figure I. 4 : Quatre formes génériques différentes d'atrium et d'échantillons réels. (a) centralisé, (b) semi-fermé, (c) attaché, (d) linéaire. Source : W. Hung , W. ChowUn examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium Architec Sci Rev , 44 (2001) , p. 285 – 295 Google Scholar.

¹ MH Ahmad , MTHM RasdiPrincipes de conception des bâtiments à oreillettes pour les tropiques. Penerbit UTM , Malaisie (2000). Google Scholar.

² W. Hung , W. ChowUn examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium. Archit Sci Rev , 44 (2001) , p. 285 – 295. Google Scholar

³ Yunus J, SS Ahmad, Zain-Ahmed A. Analyse des aspects architecturaux de l'atrium dans les immeubles de bureaux dans des conditions de ciel tropical. In: Actes de la conférence internationale de l'IEEE sur la recherche scientifique et sociale (CSSR). Kuala Lumpur, Malaisie; 2010. p. 536–41. Google Scholar

⁴ CK QuekDesign of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France (1989). Google Scholar

2.3 Approches récentes de la conception des atriums

D'après la littérature, pour atteindre les conditions thermiques intérieures souhaitées lors de la conception d'atriums à ventilation naturelle, deux approches de conception principales ont été citées, à savoir :

(a) : concevoir les composants et les configurations de l'atrium.

(b) : mettre en œuvre des techniques de ventilation appropriées. Ces paramètres de conception sont principalement affectés par des variables externes et internes. L'efficacité de chaque paramètre a été évaluée sur la base de son influence sur l'augmentation du débit d'air et sur le modèle de flux d'air prévu, ce qui a pour conséquence une amélioration des conditions thermiques et une diminution de la consommation d'énergie dans les atriums.

La figure 05 présente une liste des variables, des techniques de ventilation et de leurs relations avec d'autres paramètres de conception dans la structure des approches de conception récentes des atriums. L'importance de cette figure est qu'elle illustre les interdépendances entre les facteurs qui influencent la conception passive des atriums.

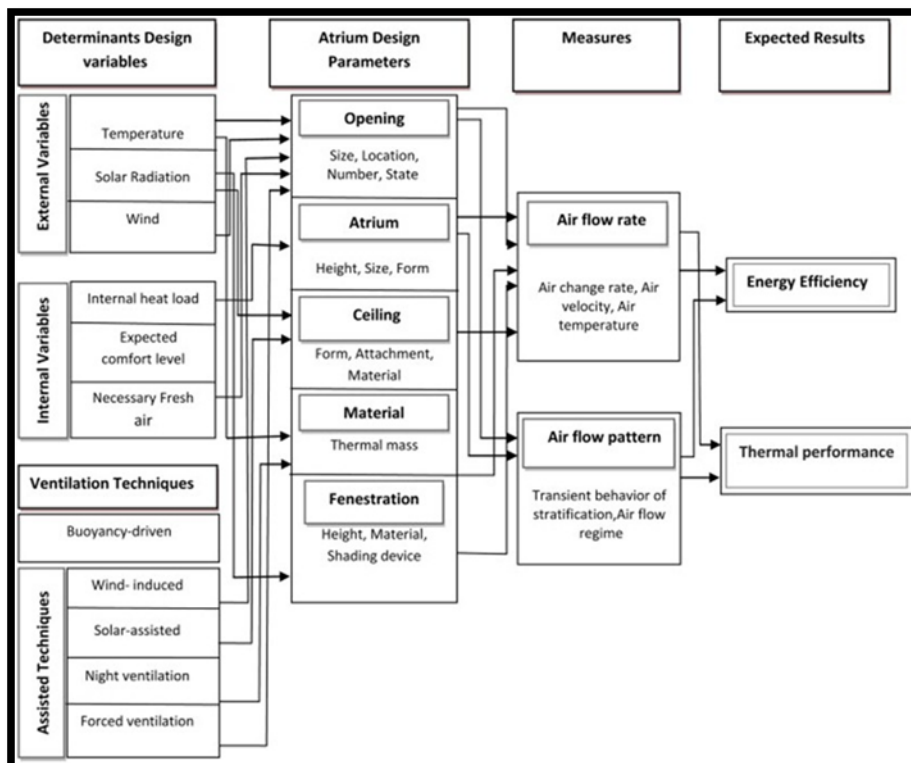


Figure I. 5 : Une carte des paramètres de conception et des variables. Source : CK Quek Design of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge, Paris, France (1989). Google Scholar

3. L'impact des atriums sur la consommation énergétique

L'atrium peut jouer un rôle important dans la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments. Ainsi, en gagnant de la lumière inactive, en plus de

réduire les coûts d'énergie de chauffage et de refroidissement dans le bâtiment, il peut fournir confort, bien-être, durabilité, attractivité, adaptation environnementale ... etc.

En revanche, vérifier l'efficacité énergétique de l'atrium revient à vérifier l'impact de plusieurs paramètres de l'atrium notamment :

3.1 Impact de la géométrie et du rapport dimensionnel de l'atrium

Plusieurs études ont clarifié comment différentes formes et géométries d'atriums répondent à diverses conditions. Elles démontrent la relation entre la performance thermique d'un atrium et sa taille et sa géométrie. Les résultats d'analyse et les résultats aident les architectes et les concepteurs à identifier le type de bâtiment atrium le plus économe en énergie.

Il améliore leur compréhension de l'effet de différents paramètres sur l'environnement de l'atrium interne et leur fournit un large éventail de stratégies qui pourraient mener à l'optimisation de la conception de l'atrium.

Parmi ces études, on cite celle de Abdelsalam Aldawoud ¹. Dans le but d'évaluer l'impact de la géométrie de l'atrium sur le niveau de performance énergétique du bâtiment, le puits de lumière de l'atrium de chaque modèle est considéré comme le seul point d'accès à l'environnement extérieur. Les enveloppes des modèles, y compris toutes les surfaces extérieures, les planchers et les murs, sont considérées adiabatiques pour interdire le transfert de chaleur avec l'environnement. Le modèle typique (figure 06) est proposé comme modèle de référence et qui va subir quatre modifications (figure 07), afin de vérifier l'impact du changement de la géométrie sur la consommation énergétique.

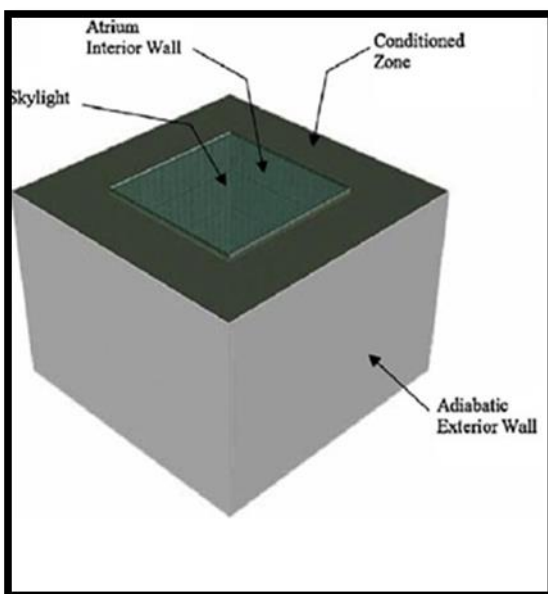


Figure I. 6 : Modèle d'atrium typique.
Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, *Energy and Buildings*, Volume 57, February 2013.

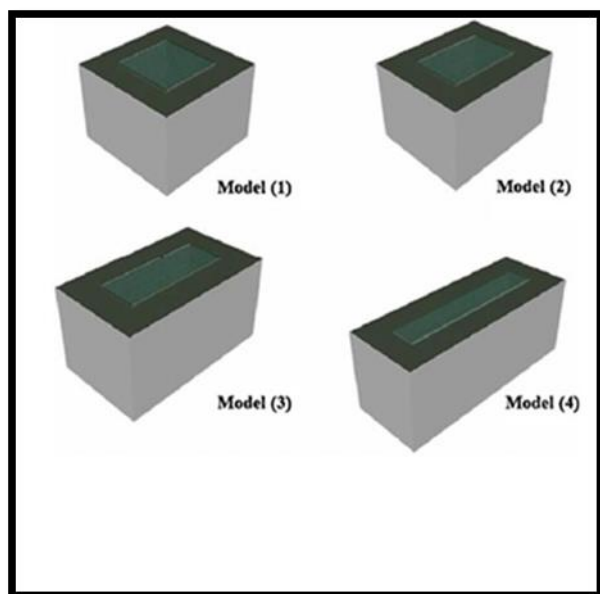


Figure I. 7 : Variations de la géométrie des types d'atriums. Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, *Energy and Buildings*, Volume 57, February 2013.

¹Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, *Energy and Buildings*, Volume 57, February 2013, Pages 1-5.

Dans l'étude, les paramètres du modèle sont modifiés dans chaque simulation. Au total, 4320 simulations sont effectuées pour chaque type de modèle. Les principaux paramètres modifiés dans cette étude sont :

- Géométrie : quatre géométries différentes d'atriums sont testées. Ils ont tous les mêmes zones avec un rapport longueur / largeur différent. Le tableau 1 et la figure 8 montrent les dimensions et la superficie de chaque type d'atrium et le rapport longueur / largeur par rapport à la longueur et à la largeur du modèle (1) en tant que modèle de référence pour l'analyse et la comparaison.

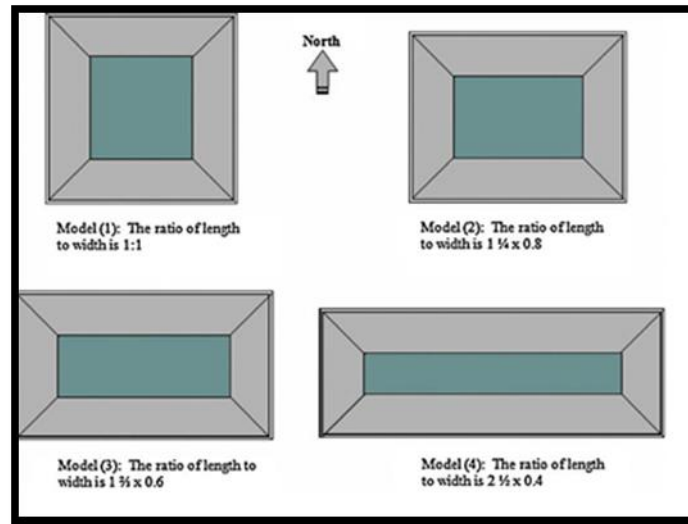


Figure I. 8 : Le rapport de l'atrium de la longueur à la largeur par rapport à la longueur et la largeur de l'atrium du modèle (1) comme référence pour l'analyse et la comparaison. Source: Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.

Model	Atrium dimensions (m)		Floor area of atrium (m ²)	Ratio length × width
Model (1)	15.24	× 15.24	232. 2	1.0 × 1.0
Model (2)	19.05	× 12.19	232. 2	1 1/4 × 0.8
Model (3)	25.40	× 9.14	232. 2	1 2/3 × 0.6
Model (4)	38.10	× 6.10	232. 2	2 1/2 × 0.4

Tableau I. 1 : Les dimensions de l'atrium et la proportion de la longueur par rapport au modèle (1) comme modèle de référence pour l'analyse et la comparaison. Source: Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013

Les résultats des simulations montrent que la performance thermique d'un atrium est grandement affectée par la géométrie de l'atrium et que cet effet varie grandement selon les conditions, principalement le climat.

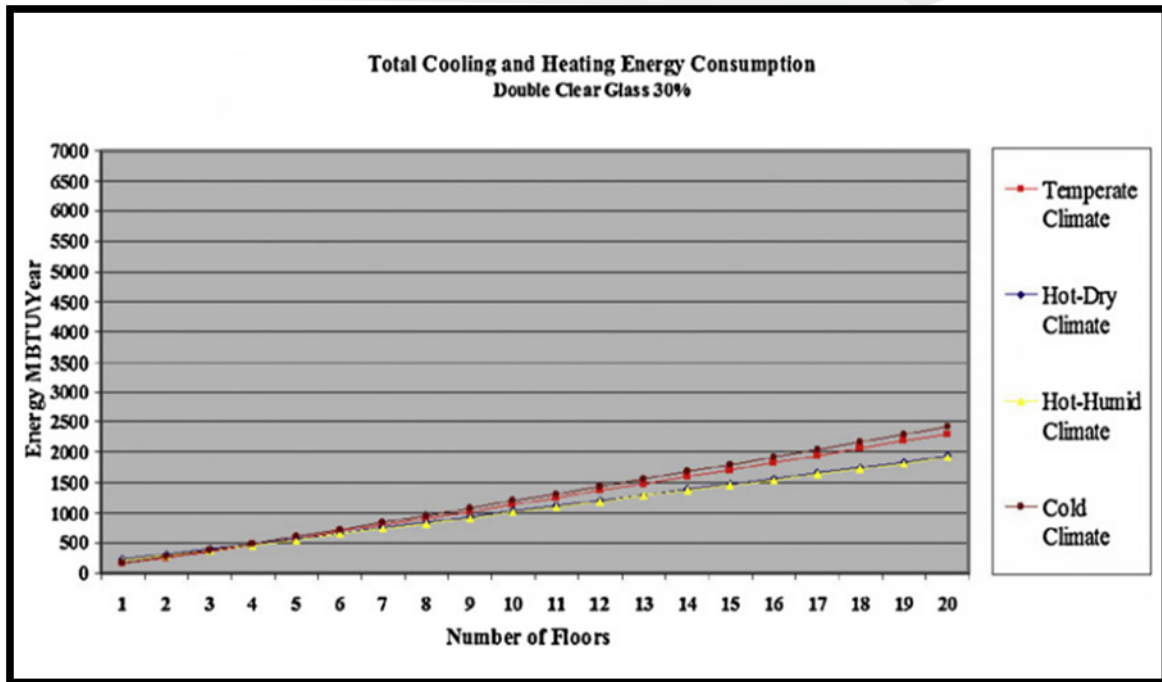


Figure I.9 : Consommation totale d'énergie de refroidissement et de chauffage. Source :Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.

- La géométrie a une influence considérable sur le taux d'utilisation de l'énergie pour chaque modèle. Dans toutes les régions climatiques, le modèle (4) montre la pire performance énergétique.
- Les formes d'atriums allongées avec des rapports longueur / largeur élevés sont moins économes en énergie que les autres formes testées. À titre d'exemple, Modèle (4) qui a le plus grand rapport longueur / largeur montre une performance énergétique médiocre dans toutes les régions climatiques. Malgré le fait qu'il fonctionne généralement mieux dans les climats chaud-humide et sec comme un bâtiment élevé, mais son taux annuel de consommation d'énergie totale est beaucoup plus élevé que la consommation d'énergie du modèle (1) dans ces climats.
- Le modèle (1) avec un atrium de forme carrée est la forme la plus idéale parmi tous les atriums testés dans toutes les régions climatiques, ceci pour hauteur importante. Il montre le taux de consommation d'énergie le plus bas par rapport à tous les autres atriums dans toutes les régions climatiques.
- Dans un climat chaud et sec, les résultats ont montré que les modèles 02 et 03 sont les plus adaptés pour une hauteur basse.

3.2 Impact du type de vitrage de de l'atrium

Le type de vitrage a son impact direct sur les ambiances thermiques dans le bâtiment, et par conséquent sur la consommation de l'énergie. Les types de verre utilisés dans les atriums sont multiples à travers le monde.

Dans l'étude précédente, l'auteur a fait référence à quatre types de vitrage notamment :

- Une seule couche de verre transparent
- Double couches de verre transparent
- Double couche de verre teinté
- Triple couches de verre clair.

Pour chaque variante de modèle, trois rapports de vitrage différents sont étudiés pour le puits de lumière de l'atrium. Les rapports de vitrage sont :

- Ratio de vitrage de 30%
- Vitrage de 50%
- Ratio de glaçage de 80%.

Pour le vitrage simple, la consommation énergétique augmente avec l'augmentation du ratio. Donc, une seule de verre transparent est la solution la plus inadéquate.

Pour un double vitrage avec une ration de 30%, les résultats obtenus sont

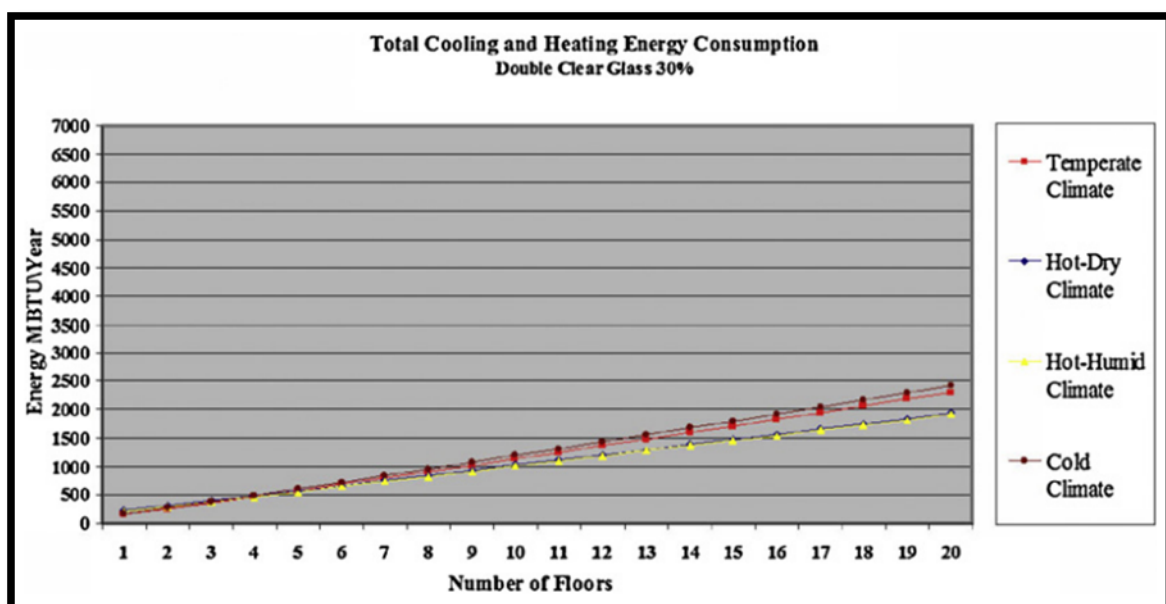


Figure I. 10 : Consommation totale d'énergie de refroidissement et de chauffage à l'aide de verre clair doublé 30%. source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.

relativement meilleurs que celles enregistrées précédemment. (Figure 10)

Le tableau 2 montre la performance énergétique des quatre modèles testés dans chaque climat par rapport à leur performance énergétique dans un climat tempéré en utilisant un double vitrage transparent avec un taux de vitrage de 50% à une hauteur de vingt étages.

Model type	Temperate climate	Hot-dry climate (%)	Hot-humid climate (%)	Cold climate (%)
Model (1)		-12.89	-16.09	5.40
Model (2)		-13.51	-16.07	5.20
Model (3)		-12.23	-15.65	5.64
Model (4)		-10.09	-15.59	4.62

Tableau I. 2 : La performance énergétique des modèles testés dans chaque climat par rapport à leur performance énergétique dans un climat tempéré à l'aide de verre double vitrage avec un taux de vitrage de 80%.

Source : Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.

Selon le type et le ratio du vitrage du verrier et comparé à la consommation d'énergie annuelle du Modèle (1) dans les climats tempérés comme référence et méthode d'évaluation, le même modèle de consommation annuelle d'énergie dans les climats chauds et secs accuse une économie d'énergie dans les modèles 1,2 et 3. Le modèle 02 accuse la meilleure économie d'énergie.

En conclusion, le double vitrage avec une ration de 50% offre de meilleurs résultats pour un climat chaud et sec.

3.3 Impact de la position de l'atrium

L'emplacement de l'atrium dans le bâtiment est le principal facteur qui détermine les avantages environnementaux potentiels des atriums dans le bâtiment. Il existe quatre formes différentes d'atrium, en tant que catégorie principale d'atriums, qui ont été citées dans la littérature sur la base de l'emplacement de l'atrium dans le bâtiment, comme indiqué sur la figure 11¹. Chaque forme d'atrium présente un avantage environnemental particulier, qui est choisi en fonction de ses conditions ambiantes, de la ventilation attendue et des performances de la lumière du jour. Par exemple, dans les climats tempérés, afin d'obtenir plus de chaleur solaire gagnant en hiver et une vue plus attrayante à différentes saisons, l'atrium est fixé au bâtiment comme une façade vitrée (Figure 11 c). Pour les climats chauds et humides, parmi les quatre types génériques, les atriums centralisées (Figure 11 a) et linéaires (Figure 11 d) sont les types les plus efficaces pour minimiser les fluctuations de température pendant les saisons chaudes et modérées. En outre, les performances thermiques globales de ces types d'atriums sont les plus proches des températures neutres. Par conséquent, ces atriums linéaires et centralisées sont les formes génériques les plus courantes utilisées dans les régions chaudes².

¹ W. Hung , W. Chow.Un examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium Archit Sci Rev , 44 (2001) , p. 285 – 295. Google Scholar

² CK Quek Design of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France (1989) . Google Scholar

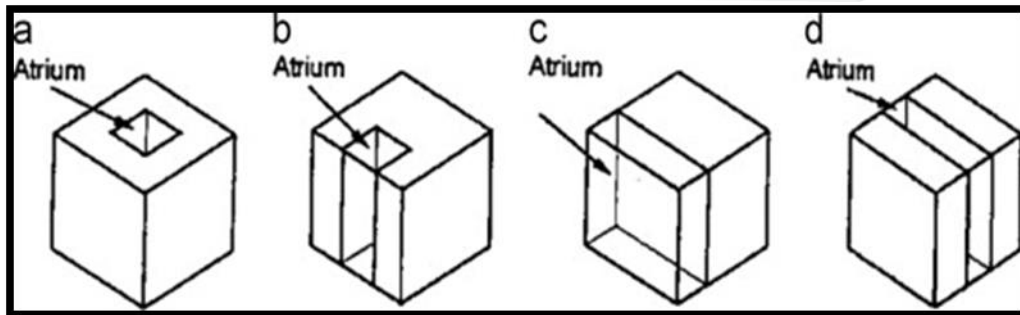


Figure I. 11 : Quatre formes génériques différentes d'atrium et d'échantillons réels. (a) centralisé, (b) semi-fermé, (c) attaché, (d) linéaire. Source : CK Quek Design of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France (1989).

3.4 Impact de la hauteur de l'atrium

La hauteur de l'atrium présente une influence considérable sur le confort thermique et la consommation énergétique. Wang Lan et son équipe¹ ont mené une étude, et ont

déduit ce qui suit :

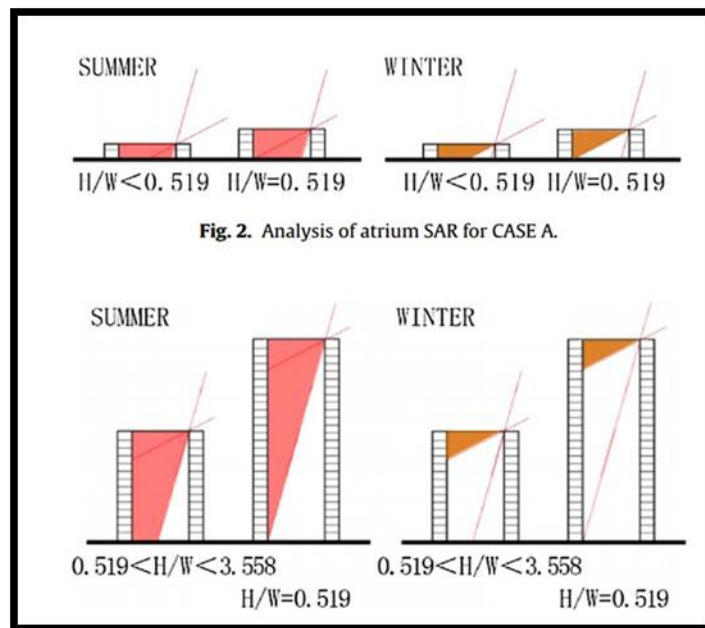


Figure I. 12 : Analyse du rapport d'aspect de section.
Source : Wang Lan & al.2017.

Dans le solstice d'hiver, à partir des contours de température de section, on peut observer que, comparé à l'atrium de 40 m de haut et de 75 m de haut, la température dans l'atrium de 5 m de haut est supérieure en moyenne et distribuée plus uniformément. Dans l'atrium de 5 m de haut, la température est d'environ 22°C dans la plupart des régions. Dans

¹ Wang Lan & al. Role of atrium geometry in building energy consumption: The case of a fully air-conditioned enclosed atrium in cold climates, China. journal homepage: www.elsevier.com/locate/enbuild.2017

l'atrium de 40 m de haut, la température au fond est de 22°C, alors qu'elle est de 20°C dans la plupart des parties supérieures.

Dans l'atrium de 75 m de hauteur, la température du fond est d'environ 22 ° C ; dans les parties supérieures, la température au Nord-Est de 20 ° C, soit 1 ° C de plus que dans les parties Sud.

Dans le solstice d'été, la répartition de la température au rez-de-chaussée indique qu'avec l'augmentation de la hauteur de l'atrium, la couche de sol est moins chauffée par la pénétration solaire. Pour l'atrium de 5 m de haut, environ 45% du rez-de-chaussée est chauffé à 36-53 ° C. Pour l'atrium de 40 m de haut, environ 35% du rez-de-chaussée est chauffé à 33-46 ° C. Pour l'atrium de 75 m de haut, près de 12% du rez-de-chaussée est chauffé à 32-42 ° C.

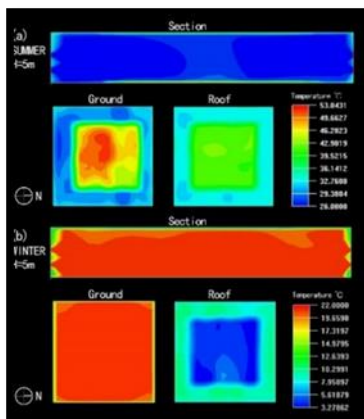


Figure I. 14 : Résultats de modélisation de 40m.
Source : Wang Lan & al.2017

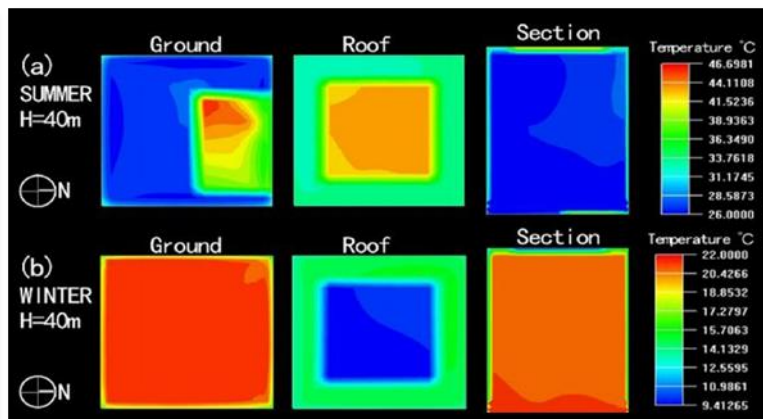


Figure I. 13 : Résultats de modélisation de 70m.
Source : Wang Lan & al.2017.

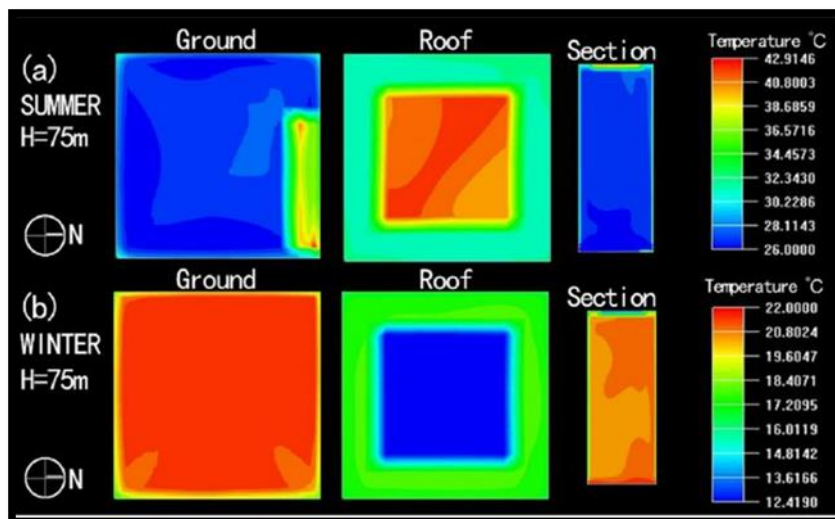


Figure I. 15 : Résultats de modélisation de 5m de hauteur.
Source : Wang Lan & al.2017

3.5 Impact du degré d'inclinaison et de l'orientation de la verrière de l'atrium

La conclusion tirée de l'étude montre que les effets de changer l'angle d'inclinaison de l'atrium varient selon les latitudes et les orientations. Les effets sont plus importants lorsque le toit est incliné vers le sud dans l'hémisphère Nord, surtout en hiver et dans les hautes latitudes, où la température de l'air est basse par rapport aux basses latitudes.

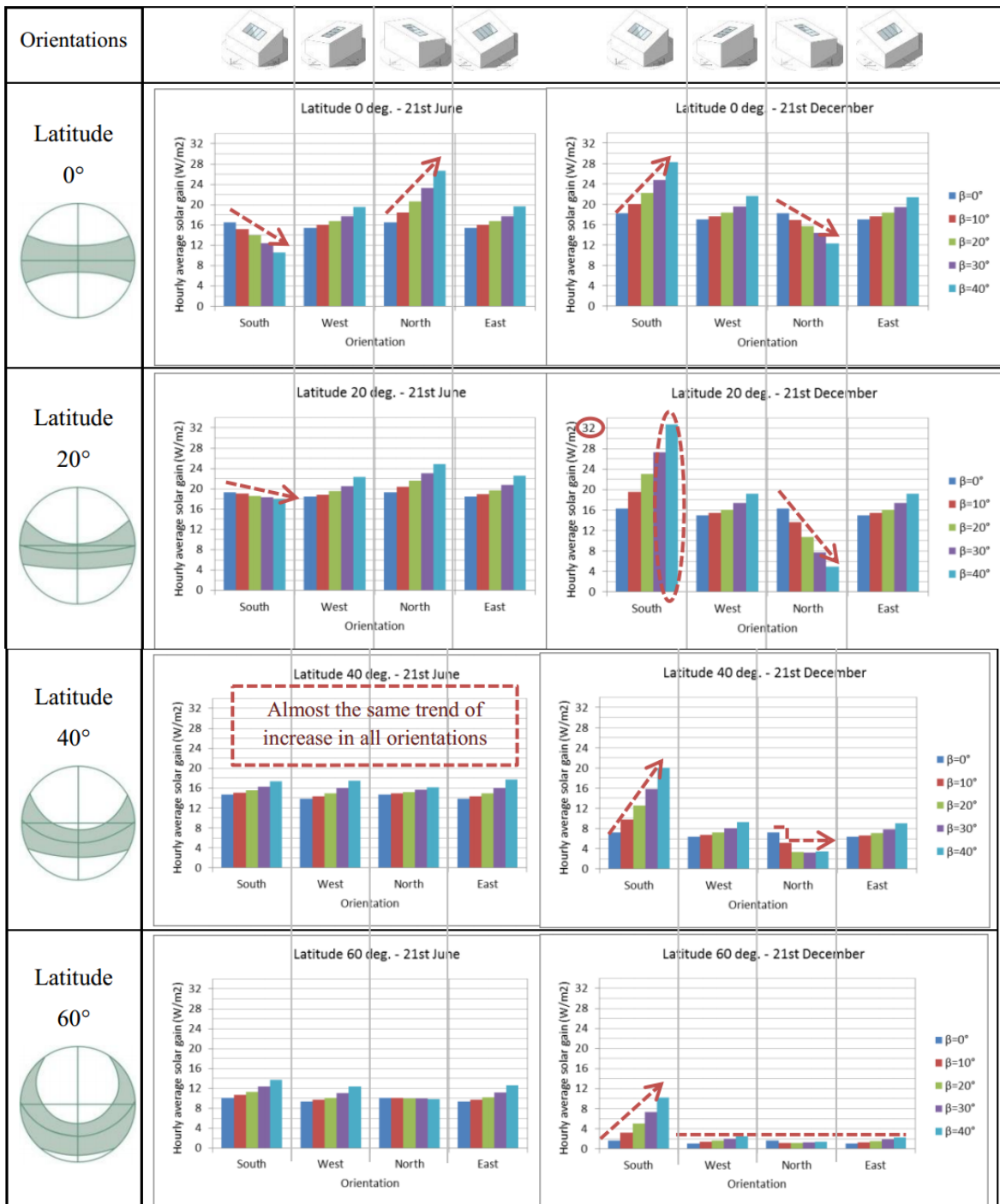


Figure I. 16 : Effets du changement de pente du toit de l'atrium sur l'irradiation reçue par les surfaces internes de l'atrium dans différentes orientations et latitudes. Source: Ahmed Qadir Ahmed & al. Proceedings of 3rd Conference: People and Buildings held at Westminster University, School of Architecture and the Built Environment, London, UK, 20th September 2013.

Ainsi, l'augmentation de l'angle d'inclinaison du toit peut être une bonne stratégie pour améliorer la performance solaire des bâtiments à atrium.

L'angle d'inclinaison optimal du toit doit être considéré sous différentes latitudes. Dans l'équateur, où la température de l'air est considérablement élevée tout au long de l'année, l'angle d'inclinaison optimal est celui qui provoque le minimum d'irradiation reçue par les murs intérieurs de l'atrium. Dans les deux cas 20 et 40 degrés de latitude, où l'été est chaud et l'hiver est froid, l'angle d'inclinaison optimale est ce qui conduit à l'irradiation minimale reçue en été et maximale en hiver. En outre, à 60 degrés de latitude, où la température de l'air est froide tout au long de l'année, l'angle d'inclinaison optimal du toit peut être celui qui provoque l'irradiation maximale reçue pendant toute l'année.

Conclusion

Un laboratoire de recherche en architecture et en génie civil est un espace qui exige du confort pour les usagers et qui nécessite un aménagement spécifique pour ses locaux. Pour que l'atrium, qui est un de couverture pour la cour, puisse avoir un apport positif sur le plan du confort et du bilan énergétique, les paramètres au-cités doivent être respectés.



CHAPITRE II
ETUDE ANALYTIQUE

LA lecture analytique se veut dans le but de tirer les leçons et les concepts, pour une éventuelle conception architectural. D'autre part, elle nous aide à dégager un programme qualitatif avec l'organigramme organisationnel, ainsi qu'un programme quantitatif.

Analyse des exemples

Les laboratoires de recherche d'architecture et génie civile se différencient par les besoins et les qualités des usagers ; certains focalisent sur les recherches par des simulations immatériels et autres par des essais sur des maquettes et matériaux matériels et pour comprendre la fonctionnement de différent type nous avons pris deux exemples différents l'un destiner pour la recherche de génie civile et l'autre destiner à la recherche d'architecture et pour mieux comprendre l'impact des atriums sur la consommation énergétique sur les laboratoires, nous avons pris des exemples complémentaires.

1.1 Exemple laboratoire de recherche et bureau d'architecture a Gènes

1.1.1 Fiche technique du projet

Conception : laboratoire de recherche et bureau d'architecture a Gènes

Architect : RENZO PIANO

Emplacement : PUNTA NAVE (gênes), Italie

Chef de projet : RENZO PIANO

Surface : 1000,0 m²

Gabarit : RDC

Hauteur : 16.25 m

Climat : La température moyenne annuelle est de 14.7 °C à Gènes

1.1.2 Situation

Ce projet est situé à Punta Nave, sur le bord de mer à l'ouest de la ville de Gènes entre Voltri et Vesima. Il a été construit sur un terrain en Restanques de terre. Intégré dans la montagne ou près de la mer « Mon bureau est un hommage évident à ma terre... il est suspendu entre la montagne et la mer, un peu comme nous le sommes, nous les Ligures¹ ».



Figure II. 1 : vue sur le labo de Gene.
Source : Fondazionerenzopiano.org.

¹ Construire en verre, p271 , deuxième édition revue et augmentée , Christian Schittich.

1.1.3 Plan de situation

Construit en 1989 vers l'ouest de Gênes, le site a été volontairement isolé comme une île déserte. Il invite au calme, au silence, à la concentration et à la créativité. Ce n'est cependant pas un ermitage : des personnes de toutes nationalités

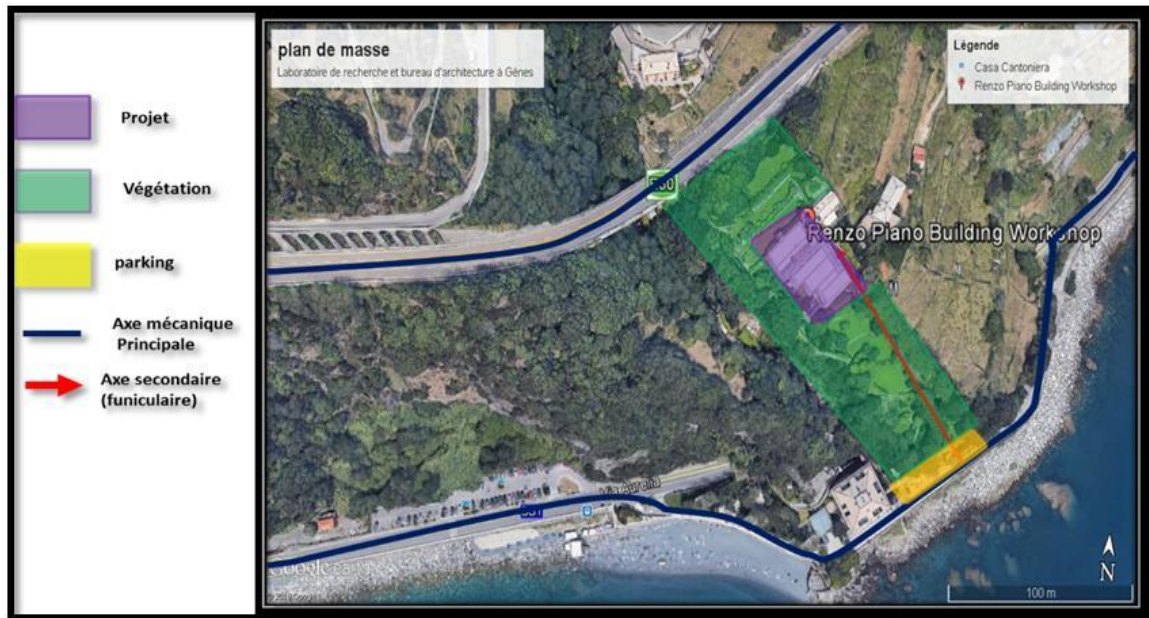


Figure II. 2 : Plan de situation.
Source : Fondazione renzopiano.org.

1.1.4 Plan de masse

Le laboratoire est accessible que par ascenseur transparent ou par un accès piéton, l'accessibilité mécanique n'est pas prévue le parking est de 100m.

Cette accessibilité est qualifiée d'une accessibilité difficile ; le projet est volontairement isolé, il invite au calme. Le projet est RDC sur un terrain étagé. La surface du bâti est de 1000m² qui représente que 1/3 de la surface Totale de l'assiette.

La verdure est l'une des composantes essentielles de l'espace. La forme de l'endroit lui-même est dérivé des besoins des cultures, et la végétation locale, avec les terrasses, constituent l'endroit avec sa forme distinctive.

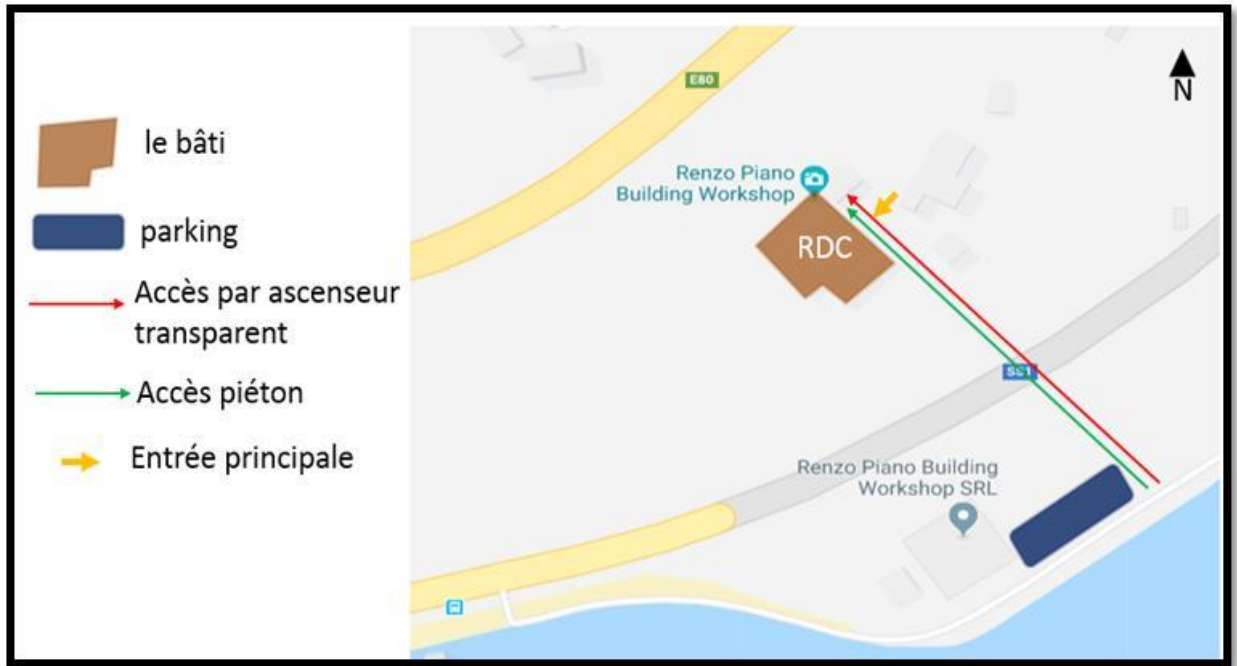


Figure II. 3 : Plan de masse.
Source : Google earth.

1.1.5 Analyse architecturale

1.1.5.a Analyse de la fonction

Dans cette phase nous serons voir les différents espaces et leurs fonctions dans le laboratoire de recherche et bureau d'architecture à Gênes.

1.1.5.b Organigramme spatial

La distribution du laboratoire est caractérisée par une organisation spatiale juxtaposée sur plusieurs niveaux ou tous les espaces. Le côté qui longe le parcours montant est rectiligne. De ce côté, l'escalier court le long de la baie vitrée et met en relation tous les niveaux, l'escalier joue le rôle d'élément d'articulation.

Les zones de travail suivent l'évolution de la pente et sont disposées sur des étages différents : outre le fait que cette solution crée une succession d'espaces, celle-ci permet de voir la nature environnante et la mer depuis tous les niveaux.

L'espace n'a ni hiérarchie ni barrières : les architectes, les clients, les étudiants ainsi que le personnel technique du cabinet sont réunis sous le même toit incliné, visibles les uns aux autres aux différents niveaux du bâtiment.

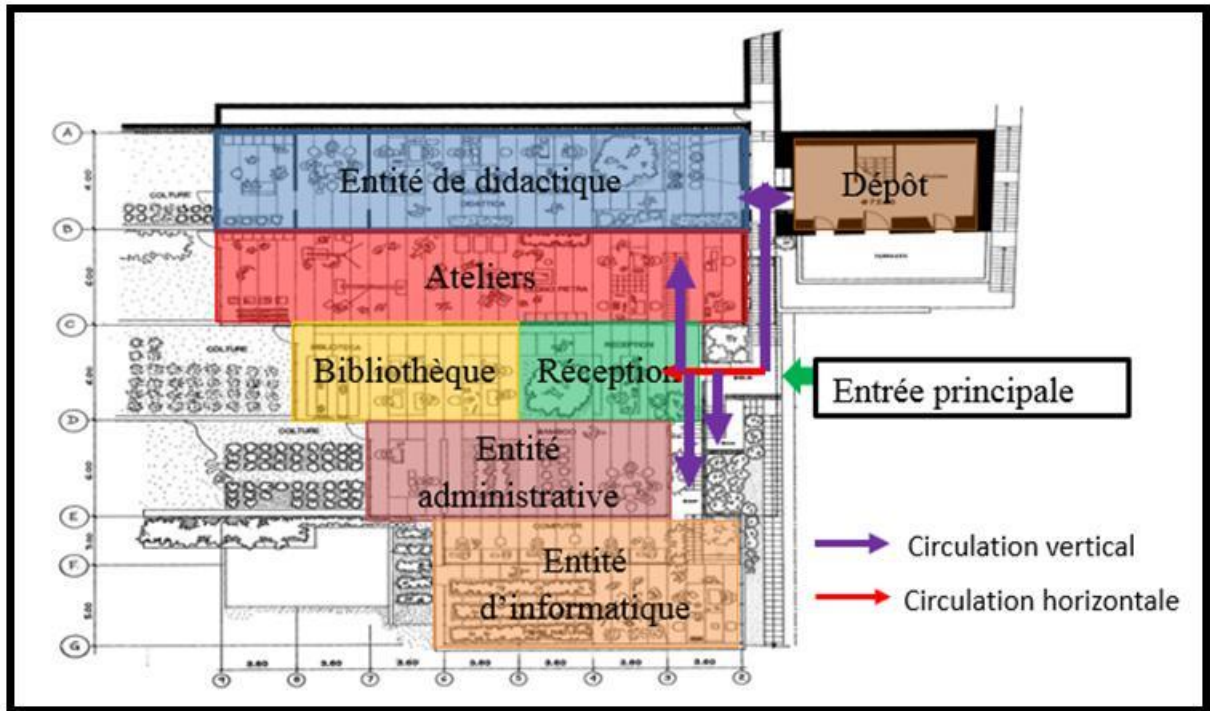


Figure II. 4 : Plan de masse.
Source : Fondazionerenzopiano.org.

1.1.5.c Le programme

espace	nombre	surface
Entité de didactique	1	166,15+35,50(jardin)
Ateliers	1	151,58+36,19(jardin)
Réception	1	54,13
Bibliothèque	1	63,97+56,76(jardin)
Salle de réunion	1	43,60
Bureau de directeur	1	42,29+63,83(jardin)
Entité d'informatique	1	124,20+89,33(jardin)
Dépôt	1	67

Tableau II. 1 : Programme quantitatif et qualitatif.
Source : auteur.

1.1.6 Les façades

La façade Est

Cette façade est caractérisée par la transparence, composée d'un système de terrasses en verre peu à peu en pente vers la mer, le bâtiment rappelle les formes des serres typiques du littoral ligure. Ici, la lumière naturelle joue un rôle majeur dans l'espace intérieur. Un profil en porte-à-faux, qui décroît du haut vers le bas en offrant un large vu sur la mer et la végétation.



Figure II. 5 : Plan de masse.
Source : Fondazione renzopiano.org.

La façade Nord

Le Skyline de la façade latérale est en pente suivant la pente du terrain. La baie vitrée et met en relation tous les niveaux. L'accès d'ascenseur transparent. Les parois sont constituées de panneaux en verre non encadrés.

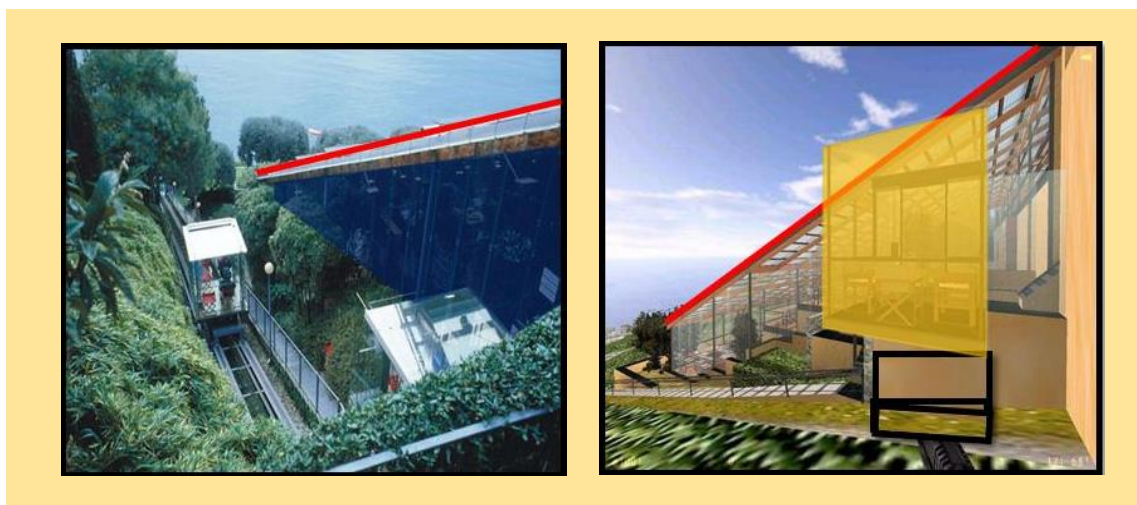


Figure II. 6 : Façade Nord.
Source : Fondazione renzopiano.org.

1.1.7 La volumétrie

Les terrasses qui avaient été construites par les paysans ligures pour exploiter les collines abruptes, ont en effet été conservées, ou le projet est parfaitement intégré au site. Le bâtiment est structuré comme une aile de papillon.

Le volume est caractérisé par un profil en porte-à-faux, qui décroît du haut vers le bas en offrant un large vu sur la mer et la végétation.



Figure II. 7 : Vues sur l'intégration du projet.
Source : Fondazione renzopiano.org.

1.1.8 Matériau

La toiture est constituée d'un châssis en bois lamellé-collé protégé par des cadres en plastique et de fines membranes, choisies pour leurs propriétés d'isolation thermique et de filtration de la lumière.

Les parois sont constituées de panneaux en verre non encadrés, fixés seulement par de fines ailettes de la même matière.



Figure II. 8 : Superstructure et atrium du projet.
Source : Fondazione renzopiano.org.

1.1.9 Système structurel

Toute la structure est soutenue par de minces montants en acier, et les éléments de jonction sont eux aussi en acier.

1.1.10 Domotique/ éléments technique

Éléments industriels de haute technologie, les informations enregistrées par des cellules photoélectriques régulent le fonctionnement d'un système de lames, actionnées par une commande à moteur qui protège la toiture des intempéries, et qui se ferment lorsque la luminosité extérieure augmente. À la tombée de la nuit, les lampes s'allument, orientées vers des écrans réfléchissants plafonniers. Ainsi, la lumière artificielle vient d'en haut, elle aussi.



Figure II. 9 : Toiture du projet.
Source : Fondazione renzopiano.org.

Voir Annexe II.N°01 : Exemple de laboratoire de recherche de génie civil.

2.2 Siège social de la caisse régionale du crédit Agricole des côtes d'Armor AIA Architectes St Briec (22) 2009



Figure II. 10 : Situation du projet.
Source : Construire en verre, p271, Christian Schittich.

Né d'une initiative privée, cet édifice est une construction durable, par sa faible consommation d'énergie proposée grâce à différentes innovations qui y sont mises en œuvre.

Le confort optimal des espaces pour les utilisateurs, ainsi que l'évolutivité et la modularité du bâtiment permettent une adaptabilité pour de futurs aménagements de l'édifice¹.

2.2.1 Programme

Cet immeuble abrite les bureaux du siège social de la Caisse Régionale du Crédit Agricole des Côtes d'Armor.² Il possède une SHON est de 15 000 m².

Ce projet de siège social comprend la construction d'un nouvel immeuble de bureaux, la rénovation de l'infrastructure du bâtiment principal et la démolition de sa superstructure².

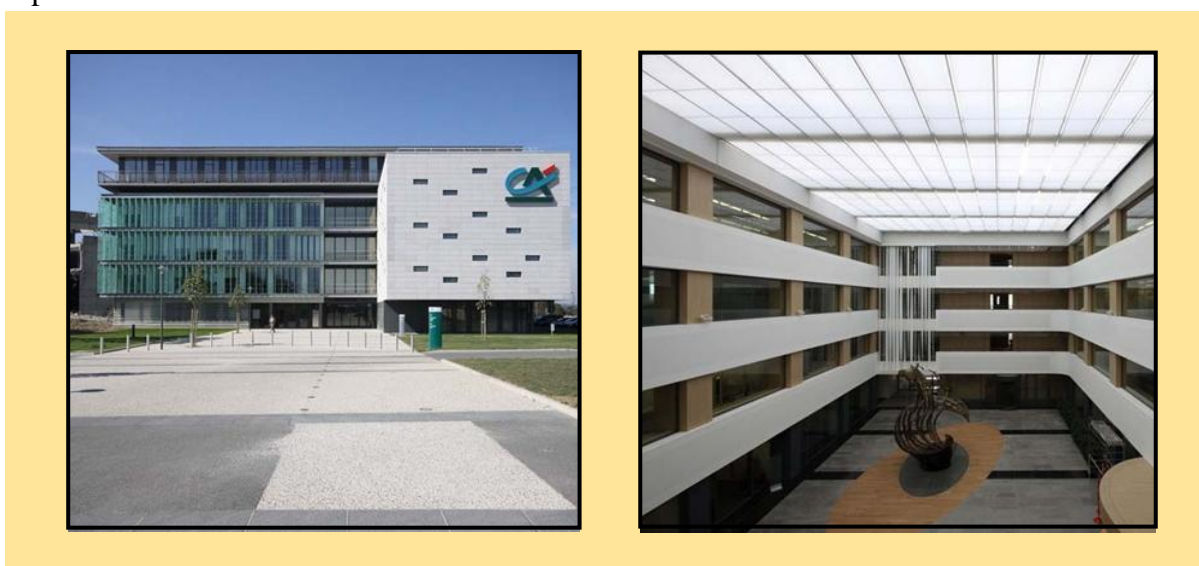


Figure II. 11 : Vues sur le projet.
Source :Fondazionerenzopiano.org.

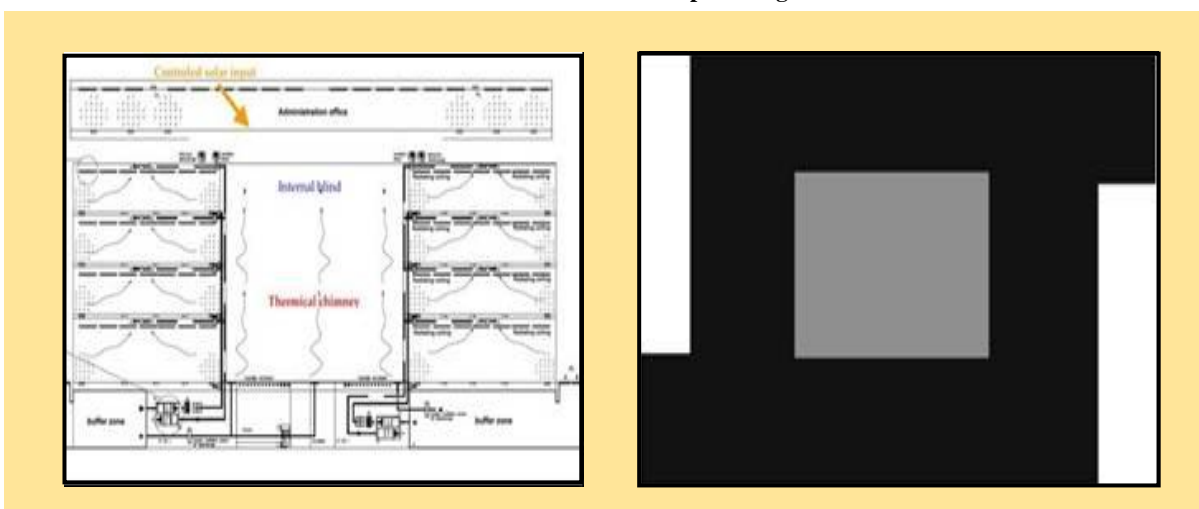


Figure II. 12 : Vue en plan et coupe sur l'atrium.
Source : Construire en verre, p271, Christian Schittich.

¹ www.holsimawards.fr/index.php/projets-edition-presedent/desprojetsfrançais/gagnants-finalistes-edition-2/41siegesocialdelacaserégionaleducréditagricole.

² <http://www.lemoniteur.fr/131-etat-et-collectivites/articles/1008824-nouveau-siege-pour-le-credit-agricole>

L'architecte a « conçu un bâtiment le plus compact possible l'hiver qui, à l'inverse, puisse développer l'été de nouvelles surfaces d'échanges »¹, dans sa relation à l'atrium. En effet, « les deux ailes du bâtiment en L sertissent un atrium ».

Le siège social offre aussi un « grand niveau de confort à ses utilisateurs, notamment un confort visuel et thermique » grâce à l'atrium central ».

La qualité environnementale et l'utilisation efficace des ressources sont apportées par l'atrium dans sa régulation thermique, par les plateaux de bureaux limitant « le besoin en lumière artificielle et par l'inertie thermique, dû à l'utilisation du béton ».

Cet atrium a un volume de 300 m³ correspond à 8 % du bâti total.

La circulation s'organise au Rez-de-Chaussée, qui est l'espace de transition amenant aux distributions. Les escaliers et l'ascenseur desservent ensuite les étages. Des coursives, concentrées sur un côté de l'atrium, sont largement ouvertes sur l'atrium central.

Les bureaux, qui sont situés le long de façades intérieures de l'atrium, présentent des ouvertures horizontales vitrées. Ainsi, les distributions, les bureaux et les espaces de travail offrent tous une ouverture visuelle sur l'atrium.

Ce dernier est lui-même éclairé naturellement par une « verrière en sheds »².

2.2.2 Place de l'atrium dans le bâtiment



Figure II. 13 : Vue d'intérieure et coupe sur l'atrium.

Source : Fondazionerenzopiano.org.

2.2.3 Usage et appropriation recherchés

L'atrium est tout d'abord pensé comme un lieu de circulation sans un usage déterminé précisément. D'après les concepteurs, l'atrium « permet une circulation des personnes en boucle », avec la forme du bâtiment « composé de deux équerres » qui viennent ainsi « fermer l'espace central ».

¹ <http://www.lemoniteur.fr/131-etat-et-collectivites/articles/1008824-nouveau-siege-pour-le-credit-agricole>

² <http://www.holcimawards.fr/index.php/projets-editions-precedentes/les-projets-francais/gagnants-finalistes-edition-2/41-siege-social-de-la-caisse-regional-du-credit-agricole>

L'atrium comme espace de circulation permet ainsi de développer de « nouvelles surfaces d'échanges »¹ au cœur du bâtiment. En effet, le « confort intérieur »² a été privilégié par les concepteurs.

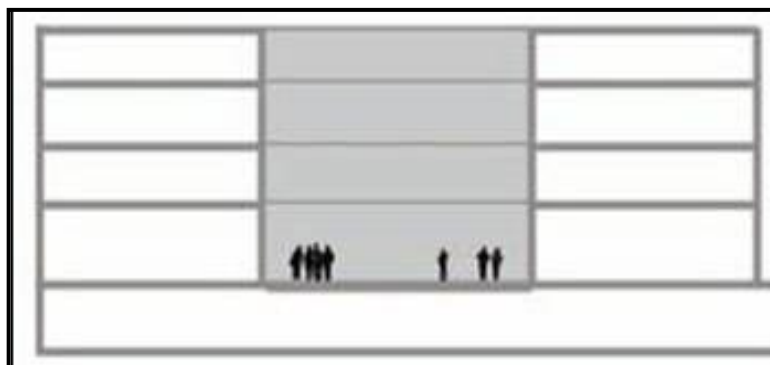


Figure II. 14 : coupe sur l'atrium.
Source : Fondazione renzopiano.org.

2.2.4 Confort d'ambiances mise en avant

La régulation thermique par une ventilation maîtrisée est optimisée dans cet édifice. L'atrium est ainsi décrit par les architectes comme « aéré ». Il « génère de l'air chaud en hiver et offre un volume tempéré en été ».

L'aération de la verrière s'effectue par des ouvertures latérales, pour éviter les problèmes d'étanchéité. Cette verrière est « équipée de stores intérieurs pour favoriser le tirage thermique ».

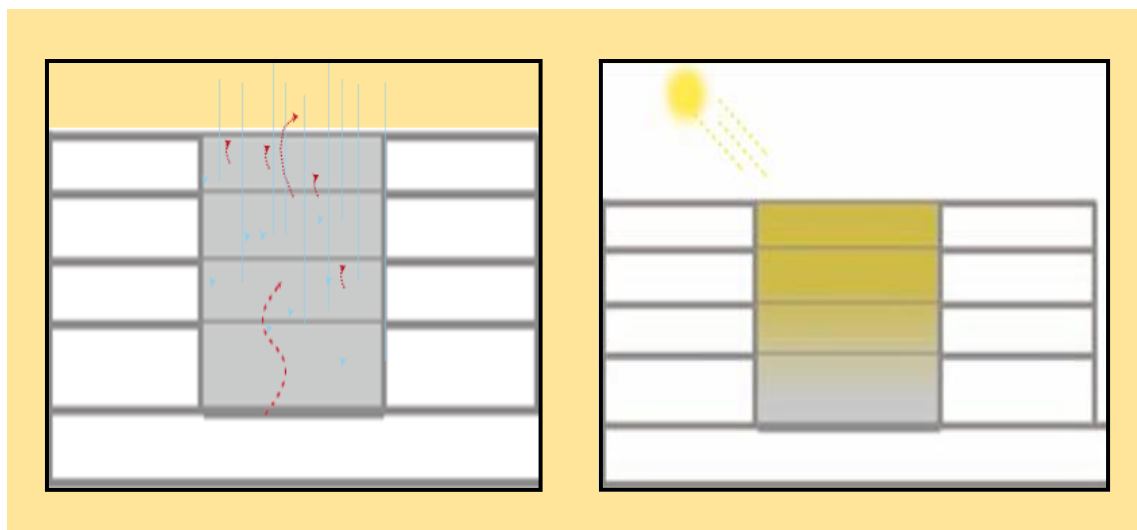


Figure II. 15 : Effet de l'ensoleillement sur la température intérieure de l'atrium.
Source : Fondazione renzopiano.org.

Ce contrôle de la température est aussi dû à une maîtrise de l'éclairage naturel. En effet les « énergies extérieures gratuites (solaires) » apportées par l'atrium, participent à la régulation thermique du bâtiment.

¹ <http://www.lemoniteur.fr/131-etat-et-collectivites/articles/1008824-nouveau-siege-pour-le-credit-agricole>

² <http://www.holcimawards.fr/index.php/projets-editions-precedentes/les-projets-francais/gagnants-finalistes-edition-2/41-siege-social-de-la-caisse-regional-du-credit-agricole>

Voir Annexe II.N°02 : Exemple de siège social L'Atrium, Ilot Fonderies.

3. Analyse des atriums existants dans le contexte d'étude

Pour bien déterminer l'impact des atriums de forme rectangulaire et carré, Ainsi l'impact de la hauteur de ces derniers, l'orientation, la forme de la verrière de l'atrium, nous avons pris 04 constructions existants à la ville de Laghouat contient des atriums centraux mais ils sont diverse carrément aux autres critères , Comme des exemples pour extrait tous qu'il est avantages , inconvenient ; et par suite obtient l'atrium la plus efficace dans notre conception architecturale qui au situé dans la même ville, en plus nous pouvons l'englobé dans les mêmes contexte qui sont chaudes et arides . Les quatre exemples sont :

- La faculté des sciences humaines 1000 Places pédagogiques.
- Le centre des finances à Laghouat.
- Le trésor national à Laghouat.

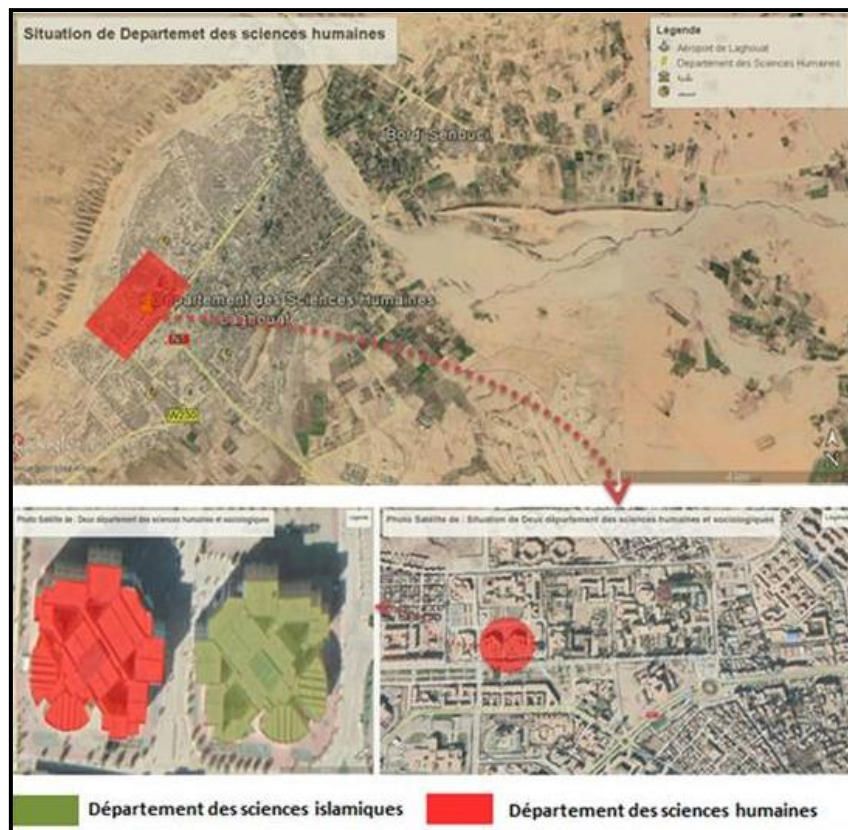


Figure II. 16 : Plan de situation des départements des sciences humaines.
Source : Google earth modifié par l'auteur.

3.1 Présentation des exemples

Le choix des exemples s'est porté sur la Faculté des sciences humaines, sciences sociologiques de l'université Ammar Thelidji Laghouat, car elle a des atriums de volume très important avec des surfaces vitrées très larges et deux orientations différents.

En plus les atriums du centre des finances et le trésor à cause de la forme de l'atrium et les gabarits qui varient de R+2 et l'autre est R+7.

3.2 Analyse des exemples

Pour l'analyse des exemples, on a pris le coefficient de similarité entre les exemples pour éviter la répétition, les deux blocs de la faculté sciences humaines et sociologique comme premier cas d'étude, le center des finances et le trésor comme le deuxième cas d'étude.

- **Analyse de cas d'étude Faculté des sciences humaines et Sociologiques**

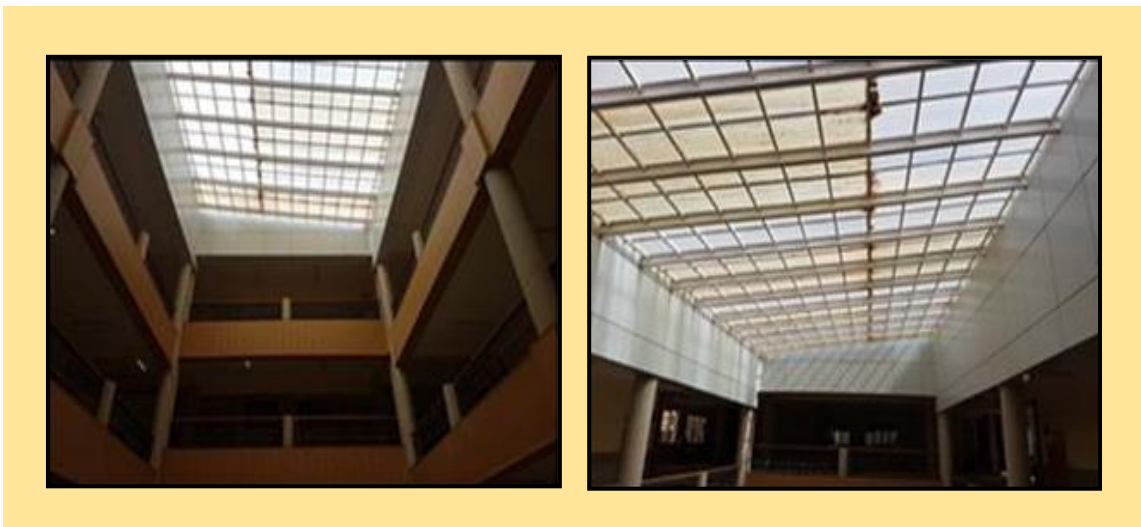


Figure II. 17 : Vues intérieures sur l'atrium de la faculté des sciences humaines.
Source : auteur.

Dans cette phase, nous avons pris en considération les deux blocs de la faculté pour faire l'analyse, ces deux constructions contiennent deux atriums.

- La situation de deux départements des sciences humaines et sciences sociologiques :

Les deux départements des sciences humaines et sciences sociologiques situés au côté sud-ouest à l'ancien campus universitaire juste à côté de rectorat de l'université Ammar Thelidji.

3.3 Analyse critique de la faculté

Les deux projets sont implantés dans un terrain plat, chaque projet est monobloc avec un gabarit de (R+3) à l'entité qui contient les atriums, la volumétrie est composée par des formes parallélépipédique additionnée d'une manière aléatoire avec un demi-cylindre au côté Sud, cette organisation donne une surface d'échange de l'intérieur à l'extérieur très importante avec des décrochements qui provoquent une ombre très importante.

Le procédé de construction est le système traditionnel (poteaux-poutres) avec un remplissage en brique double cloison et une lame d'air. Les deux blocs sont symétriques par rapport à un axe orienté (Nord-Est / Sud-Ouest).

3.3.1 La position de la partie des atriums dans les deux facultés

Lorsque les deux facultés ont la même conception architecturale, les atriums dans ces deux facultés sont représentés des halls centraux pour le regroupement des étudiants et la place de l'échange ; Alors sont des atriums centraux.

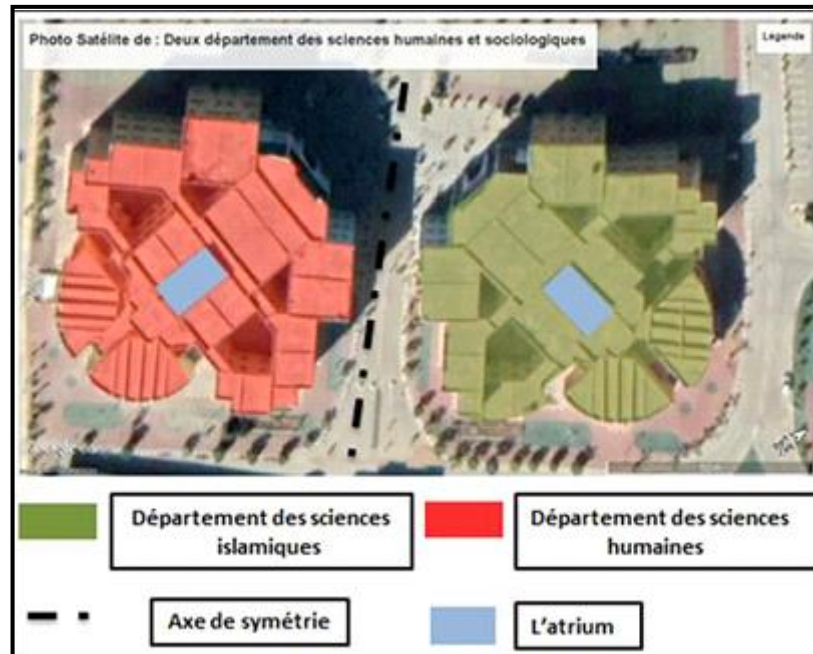


Figure II. 18 : Positions des atriums dans les départements.
Source : Google earth modifié par l'auteur.

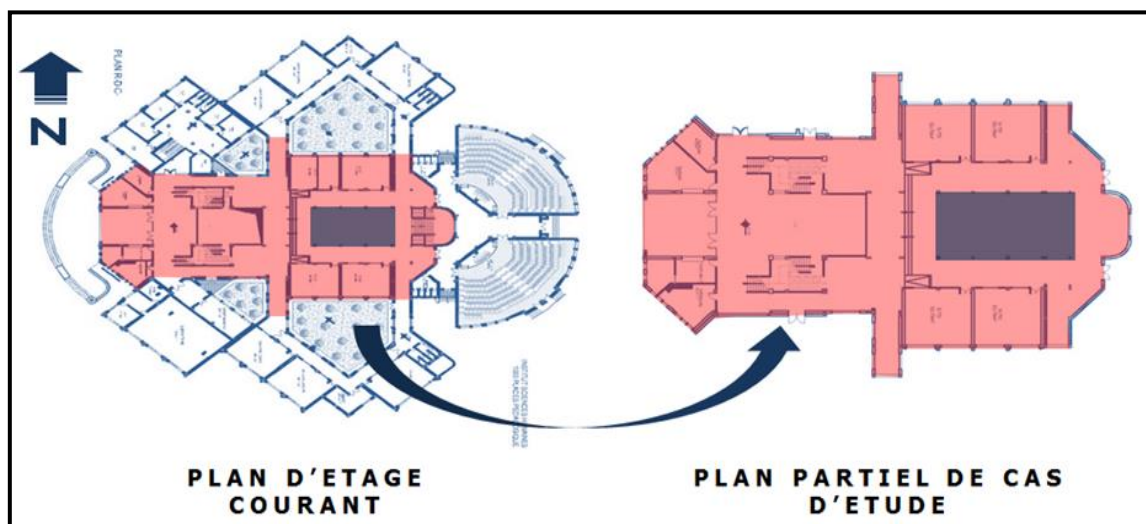


Figure II. 19 : Modélisation du bâtiment des sciences humaines.
Source : auteur.

3.3.2 Lecteur du plan

Le plan de la partie qui contient l'atrium comme un élément central est organisé d'une manière linéaire, la composition des espaces est comme suite, un atrium central puis les cursives en tout entourent l'atrium, par suite les salles pédagogiques bilatérales.

La hiérarchisation des espaces est établie de public vers le privé par un axe de distribution des usages c'est pour cela nous trouvons l'entité administrative juste à côté de la porte principale et ces espaces superposés, puis nous trouvons les halls de regroupements des étudiantes et à la fin les salles.

La circulation horizontale assurée par les halls au RDC et aux étages par les cursives, la circulation verticale assurée par les escaliers.

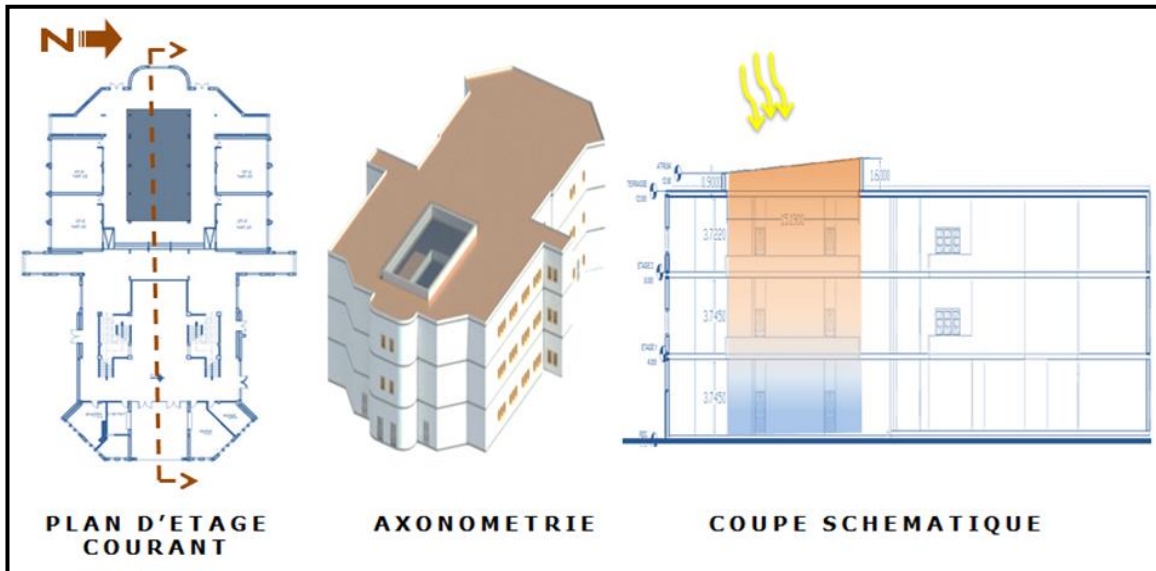


Figure II. 20 : Modélisation du bâtiment des sciences humaines.

Source : auteur.

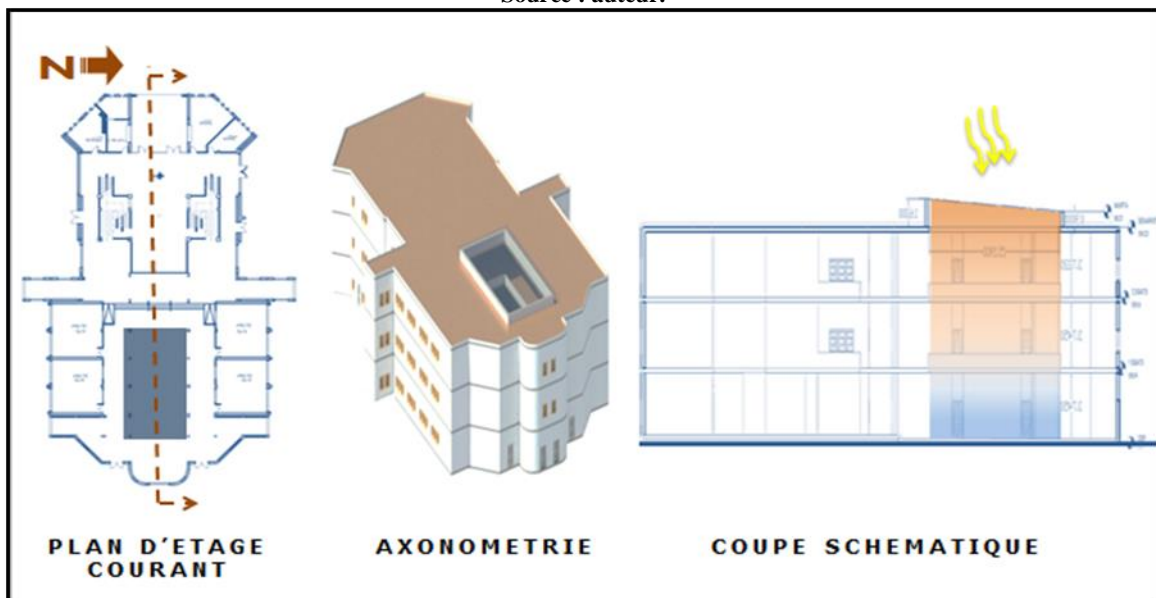


Figure II. 21 : Modélisation du bâtiment des sciences islamiques.

Source : auteur.

Voir Annexe II.N°03 center des finances à Laghouat.

4-Synthèse

✚ Pour les laboratoires de recherche, nous pouvons conclure des points communs entre les deux laboratoires (d'architecture et de génie civile) sont comme suite :

-Les plans des différents niveaux sont composés à partir des laboratoires avec des relations spatiales moyennes entre eux, mais les espaces complémentaires sont des espaces communs entre les laboratoires.

-Les laboratoires nécessitent des espaces d'échange entre chercheurs et de regroupement pour des mesures de fonctionnement et de sécurité et d'apprentissage.

-L'intégration des techniques bioclimatiques renforce le fonctionnement du projet par sa compatibilité aux objectifs du projet lui-même.

✚ Pour les atriums analysés dans différents contextes :

Les atriums jouent un rôle très important dans le fonctionnement du projet, ils sont utilisés comme les composants architecturaux qui assurent la circulation et le regroupement ainsi que des places d'échange dans les bâtiments.

En plus ils sont utilisés comme des espaces intermédiaires entre l'extérieur du bâti et l'intérieur, par l'utilisation de certaines techniques bioclimatiques transformables tout dépend de la période climatique les atriums soutiennent les confort thermique et visuel dans les bâtiments.

✚ Pour les atriums qui étaient analysés au même contexte du projet, nous pouvons conclure que :

-Tous les cas analysés sont des atriums centraux, qui sont utilisés comme des espaces de prestige dans les projets pour fonction de rencontre et d'échange et de regroupement, d'organisations spatiales.

- La diversité des formes géométriques et d'orientation, ainsi que les matériaux des verrières qui étaient utilisés dans ces atriums au même contexte provoquent certaines questions de recherche.

- Le manque d'entretien et de maintenance des atriums provoque des problèmes de fonctionnement qui deviennent des charges en plus sur le bilan énergétique.

5. Partie programmatique

La programmation permet de mieux comprendre les différents espaces du Laboratoire de Recherche d'Architecture et Génie Civil afin de les classer par des espaces servit et des espaces servants, et permet aussi de connaître les exigences de chacun de ces derniers par leur qualité.

Cette programmation a été établie pour recouvrir les besoins des chercheurs de la région en architecture et génie civil, Ainsi les étudiantes chercheuses de (02) départements architecture et génie civil par des laboratoires de recherche d'application des essais conformément aux normes dans les meilleures conditions des travaux¹.

Nombre des étudiants d'architecture : 237

Nombre des étudiants de génie civil : 250

Nombre des chercheurs de génie civil : 45

Nombre des chercheurs d'architecture : 51

Nombre Total des chercheurs : 96

5.1 Objectifs

Programme suffisant de quantité des espaces pour faire les recherches d'architecture et génie civil.

- . Programme répond aux besoins des usagers (chercheurs soit des professeurs ou étudiants)
- . Programme contient des espaces conformément aux normes et exigences de conception
- . Programme contient des espaces de haut qualité pour faire les recherches
- . L'hygiène et la sécurité deux principes fondamentales pour établir cette phase

5.2 Programme quantitatif

Dans cette phase nous avons établi un programme quantitatif qui répond aux besoins de deux départements (Architecture et Génie Civil).

Cette programmation a été établie par rapport :

- Au Nombre des étudiants et professeurs chercheurs pour préciser le nombre des usagers de notre laboratoire.
- La qualité et le nombre des essais qui sont cités dans le CANVAS de formation d'architecture et génie civil.
- Questionnaire a des professeurs d'architecture et génie civil.
- Notre point de vue par rapport la recherche d'architecture et génie civil.
- Le programme des exemples.

¹ Canvas de la faculté de génie civil et architecture Laghouat.

5.2.1 Le programme quantitatif des exemples

Les espaces présentes à travers l'analyse des deux exemples laboratoire de recherche Bâtiment de génie civil UMD Swenson et laboratoire de recherche et bureau d'architecture à Gènes sont présentés au tableau suivant¹.

Esaces Bâtiment de génie civil UMD Swenson	laboratoire de recherche et bureau d'architecture a Gènes.
Laboratoire de matériaux de construction	Entité de didactique
Laboratoire MDS	Ateliers
Magasin de modèle	Réception
Bureaux des étudiants	Bibliothèque
Laboratoire de structure	Salle de réunion
Laboratoire Hydraulique	Bureau de directeur
Bureaux de laboratoire	Entité d'informatique
Espace mécanique	Dépôt
Stockage	
Classes	
Bureaux administrative	
Classe travaux publique	

Tableau II. 2 : Les espaces composants de deux laboratoires (Batiment de génie civil UMD Sweson et laboratoire de recherche et bureau d'architecture) à Gènes. Source : auteur.

5.2.2 Les espaces proposés

D'après des études similaires au thème nous pouvons proposée des espaces qui sont très utiles pour les recherches architecturales et de génie civil.

5.2.3 Les espaces proposés dans le laboratoire d'architecture

Pour l'entité d'architecture, nous avons proposé des espaces très importantes pour faire les recherches scientifiques ainsi des espaces complémentaires pour créer un projet basé sur l'échange et les travaux collaboratives sur les recherches scientifiques, les espaces sont comme suite.

5.2.3.1 Un laboratoire informatique

Est un espace qui fournit des services informatiques à une communauté définie. Les laboratoires informatiques sont généralement mis à la disposition du public par les bibliothèques, par les établissements universitaires pour les étudiants qui fréquentent l'établissement ou par d'autres établissements pour le public ou par des personnes affiliées à cet établissement.

¹ <https://www.archdaily.com/189461/um-d-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects>

5.2.3.2 Atelier de maquette

Est un service dédié à la production des maquettes et d'autres présentations 3D essentiels à la vie des étudiants et chercheurs.

5.2.3.3 L'atelier d'arts plastiques

Est un lieu d'apprentissage, d'échange et de création où chacun peut s'initier aux diverses techniques des arts plastiques.

5.2.3.4 Espace de mesures climatique

C'est un espace où les sondes de mesures climatiques sont installées et reliées par une base des données pour raccorder tous qu'il est valeur, les sondes du thermomètre, l'hygromètre, le baromètre, le pluviomètre, l'anémomètre, la girouette¹.

5.3 L'organisation fonctionnelle

L'organisation fonctionnel de notre projet, c'est l'aboutissement de l'organigramme spatial afin d'assurer le bon fonctionnement du projet (L.A.G). Et nous avons pris en considération plusieurs facteurs parmi ces facteurs, la facilité d'accessibilité et de circulation, la sécurité, l'échange, la complémentarité.

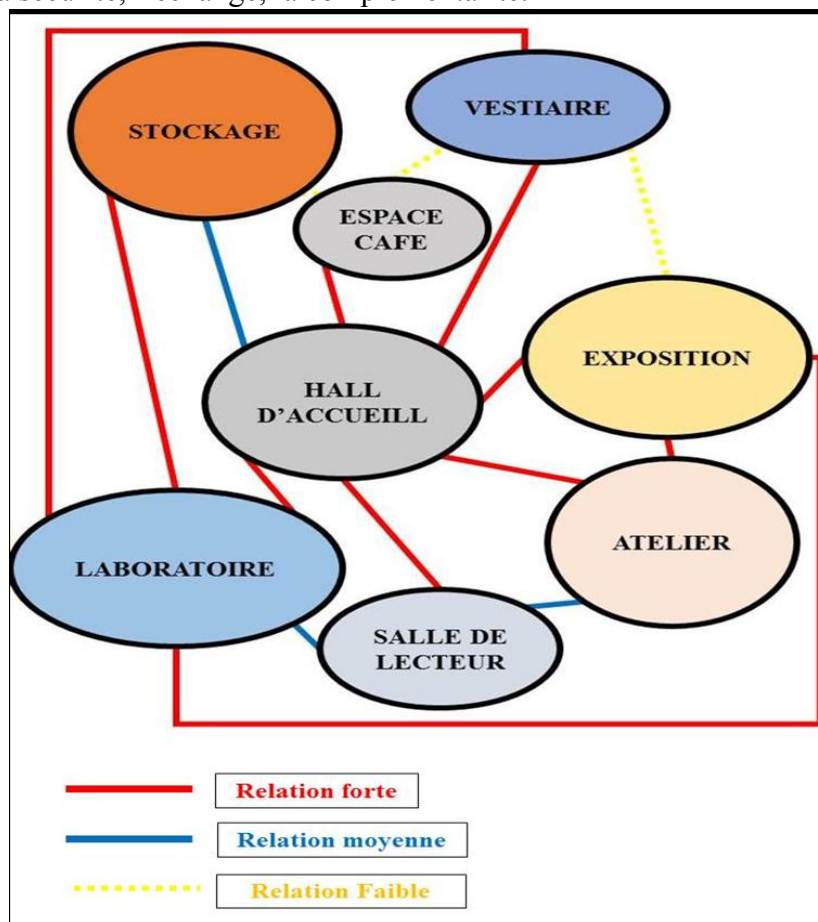


Figure II. 22 : L'organigramme fonctionnel du projet.
Source : auteur.

¹ <https://www.cnrtl.fr/definition>

Les espaces qui ont une relation forte doivent être en proximité, représentés dans la figure par un trait continu rouge.

Les espaces qui ont une relation moyenne, il faut qu'ils soient facilement accessibles, représentés dans la figure par un trait continu bleu.

Les espaces qui ont une relation faible, de préférence qu'ils soient éloignés, représentés dans la figure par un trait discontinu jaune.

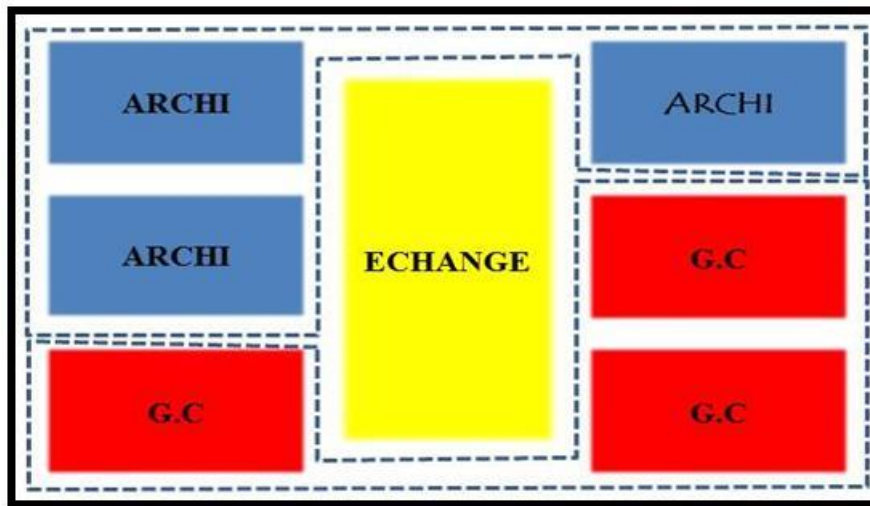


Figure II. 23 : Organisation verticale du programme.
Source : auteur

N.B : Nous avons pris en considération le poids (décents des charges) des équipements composants des laboratoires lors d'affectation des espaces verticalement, où les espaces équipés par des machines lourdes sont aux niveaux inférieurs.

5.4 Programme quantitatif et qualitatif final

Dans cette phase, nous avons fixé un programme quantitatif et qualitatif final pour notre conception laboratoire de recherche d'architecture et génie civil.

Pour l'entité de génie civile le programme est comme suit :

Espaces	Nombre(s)	Surface (m ²)
Laboratoire de RDM	1	75
Laboratoire de Structure	1	55
Laboratoire de béton	1	60
Laboratoire de MDS	1	55
Laboratoire Hydraulique	1	140
Laboratoire Géotechnique	1	60
Laboratoire MDF	1	75
Dépôt de ménage	1	30
Dépôt de produit chimique	1	45
Showroom	1	40
Stockage	3	170
Salle de préparation	1	50
Salle de travaux pratique	1	75
Salle de lecture	2	85
Salle de réunion	1	100
Bureau de chercheur	5	125
Salle de repos	1	70
TOTAL		1310

Tableau II. 3 : Les espaces composantes de l'entité de recherche de Génie civile.
Source : auteur.

Pour le programme des espaces d'architecture est comme suite :

Espaces	Nombre(s)	Surface (m²)
Laboratoire informatique	1	140
Atelier d'Art plastique	1	160
Atelier de dessin	1	55
Atelier de maquette	1	160
Atelier de simulation	1	170
Laboratoire Biologie	1	60
Laboratoire bioclimatique et paysage	1	70
Laboratoire Météorologie	1	50
Atelier de didactique	1	75
Stockage	2	45
Salle de lecture	2	85
Salle de réunion	1	100
Bureau de chercheur	4	120
Salle de repos	1	70
Salle d'archive	1	25
Salle d'impression	2	100
TOTAL		1545

Tableau II. 4 : Les espaces composantes de l'entité de recherche d'architecture.
Source : auteur.

5.5 Confort d'ambiance

Connaitre le confort d'ambiance de chaque espace, en déterminant sa température, sa vitesse de l'aire confortable, et son éclairage ; aide à son affectation.

La figure suivante présente un schéma montre les confort d'ambiance dans les différents types des espaces.

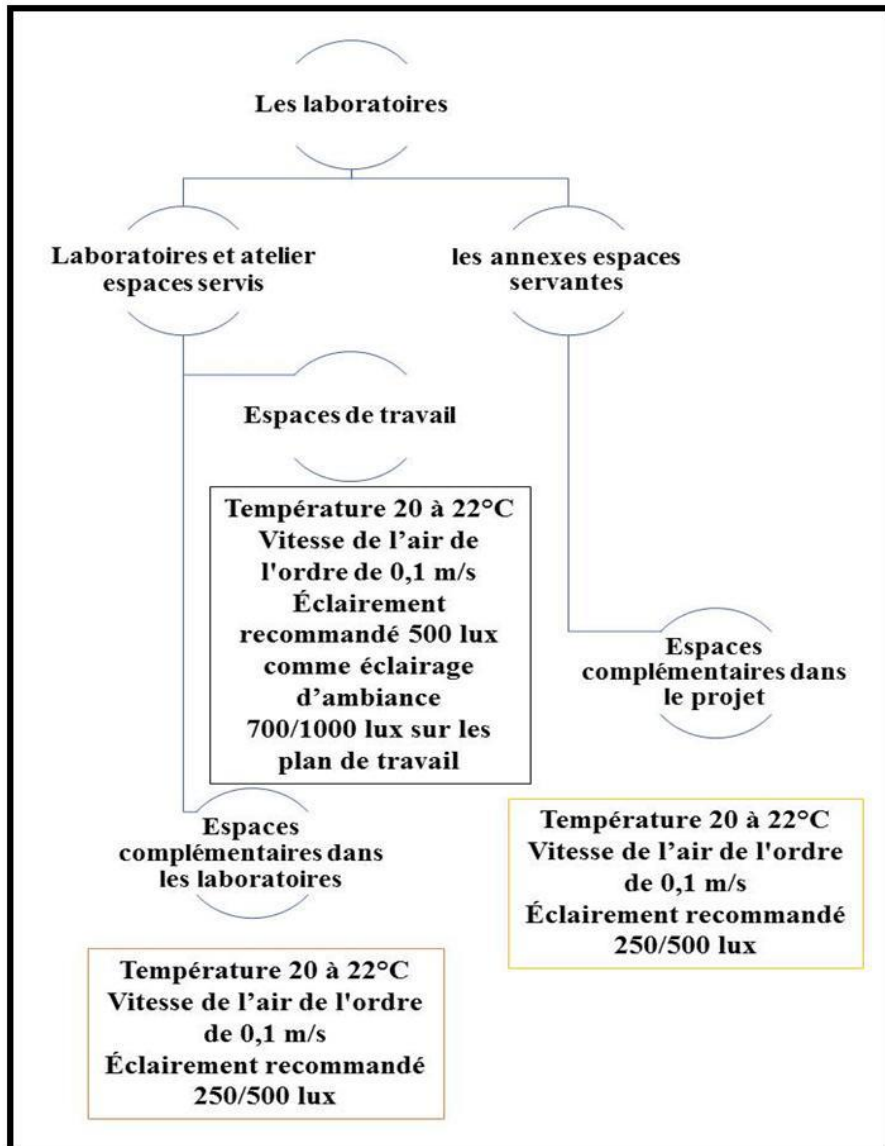


Figure II. 24 : Schéma des confort d'ambiances des différents espaces dans le projet.
Source : auteur.

Voir Annexe II.N°05 programmations



CHAPITRE III
ETUDE CONTEXTUELLE

Cette partie est un volet très important dans notre conception architecturale, car une bonne adaptation du projet à son contexte signifie la durabilité et l'efficacité bioclimatique de ce dernier. Pour atteindre cet objectif, il faut connaître toutes les données relatives au contexte.

1. Contexte de la ville de Laghouat

Le contexte de la ville de Laghouat est constitué de plusieurs composantes, ces derniers dépendent de l'histoire, de la socio-culture, la nature, et du climat.

1.1 Situation géographique

La ville de Laghouat est située au piémont de l'Atlas Saharien du côté Nord, elle s'étend sur le plateau-saharien du côté sud.

La ville de Laghouat est à une 750m d'altitude et une l'attitude de $32,55^\circ$ et une longitude de $2,30^\circ$. Cette ville de nature mixte entre les hautes et les basses Terres, constitue une liaison et une zone tampon entre le Nord et le sud du pays. Elle est d'une superficie de 400km².

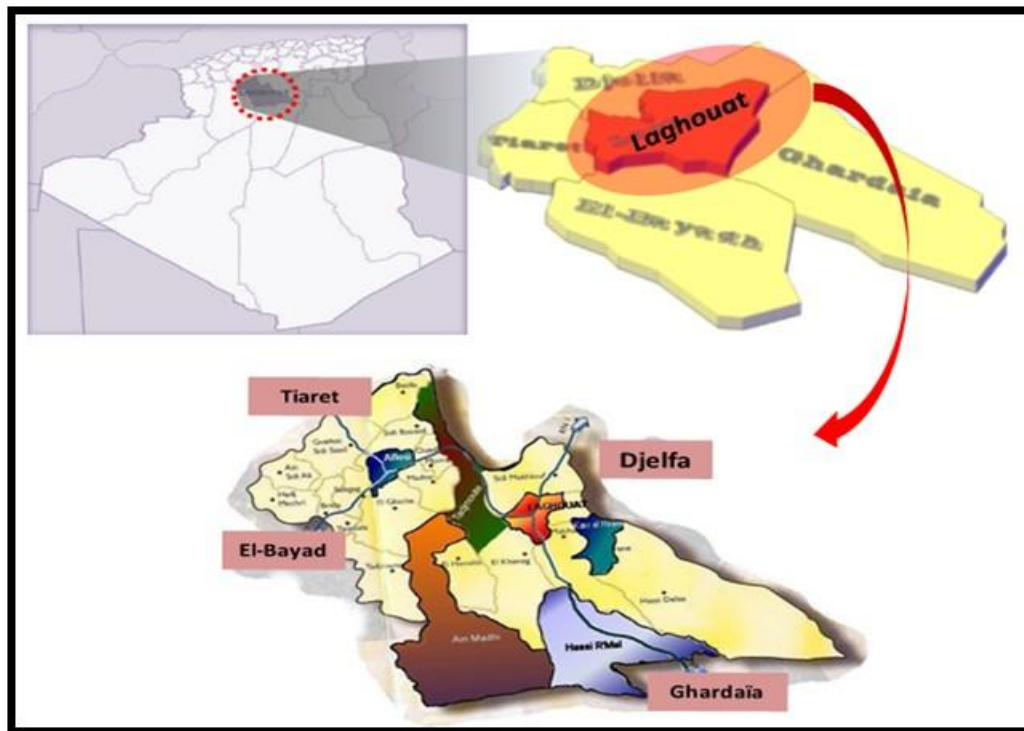


Figure III. 1 : Situation de la ville par rapport aux contextes national et régional.
Source : auteur.

1.2 Les données climatiques

Pour l'étude climatique, certaines données ont été recueillies auprès de la station météorologique de Laghouat, d'autres du site web www.weatherspark.com, ainsi que d'autres sites selon la disponibilité. Les données de références sont celles de l'année 2018.

1.3 La zone climatique dans la ville de Laghouat

Sur le territoire Algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A,B,C et D). La zone concernée par notre étude se trouve dans la zone D appelée la zone pré Sahara et Sahara¹.



Figure III. 2 : Découpage des zones climatique.
Source : www.mem-algeria.org.

La situation de la ville de Laghouat entre deux zones à climats distincts, la nature géomorphologique de la zone et le caractère semi désertique ont confié à la ville de Laghouat un climat rigoureux. Son climat est caractérisé par un été très chaud d'une moyenne température de 37 et un Hivers froid. L'aridité s'accroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne en direction du sud. -La ville de Laghouat est classée dans la zone où les précipitations ne dépassent pas les 111.5 mm, le mois le plus arrosé est avril avec 28.1 mm et le mois le plus sec est Juillet avec 5mm.

Voir Annexe II. Données climatiques pour 10 ans.

➤ Température

La saison très chaude dure 3,0 mois, du 11 Juin au 9 Septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 34°C. Le jour le plus chaud de l'année est le 19 Juillet, avec une température moyenne maximale de 39 °C et minimale de 24°C. La saison fraîche dure 4 mois, du 15 Novembre au 8 Mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19°C. Le jour le plus froid de l'année est le 11 Janvier, avec une température moyenne minimale de 2°C et maximale de 14°C.

¹ (Mazouz. S. 2004

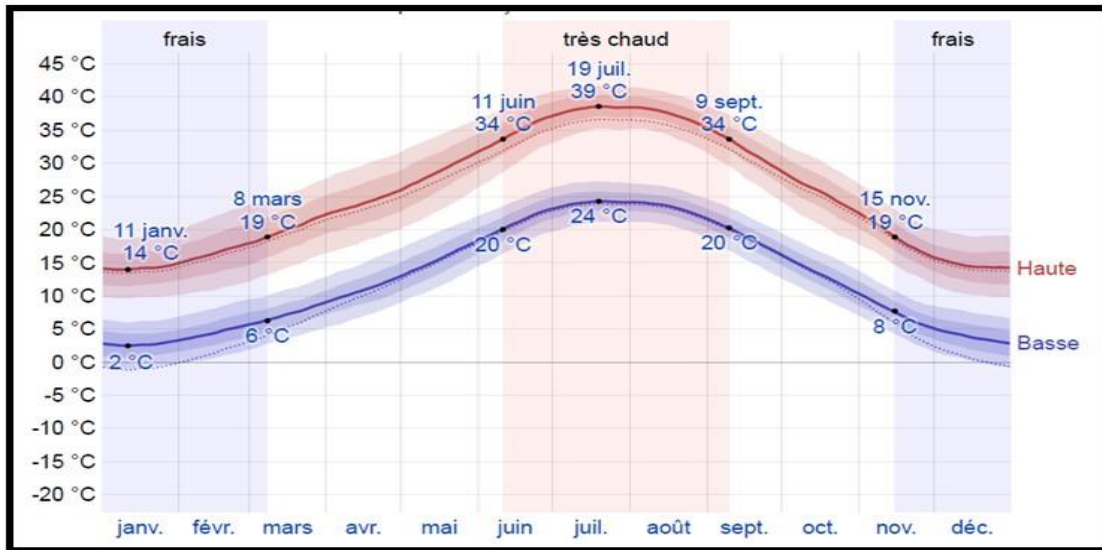


Figure III. 3 : Température moyenne maximale et minimale.
Source : www.wheatherspark.com.

La température moyenne quotidienne maximale (en ligne rouge) et minimale (en ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes

La figure ci-dessous montre une caractérisation compacte des températures horaires moyennes pour toute l'année. L'axe horizontal représente le jour de l'année, l'axe vertical l'heure du jour, et la couleur représente la température moyenne pour cette heure et ce jour.

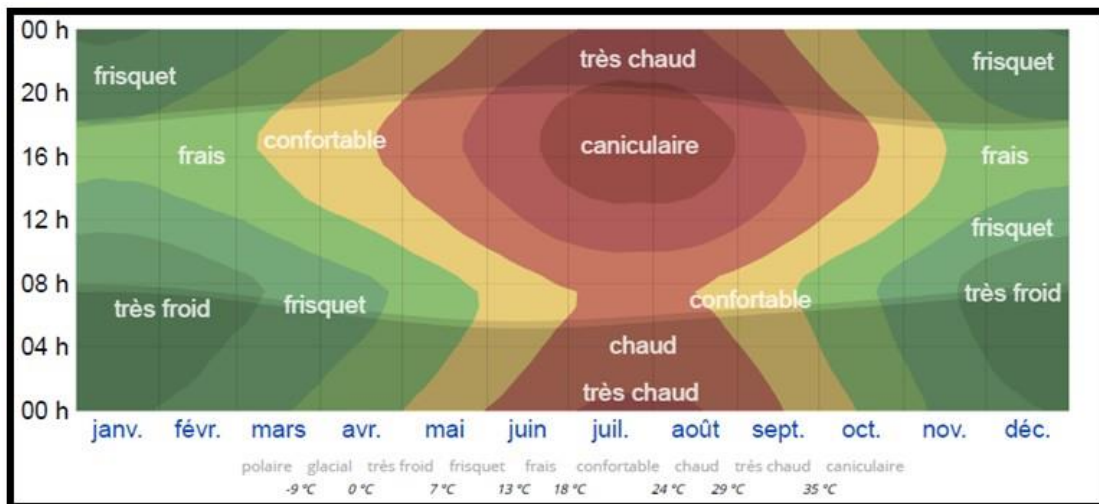


Figure III. 4 : Température horaire moyenne.
Source : www.wheatherspark.com.

➤ Les fréquences mensuelles d'ensoleillement

La figure ci-dessous nous indique le pourcentage d'ensoleillement sur les quatre quadrants pour chaque mois de l'année 2009, ainsi pour le mois de Décembre la lecture nous fournis 50% sur le quadrant Sud-Est et 49% sur le quadrant Sud-Ouest.

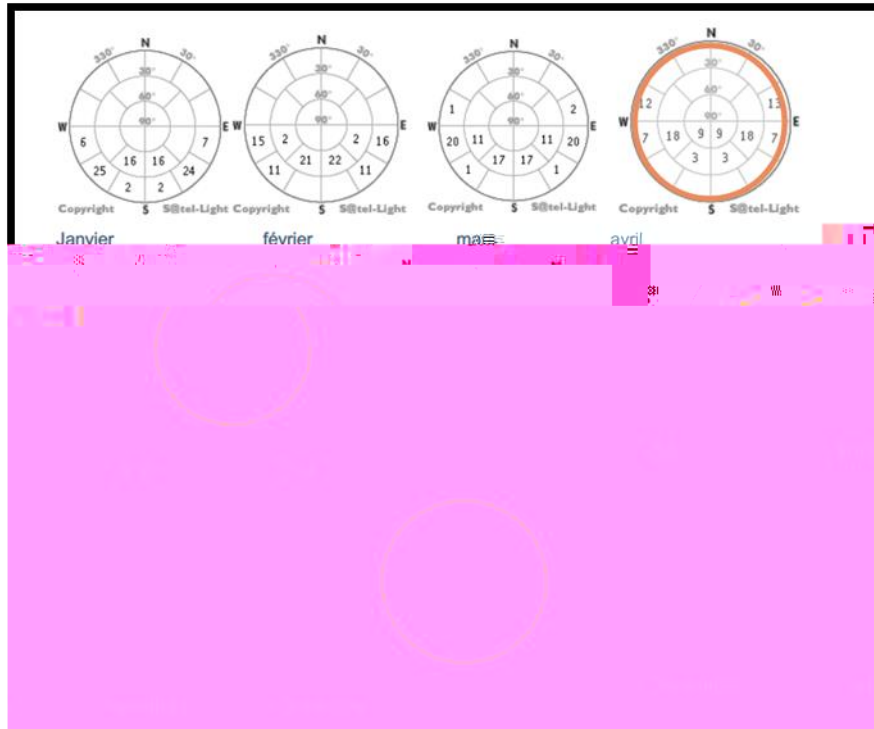


Figure III. 5 : Fréquence mensuelle d'ensoleillement en % pour l'année 2008.
Source : www.satel-light.com.

Le mois de mars affiche quant à lui 49% sur le quadrant Sud-Est, 2% sur le Nord-Est, 57% se trouve sur le Sud-Ouest et seulement 1% sur le Nord-Ouest et enfin pour le mois de juin on trouve 23% pour la zone Sud-Est, 27% pour la zone Nord-Est, 24% pour la zone Sud-Ouest et 28% d'ensoleillement pour la zone Nord-Ouest.

➤ Le type de ciel

La zone se caractérise par un ciel clair régnant pendant presque toute l'année. Cependant les jours nuageux sont rares, la figure 4.5 fournit une vue claire sur la portion de chaque condition du ciel. Le soleil dominant a un impact majeur sur le climat surtout, avec ses aspects thermique, énergétiques et lumineux. Selon les données, la portion des jours nuageux est d'environ 5.91% de l'année entière et les jours ensoleillés constituent une portion d'environ 76.91%.

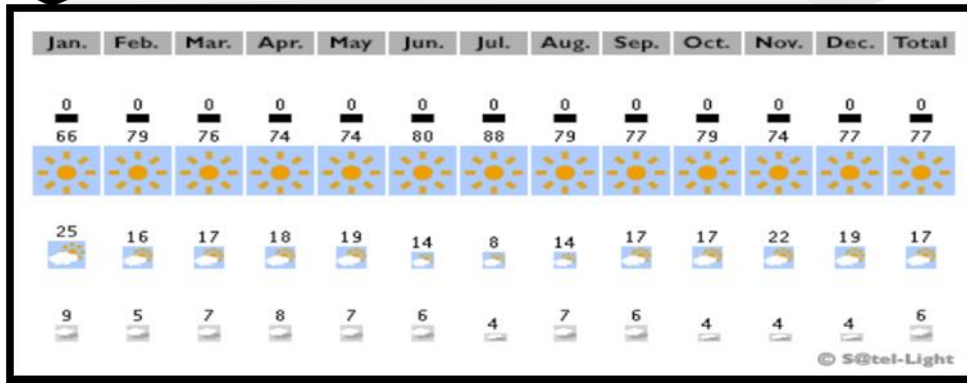


Figure III. 6 : Fréquence des ciels ensoleillés, intermédiaires et nuageux.
Source : www.satel-light.com.

➤ Précipitations

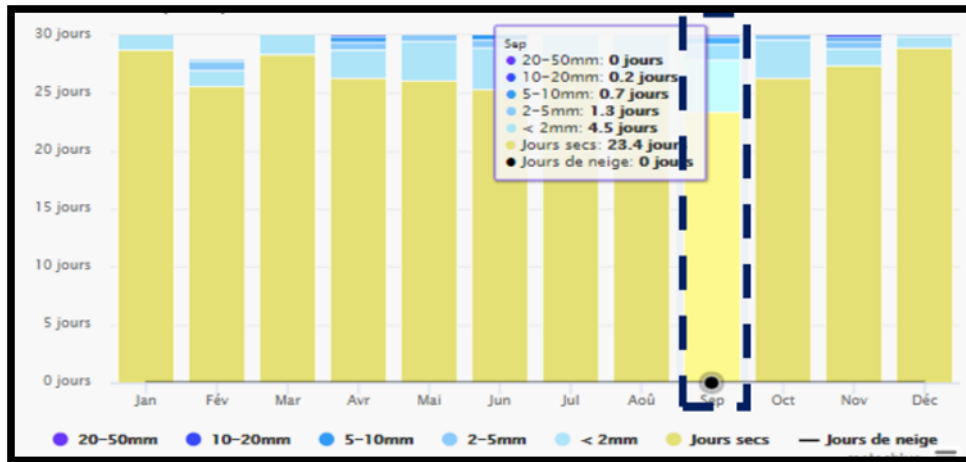


Figure III. 7 : Les précipitations annuelles.
Source : www.wheatherspark.com

D'après le Graphe, on remarque une précipitation annuelle limitée (111 mm). Le mois le plus arrosé est Septembre avec 23mm et le mois le plus sec est Juillet avec 5mm.

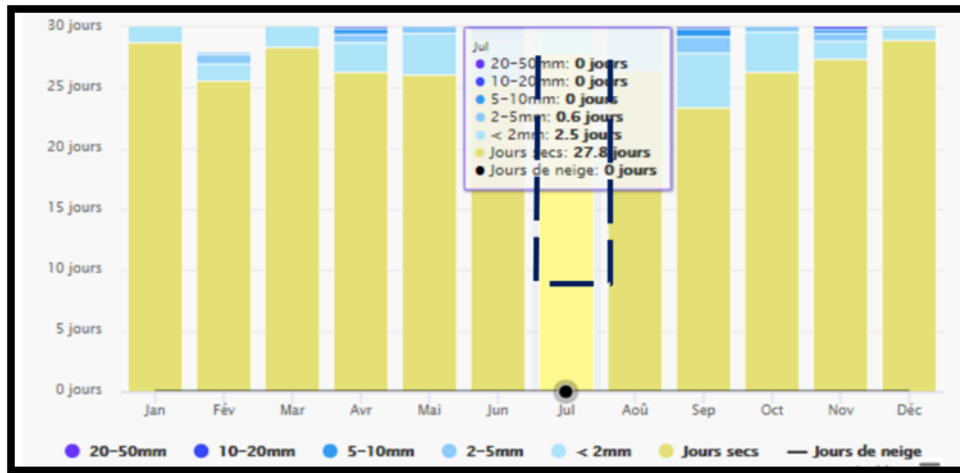


Figure III. 8 : Les précipitations annuelles.
Source : www.wheatherspark.com.

➤ Humidité

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporerait de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde.

Le niveau d'humidité perçue à Laghouat, tel que mesuré par le pourcentage de temps durant lequel le niveau d'humidité est lourd, oppressant ou étouffant, ne varie pas beaucoup au cours de l'année, se maintenant à 1 % de 1 %.

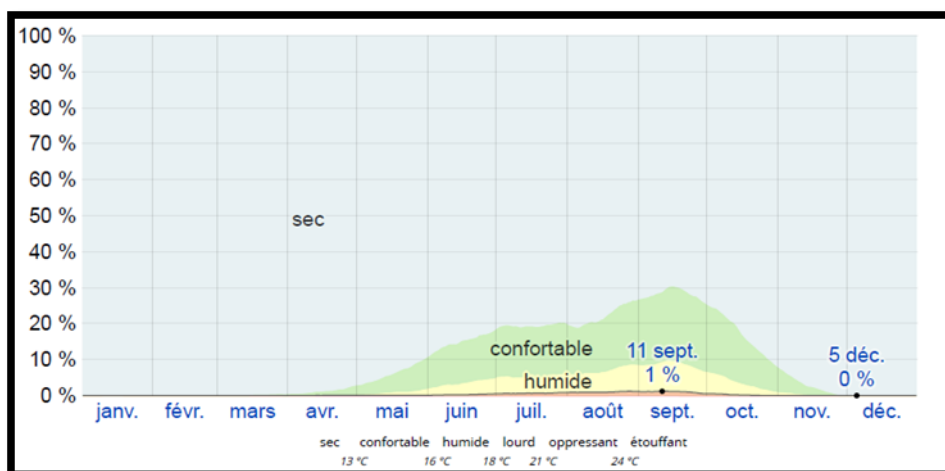


Figure III. 9 / Niveaux de confort selon l'humidité.
Source : www.wheatherspark.com.

➤ Vents

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires. La vitesse horaire moyenne du vent à Laghouat connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 6,1 mois, du 8 décembre au 12 juin, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,7 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 12 avril, avec une vitesse moyenne du vent de 17,9 kilomètres par heure. La période la plus calme de l'année dure 5,9 mois, du 12 juin au 8 décembre. Le jour le plus calme de l'année est le 27 août, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 13,6 kilomètres par heure.

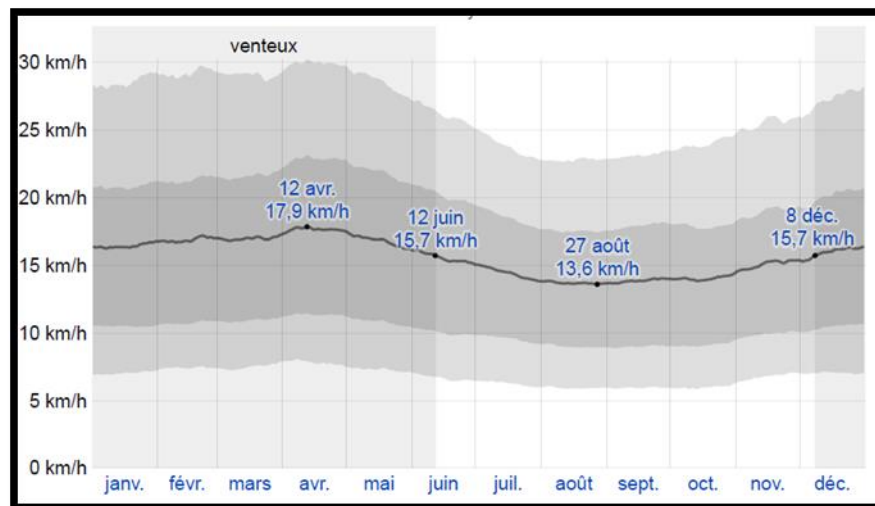


Figure III. 10 : Vitesse moyenne du vent.
Source : www.wheatherspark.com.

La moyenne des vitesses des vents moyens horaires (ligne gris foncé), avec bandes du 25e aux 75 percentiles et du 10e au 90e percentile. La direction horaire moyenne principale du vent à Laghouat varie au cours de l'année. Le vent vient le plus souvent du sud pendant 2,8 mois, du 18 juin au 13 septembre et pendant 6,0 jours, du 13 septembre au 19 septembre, avec un pourcentage maximal de 36 % le 7 juillet. Le vent vient le plus souvent du Nord pendant 9,0 mois, du 19 septembre au 18 juin, avec un pourcentage Maximal de 43 % le 1 janvier.

➤ Rayonnement solaire

Cette section traite du rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien total atteignant la surface du sol sur une zone étendue, en tenant pleinement compte des variations saisonnières sur la longueur du jour, de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, de l'absorption par les nuages et d'autres composantes atmosphériques. Le rayonnement en ondes courtes inclut la lumière visible et le rayonnement ultraviolet.

Le rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année. La période la plus lumineuse de l'année dure 4,0 mois, du 19 Avril au 20 Août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 7,0 kWh. Le jour le plus lumineux de l'année est le 21 Juin, avec une moyenne de 8,0 kWh.

La période la plus sombre de l'année dure 3,1 mois, du 1 Novembre au 5 Février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 4,1 kWh. Le jour le plus sombre de l'année est le 18 Décembre, avec une moyenne de 3,1 kWh.

Le rayonnement solaire en ondes courtes quotidien moyen atteignant le sol en mètres carrés (ligne orange), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile¹.

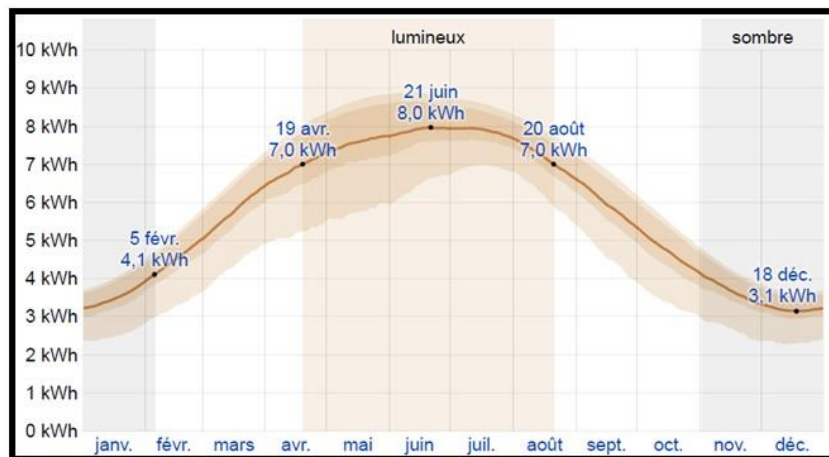


Figure III. 11 : Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen.
Source : www.wheatherspark.com.

Synthèse

D'après cette démonstration climatique, nous pouvons conclure que les caractéristiques climatiques à la ville de Laghouat, les étés sont caniculaires et arides ; les hivers sont longs, frisquets, sec et venteux ; et le climat est dégagé dans l'ensemble tout au long de l'année. Au cours de l'année, la température varie généralement de 2 °C à 39 °C et est rarement inférieure à -1 °C ou supérieure à 42 °C.

¹ www.wheatherspark.com.

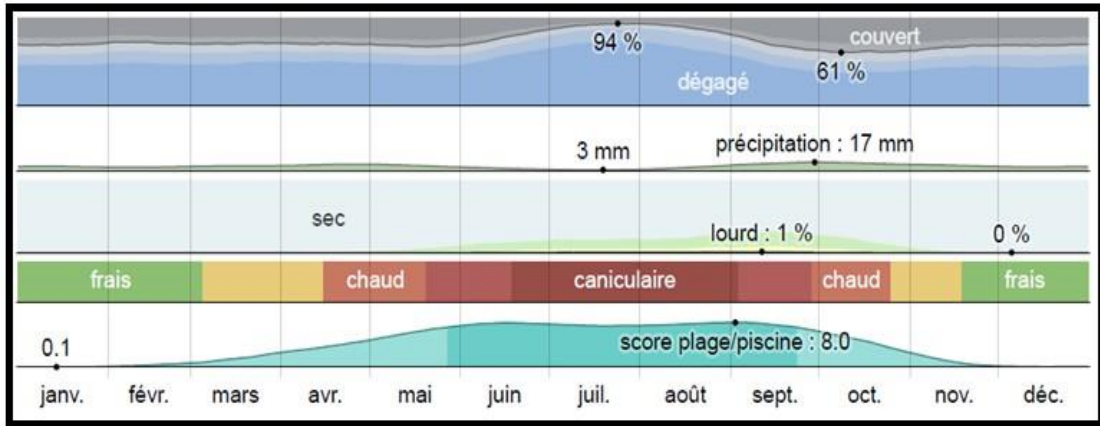


Figure III. 12 : Carte de synthèse climatique.
Source : www.wheatherspark.com.

Diagramme psychrométrique

Le diagramme psychrométrique de Givoni déterminer les besoins en matière du confort thermique afin d’établir des solutions adéquates, pour rattraper les conditions de confort établis au préalable. Selon le diagramme de Givoni on distingue cinq périodes :

- Pour les mois de janvier, Février, Décembre nous avons besoin d chauffage solaire passif.
- Pour les mois mars et novembre nous avons besoin d’inertie thématique du bâtiment.
- Pour les mois Avril, Mai et Octobre situés dans la zone de confort avec la nécessité d’une ventilation pour le mois Mai.
- Pour le mois de Juin et Septembre nous avons besoin d’une grande masse thermique.
- Pour les mois de Juillet et Aout les plus chauds nous avons besoin d’une ventilation interne avec refroidissement par évaporation.

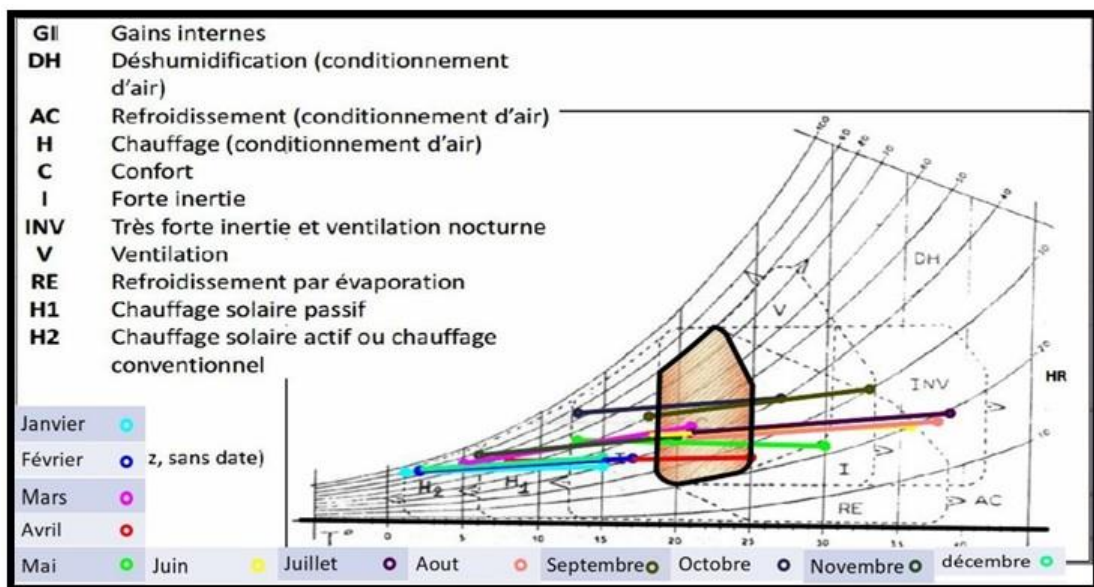


Figure III. 13 : Diagramme de Givoni.
Source : auteur.

mois	T° C° max moy	T° min moy	H % max moy	H% min moy	T° C° moy	H % moy	T° C° neutre confort	T° C° sup confort	T° C° inf Confort
Janvier	15	1	90	45	7.8	67.5	16,09	14,09	18,09
Février	17	2	86	41	9.4	63.5	16.92	14,92	18,92
Mars	21	5	80	44	12	62	18.31	16,31	20,31
Avril	25	8	65	26	15.8	45.5	20.34	18,34	22,34
Mai	30	13	63	23	20.1	43	22.63	20,63	24,63
Juin	36	18	49	20	25.5	34.5	25.52	23,52	27,52
Juillet	39	21	43	18	28.9	30.5	27.33	25,33	29,33
Aout	38	21	40	17	27.9	28.5	26.80	24,80	28,8
Septembre	33	18	62	30	23.5	46	24.45	22,45	26,45
Octobre	27	13	85	41	17.4	63	21.19	19,19	23,19
Novembre	20	6	85	43	11.9	64	18.25	17,25	20,25
Décembre	15	2	88	46	8.4	67	16.39	14,39	18,39

Tableau III. 1 : Données de synthèse pour l'intervention.
Source : auteur.

2. Lecture du site d'intervention

2.1 Analyse de site

Pour bien déterminer le fonctionnement de Laboratoire de génie civile et architecture il faut penser d'un site dans le campus universitaire pour inclure le projet dans un système des services universitaires complet et efficace, en plus pour enrichir et soutenir les formations des architectes et des ingénieurs en génie civile et ces besoins aux matières des recherches scientifiques par des espaces conformément aux normes et exigences nécessaire.

2.2 Le choix du site et de l'assiette

Le choix du site s'est posé sur l'ancien campus universitaire, ceci pour des raisons de viabilisation et de rapprochement des départements existants notamment le département d'architecture et de génie civil. L'assiette est choisie près de l'accès Nord de campus, desservie par un axe primaire, et limitrophe aux départements d'architecture et de génie civil ainsi que des anciens laboratoires de génie civil.



Figure III. 14 : Situation du site et de l'assiette d'intervention.
Source : auteur.

2.3 L'accessibilité

Pour l'accessibilité, le site est accessible par une voie primaire, qui elle-même est une pénétrante à partir d'un axe urbain structurant. La forme de l'assiette est relativement rectangulaire de 50m x 66m de dimensions, avec une surface de 3.300,000m².

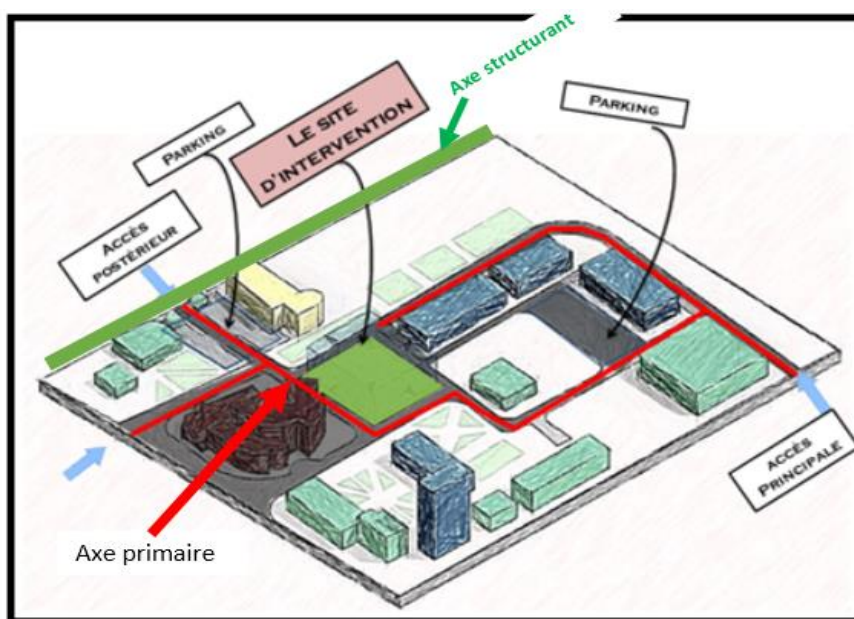


Figure III. 15 : Accessibilité au site et à l'assiette du projet.
Source : auteur.

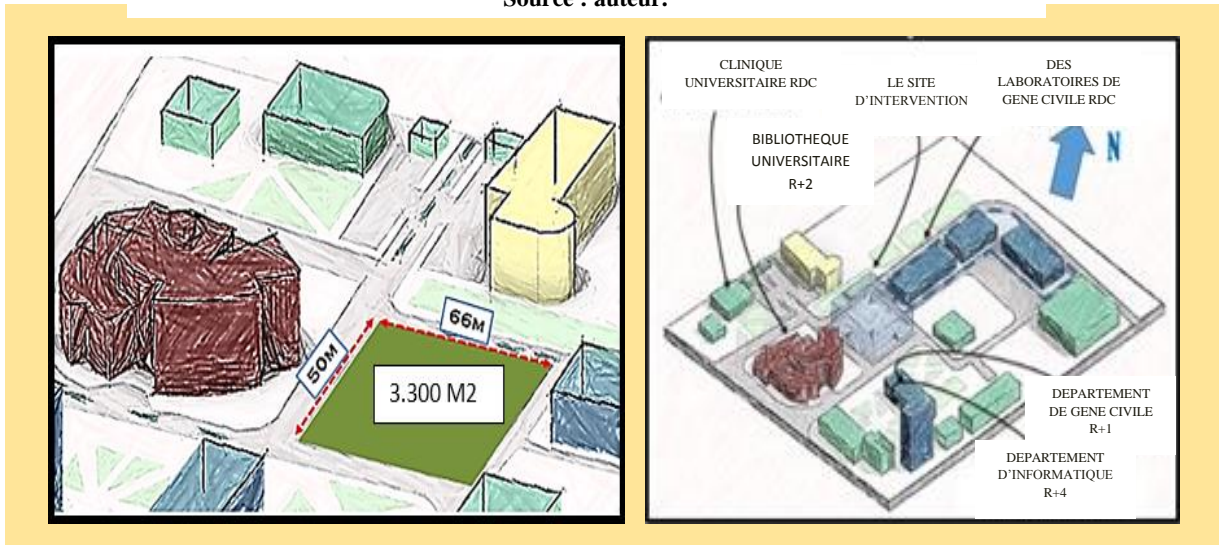


Figure III. 16 : Configuration de l'assiette, limites et gabarits environnants.
Source : auteur.

2.4 Les limites

Le site est limite par :

- Au NORD : Des Laboratoire de Génie Civil, mécanique et le centre des affaires culturelles.
- Au SUD : La Bibliothèque universitaire et une voie mécanique
- A l'EST : Bureau des affaires sociales.
- A l'OEUST : Agence postale et clinique.

Les gabarits environnants varient du RDC à R+3.

L'orientation de l'assiette est Nord-Ouest/ Sud-Est, avec une pente moyenne de 3%.

2.5 L'ensoleillement et vents

Pour l'étude de l'ensoleillement et l'étude des vents, la figure ci-dessous montre le parcours et la direction des vents chauds et sirocco.

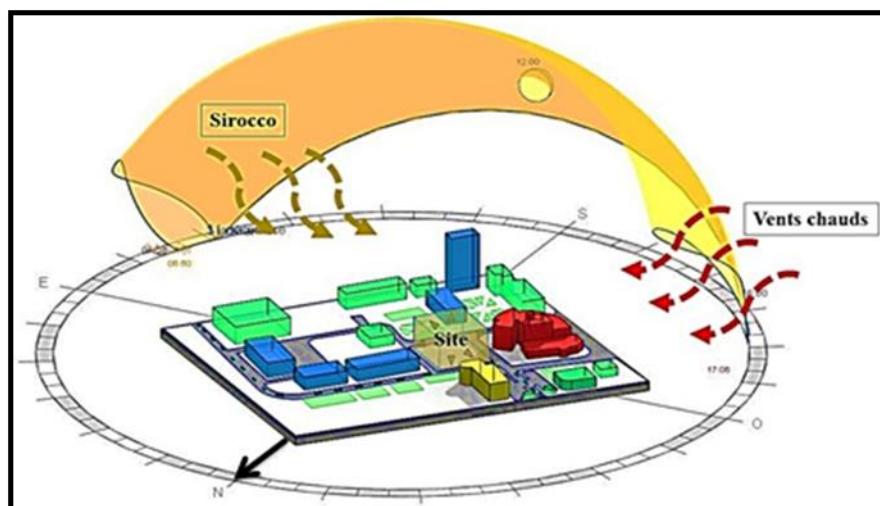


Figure III. 17 : Conditions climatiques de l'assiette du projet.
Source : auteur.

2.6 Synthèse

Le site est dans l'ancien campus universitaire facilite l'accessibilité et valorise le projet.

La proximité du site avec les deux départements d'architecture et de génie civil ; favorisent l'interaction, l'échange et le contact.

Le voisinage du site caractérisé par la diversité architecturale, permet une grande liberté conceptuelle.

Synthèse

Le choix est porté sur ce site vu qu'il recèle plus d'atouts que de contraintes par rapport aux points analysés ce qui offre l'opportunité d'élaborer un projet à l'échelle de l'université par plusieurs aspects architecturaux reflétant la fonction et témoignant la dimension environnementale dans le projet.

Cette démarche analytique nous permettra, concrètement, de ressortir les potentialités du site afin de les traduire ultérieurement dans le projet qui tentera l'insertion à l'échelle de la zone et dans son environnement immédiat.

On peut résumer ces potentialités dans :

- Sa situation dans un campus universitaire existant, doté de toutes les commodités ainsi que des différents réseaux de viabilisation.
- Son accessibilité dans un réseau viaire fluide.
- Sa Localisation dans une zone bien ensoleillée et ventilée ce qui nous permet d'introduire la dimension paysagère et environnementale à travers l'utilisation de la végétation et l'eau.
- La bonne visibilité vu sa position sur l'accès Nord de l'université et sa situation sur un axe primaire.
- La proximité du site avec les deux départements d'architecture et de génie civil ; favorisent l'interaction, l'échange et le contact.
- Le voisinage du site caractérisé par la diversité architecturale, permet une grande liberté conceptuelle.



CHAPTER IV
EVALUATION DE LA
PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



Partie A

1.Introduction

Pour intégrer l'atrium dans le projet de laboratoire de recherche d'architecture et de génie civil dans la ville de Laghouat qui caractérisé par un climat chaud et aride, nous avons établi une étude scientifique qui est pour vérifier l'impact de l'angle l'inclinaison ainsi que l'orientation avec deux hauteurs différents et deux section de base différents sur la consommation de l'énergie, par suite nous avons aussi établi une étude comparative entre (03) trois dispositifs de verrière d'atrium qui sont respectivement le simple vitrage, le double vitrage, le polycarbonate.

2. Méthodologie de recherche

Tout d'abord, nous avons réalisé pour des maquettes de mesure simplifiée pour maîtriser et Contrôler toutes les variables à étudier. Il faut bien noter que les maquettes sont conçues d'une manière simple d'assurer le fonctionnement des laboratoires de recherche d'architecture et génie civil d'après les analyses précédentes des exemples, les modèles sont des formes parallélépipédiques a une base rectangulaire où nous avons intégré des atriiums dans le centre.

La méthodologie de recherche a été basée sur deux phases, des simulations numériques, levé de mesure sur les modèles réduit (les maquettes).

3.Choix descriptif de l'outil de simulation numérique

EDSL Tas est l'outil choisi pour la simulation. Le choix de ce programme découle de ses potentialités pour la simulation dynamique, qui prend en considération les différents types des transferts thermiques à travers l'enveloppe du bâtiment, les gains de chaleur par rayonnement solaire, les températures, les humidités, et la ventilation naturelle, qui sont des paramètres prédictifs de confort.

Le programme choisi pour simuler c'est le logiciel de simulation thermique « EDSL TAS program version 9.4.3 », c'est un logiciel de modélisation dynamique de bâtiment et de système de chauffage et de climatisation. Son développement a débuté il y a une dizaine d'années à l'initiative de quelques chercheurs (CAMBRIDGE, CRANFIELD).

Depuis TAS n'a cessé d'évoluer et ces concepteurs poursuivent son développement (EDSL LTD).

L'atout majeur de ce logiciel réside dans son interface graphique et ces fonctionnalités.

L'utilisateur peut ainsi atteindre une réelle productivité¹.

L'approche fondamentale adoptée par TAS c'est la simulation dynamique. Cette technique trace au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'enveloppe de bâtiment, et des conditions internes, Fournissant ainsi à

¹ JP BRASSELET

l'utilisateur une image détaillée sur les réponses thermiques de bâtiment pour les différentes zones prédéfinies, non seulement dans des conditions extrêmes, mais tout au long d'une année typique. Cette approche influence de nombreux processus thermiques qui se produisent dans le bâtiment, leur synchronisation, endroit et interaction, pour être correctement expliqué.

Ces processus sont illustrés schématiquement dans la Figure V.1, qui montre le mouvement de la chaleur dans diverses formes à l'intérieur et l'extérieur du bâtiment par une série de mécanismes de transfert de chaleur.

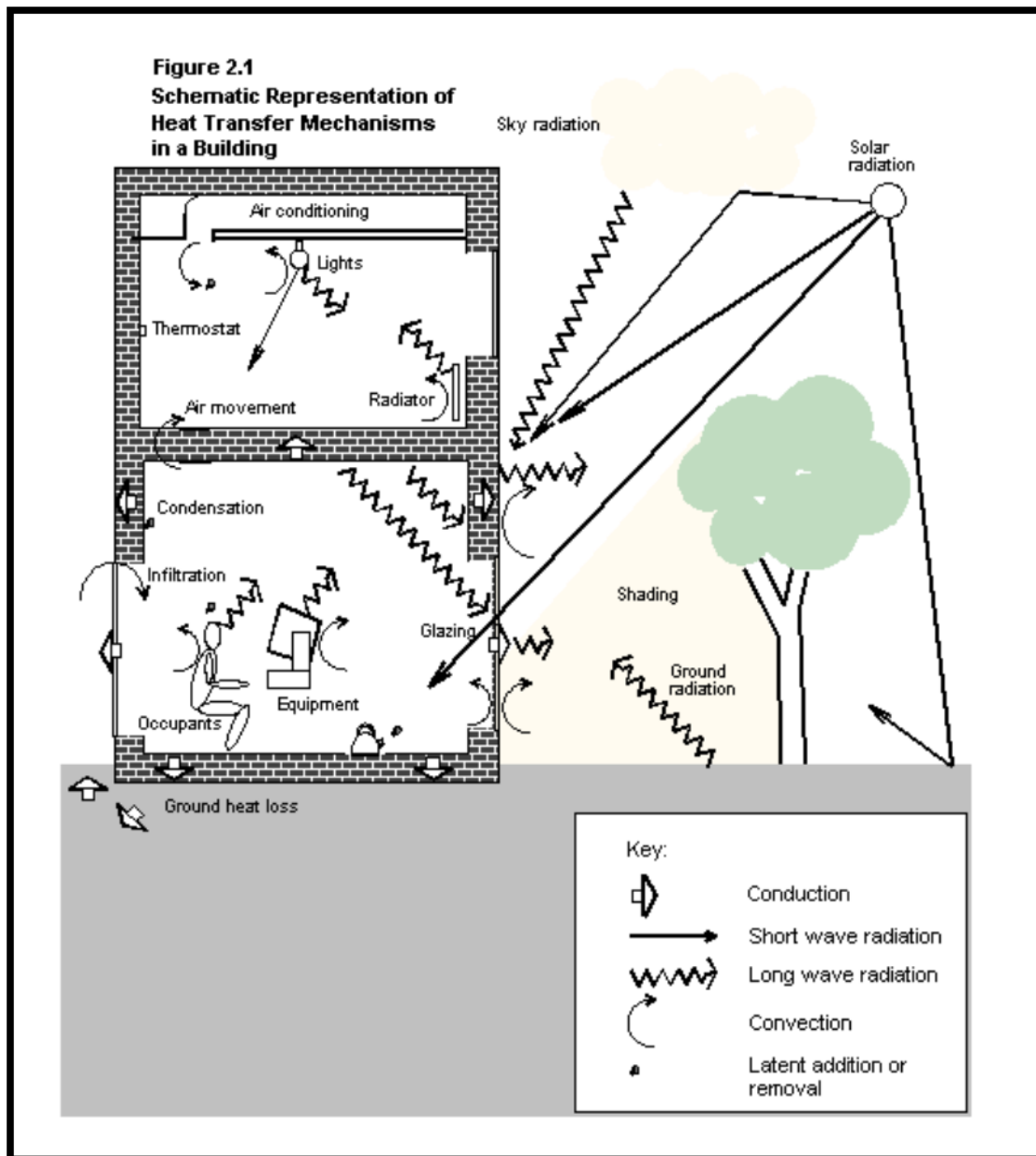


Figure IV. 1 : Représentation schématique des mécanismes de transfert de chaleur dans un bâtiment.
Source : Tas théorie manuel 9.2.4.

La conduction dans le tissu du bâtiment est traitée dynamiquement, ce procédé efficace calcule le flux de chaleur conduits à la surface des murs et autres éléments de bâtiment. Les constructions de plus de 12 couches peuvent être traitées, chacune des nappes pouvant être composée de matériaux opaques comme les briques, des matériaux transparents comme le verre ou le gaz (l'air), les bases de données des matériaux et les constructions sont disponibles.

La convection sur les surfaces de bâtiment est traitée en utilisant une combinaison des rapports empiriques et théoriques rapportant le débit de chaleur de la convection à la différence de la température, à l'orientation extérieure, et, dans le cas de la convection externe, à la vitesse du vent.

L'échange de rayonnement de longues ondes est modelé en utilisant la loi de Stefan-Boltzmann, utilisant les émissivités extérieures de la base de données de matériaux. Le rayonnement longues ondes du ciel et de la terre est traité par des rapports empiriques.

Les rayons solaires absorbés, reflétés et transmis par chaque élément de l'édifice sont estimés grâce aux données solaires de dossier météo, le calcul de la transformation, la radiation en composants directs et diffus calculant les flux incidents utilisant la connaissance de la position du soleil et les modèles empiriques des rayonnements du ciel. L'absorption, la réflexion et la transmission sont estimés à partir des propriétés thermo-physiques des éléments de l'édifice.

Des conditions internes, qui incluent les gains des appareils d'éclairage, des équipements et des occupants aussi bien que des caractéristiques de vitesses d'infiltration c'est une opération qui regroupe l'ensemble dans les profils qui sont appliqués aux diverses zones du bâtiment. Des profils de conditions internes peuvent être stockés dans une base de données pour une récupération postérieure.

L'infiltration, la ventilation et le mouvement d'air entre les diverses zones du bâtiment cause un transfert de chaleur entre les masses d'air appropriées qui est représentée par des limites impliquant l'écoulement de la masse, la différence de la température et la capacité de chaleur d'air.

Le rayonnement solaire entrant dans une zone par les éléments transparents de bâtiment tombe sur les surfaces internes, où il peut être absorbé, reflété ou transmis selon les propriétés des surfaces.

TAS résout l'équilibre thermique sensible pour une zone en installant des équations représentant les différents bilans énergétiques pour l'air et chacun des surfaces environnantes. Ces équations sont alors combinées avec d'autres équations représentant les bilans énergétiques sur les surfaces externes, et toute la série d'équation est résolue simultanément pour produire des températures de surface de température de l'air et des charges de pièce. Ce procédé est répété pour chaque heure de la simulation.

Un équilibre latent est également exécuté pour chaque zone qui tient compte des gains latents, du transfert d'humidité par le mouvement d'air et des opérations d'humidification et de déshumidification.

Ce qui suit sont quelques facteurs qui influencent le comportement thermique d'un bâtiment et dont TAS permet à l'utilisateur de les étudier :

- Isolation thermique.
- Capacité thermique (« la masse thermique »).
- Propriétés de vitrage.
- Forme et orientation.
- Climat.
- Ombrage propre et porté des bâtiments voisins
- Ventilation naturelle.
- Ventilation mécanique.
- Gain solaire.

Gains des appareils d'éclairage, des occupants et d'équipement (sensible et latent).

- Le control des points centraux et les bandes, début optimum, antigel.
- Capacités de l'installation disponibles pour le chauffage et le refroidissement.
- Programmes (scénarios).
- Caractéristiques radiantes/convection.
- Performance des chaudières et des pompes à chaleur.

TAS fournit les résultats sous forme graphique et tabulaire montrant les effets des facteurs ci-dessus à travers les paramètres suivants :

- Température de l'air.
- La température radiante moyenne.
- La température résultante.
- Températures de surface.
- Humidité.
- Risque de condensation.
- Charges sensibles et latentes.
- Consommation d'énergie.

3.1 Structure du programmer EDSL Tas

Le concepteur de bâtiment « Tas » est un moteur sophistiqué de calcul. Le modelleur 3D (également appelé le « Tas3D ») constitue un des trois composants de noyau qui comportent collectivement le progiciel d'application de concepteur de bâtiment

- Tas 3D Modeler.
- Tas Building Simulator.
- Tas Results Viewer.

3D Modeler (T3D) est utilisé d'abord pour créer la géométrie de bâtiment et pour délimiter et répartir en zones chaque espace (ou volume). La géométrie, les éléments de construction, les zones et les surfaces sont alors exportés vers l'application de simulateur de bâtiment. Pendant le processus d'exportation les calculs des ombres peuvent être effectués.

Tas Building Simulator (TBD) est utilisé pour assigner à chaque élément de bâtiment une construction (cette phase présente l'information convenable concernant les propriétés thermiques fondamentales de l'enveloppe de bâtiment), le fonctionnement des ouvertures sont assignés (y compris le comportement, c.-à-d. leur commande aussi bien que la proportion ouvrable), des conditions internes sont appliqués et un calendrier et des types de jour sont définis.

Le procédé de simulation produit d'un ensemble de données visualisables dans le **Results Viewer (TSD)**.

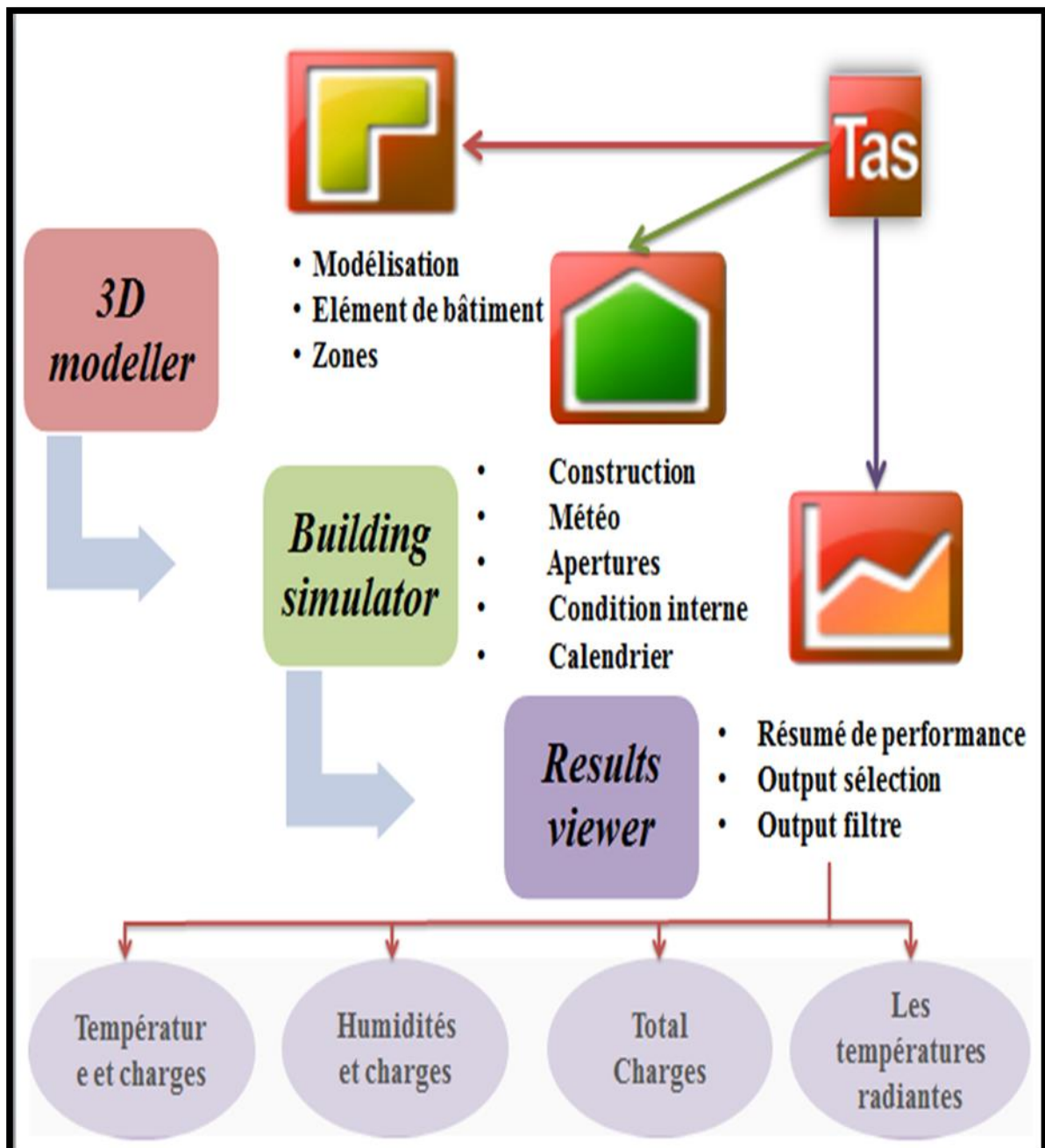


Figure IV. 2 : Schéma explicative montre les différentes interfaces de logiciel Edsl TAS.

Source : auteur.

4. IMPACT DE L'INCLINAISON DE L'ATRIUM SUR L'IRRADIATION SOLAIRE EN ZONES CHAUDE ET ARIDE

4.1 Introduction

Dans cette étude, le logiciel EDSL TAS, est utilisé pour la modélisation des formes étudiées des bâtiments de cour et d'atrium qui sont montrés dans la figure 1. La forme choisie est rectangulaire pour la cour et l'atrium. Pour l'atrium, la verrière a subi des variations d'inclinaisons allant de 0° à 45°, ainsi que des variations sur les orientations. Ses scénarios se veulent dans le but d'En outre, les simulations sont effectuées le 21 Juin (solstice d'été) et le 21 Décembre (solstice d'hiver).

4.2 Conditions des simulations

Vérifier le taux d'irradiations solaires subies par la cour et l'atrium. Sous une latitude de 33°25' Nord. Le modèle de simulation est adiabatique, avec des parois extérieures complètement isolées, ceci pour vérifier l'impact de la cour et de l'atrium comme éléments d'influence.

Les données météorologiques utilisées dans les simulations ont les données du rayonnement solaire clair du ciel. Les effets de la modification de la nébulosité sont négligés. En outre, l'enquête est menée selon six orientations : Sud, Sud-Ouest, Sud-Est, Ouest, Nord et Est. Dans chaque orientation, le toit est incliné vers cette direction. En outre, les simulations sont effectuées le 21 Juin (solstice d'été) et le 21 Décembre (solstice d'hiver).

Les données météorologiques utilisées dans les simulations ont les données du rayonnement solaire clair du ciel. Les effets de la modification de la nébulosité sont négligés.

En outre, l'enquête est menée selon six orientations : Sud, Sud-Ouest, Sud-Est, Ouest, Nord et Est. Dans chaque orientation, le toit est incliné vers cette direction. En outre, les simulations sont effectuées le 21 Juin (solstice d'été) et le 21 Décembre (solstice d'hiver).

4.3 Résultats et discussion

Les résultats des simulations en cour et dans l'atrium sont obtenus par irradiation horaire moyenne journalière (W / m^2) et par gain solaire horaire moyen journalier (W / m^2). Les résultats des simulations de formes de cour et d'atrium sont discutés séparément dans les sous-sections suivantes.

4.4 Résultats de simulation de cour

La figure 01 montre l'effet de changement de direction et de saison sur l'irradiation reçu par les murs de la cour. En termes de résultats, l'orientation Nord/Sud accuse des valeurs supérieures par rapport à l'orientation Est/Ouest. Durant la période hivernale,

l'irradiation atteint une valeur moyenne de 45.08 w/m² dans l'orientation Nord/Sud, contre 40.24 w/m². Par rapport à un scénario de chauffage hivernal, est plus perpendiculaire et son intensité est considérablement élevée par rapport à celle des hautes latitudes, la quantité d'irradiation reçue est considérable dans tous les cas.

Le 21 Juin, l'augmentation de l'angle d'inclinaison du toit vers les orientations ouest et est n'aurait pas d'effets importants. Ces gains solaires hivernal réduisent partiellement le recours au chauffage mécanique, et par conséquent favorisent le gain énergétique.

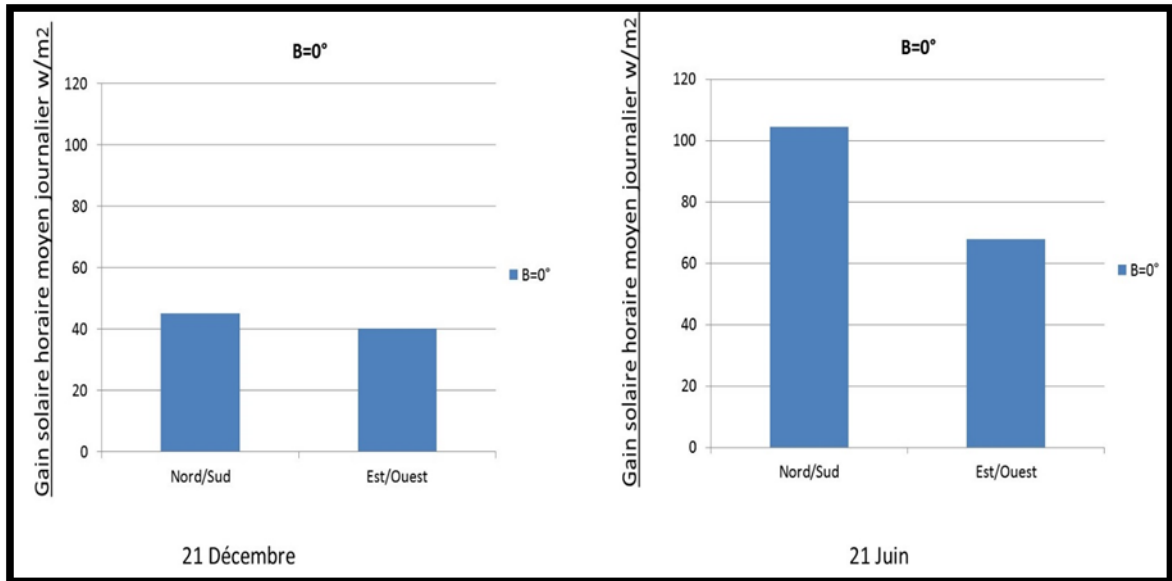


Figure IV. 3 : Effet de changement de direction et de saison sur l'irradiation.
Source : auteur

En revanche, durant la période estivale, l'irradiation solaire atteint des valeurs excessives. En empruntant une orientation est/ouest, l'irradiation solaire accuse une valeur de 67.67 w/m², et une valeur de 104.48 w/m² dans l'orientation Nord/Sud. Ces gains solaires comptabilisés durant la période estivale provoquent une surchauffe dans les espaces adjacents à la cour, un recours inéluctable aux moyens mécanique pour la climatisation.

4.5 Résultats de simulation de l'atrium

En augmentant l'angle d'inclinaison β , la surface vitrée de l'atrium a tendance à augmenter. Pour cela, deux alternatives sont posées et vérifiées :

- Garder la même surface vitrée pour les différents angles d'inclinaison, ceci en augmentant la surface du cadre supportant la verrière.
- Fixer la surface du cadre supportant la verrière et augmenter la surface.

Pour le premier cas, fixer la surface vitrée avec une orientation Sud et une période hivernale comme paramètres témoins, les résultats montrent une variation négligeable sur le taux d'irradiation solaire. Par conséquent, ce scénario est sans effet sur le bilan énergétique.

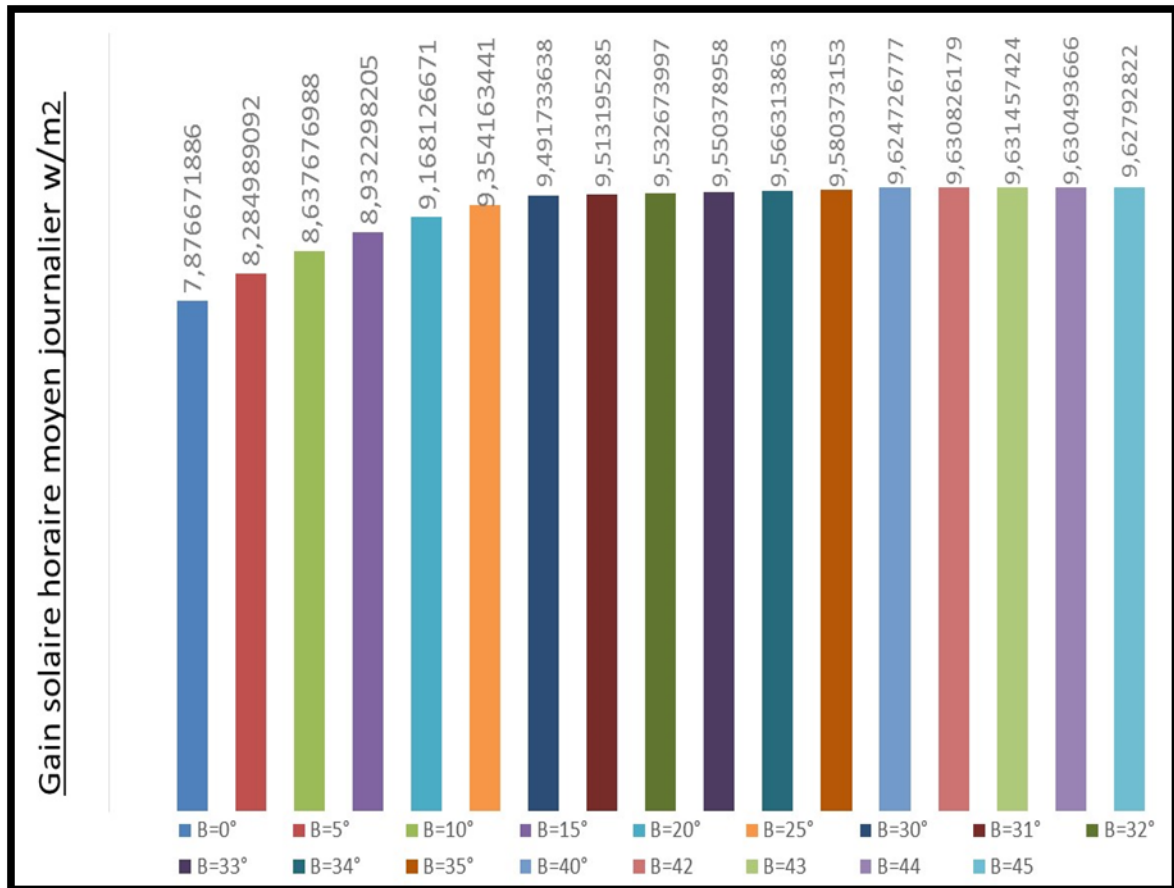


Figure IV. 4 : Effets des modifications de l'angle d'inclinaison de la verrière de l'atrium sur le gain solaire dans différentes orientations. Source : auteur.

La figure 04 présente les effets des modifications de l'angle d'inclinaison de la verrière de l'atrium sur le gain solaire dans différentes orientations. De plus, les diagrammes de trajectoires solaires aux latitudes considérées sont montrés. On peut voir que généralement l'irradiation reçue par les parois de l'atrium interne est inférieure à l'irradiation reçue par les murs de la cour. C'est à cause de cela qu'une partie du rayonnement solaire est absorbée et réfléchié par le puits de lumière de l'atrium lorsqu'il pénètre à travers la verrière. De plus, les tendances des variations de résultats sont presque les mêmes dans différents cas.

4.5.1 Angles entre 0° et 20° (a)

Dans la figure 04, montre que durant la période hivernale, le taux d'irradiation solaire est en décroissance au Nord et à l'Est, ceci à cause de la trajectoire solaire.

En revanche, et pour la même cause, la courbe est ascendante au Sud et à l'Ouest. Les valeurs de l'irradiation solaire restent trop faibles, avec une valeur max de 13.58 w/m², enregistrée au Sud avec un angle d'inclinaison de 20°.

Le 21 Juin, les valeurs des gains solaires sont supérieures à celles du 21 Décembre, avec une valeur max de 44.89 w/m², enregistrée à l'Est avec un angle d'inclinaison de 20°. Ce phénomène s'explique par le parcours solaire, car l'azimut solaire est de parcours plus important durant le solstice d'été.

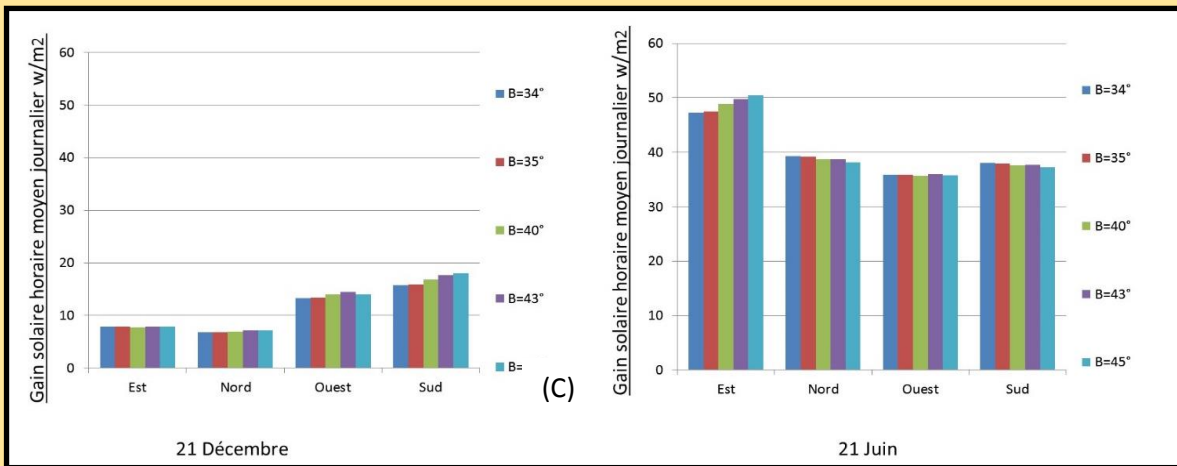
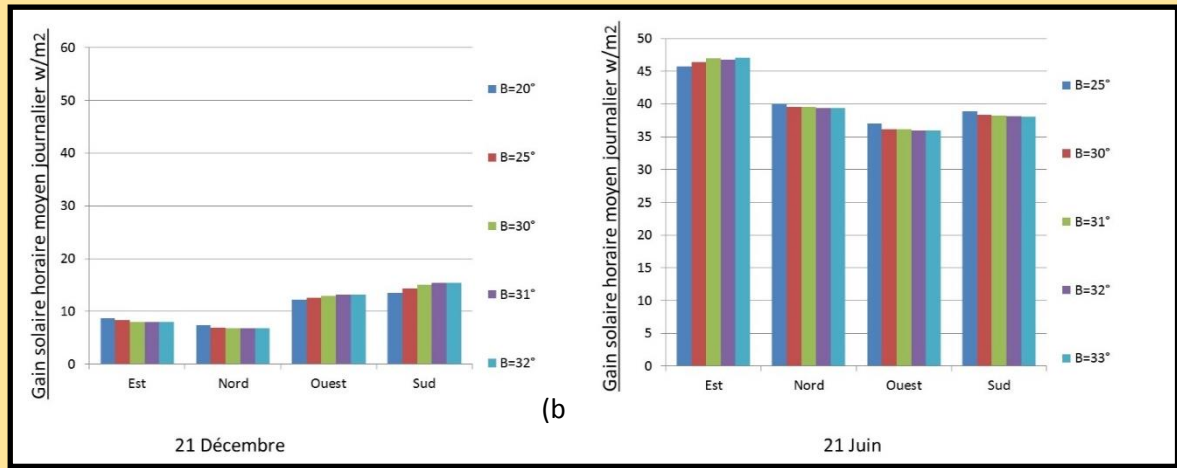
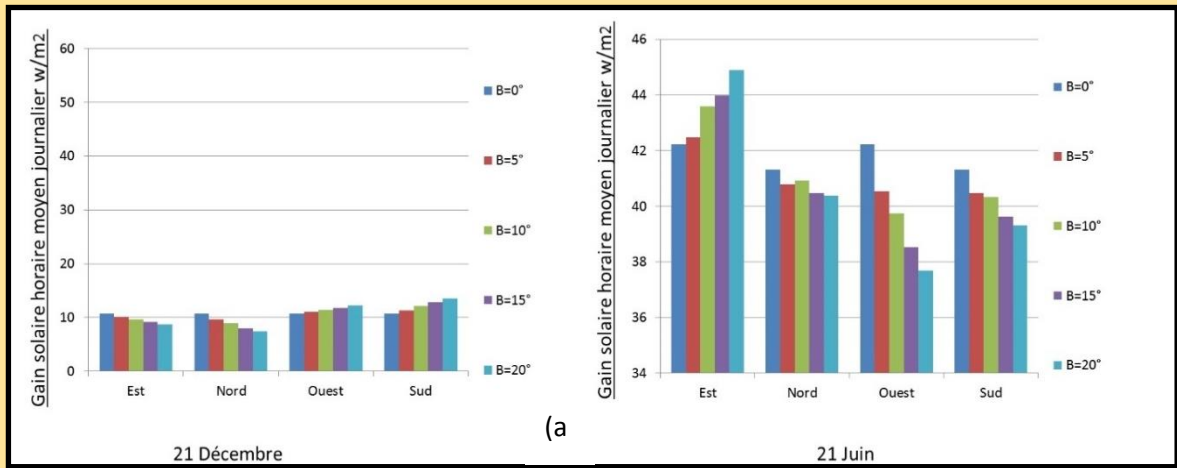


Figure IV. 5 : Taux d'irradiation solaire en solstices d'hiver et d'été selon les quatre orientations.
Source : Auteur.

4.5.2 Angles entre 25° et 33° (b)

Le 21 Décembre, les valeurs ont une tendance croissante on se rapprochant de la latitude 33° (latitude de la ville de Laghouat), avec une valeur max enregistrée au Sud de l'ordre de 15.57 w/m². Au solstice d'été, les valeurs sont supérieures à celles hivernales, avec un max de 47.02 w/m² enregistré à l'Est et à 33°.

4.5.3 Angles entre 34° et 45° (c)

Le phénomène remarqué précédemment se répète entre 34° et 45°. La valeur max comptabilisée le 21 Décembre est de 17.96 w/m², dans l'orientation Sud. Le 21 Juin, la valeur

4.5.4 Angles entre 34° et 45° :

Le phénomène remarqué précédemment se répète entre 34° et 45°. La valeur max comptabilisée le 21 Décembre est de 17.96 w/m², dans l'orientation Sud. Le 21 Juin, la valeur max est de 50.46 w/m² à l'Est. En faisant une lecture globale sur les résultats, on remarque que les valeurs max enregistrées durant la période hivernale sont celles du Sud, Est et Ouest, avec des angles d'inclinaison situés entre 40°, 43° et 45°.

Afin de cerner cette étude, une vérification des degrés 40°, 43° et 45° selon l'orientation Sud/Ouest et Sud/Est sont établie en comparaison avec les orientations Sud et Ouest.

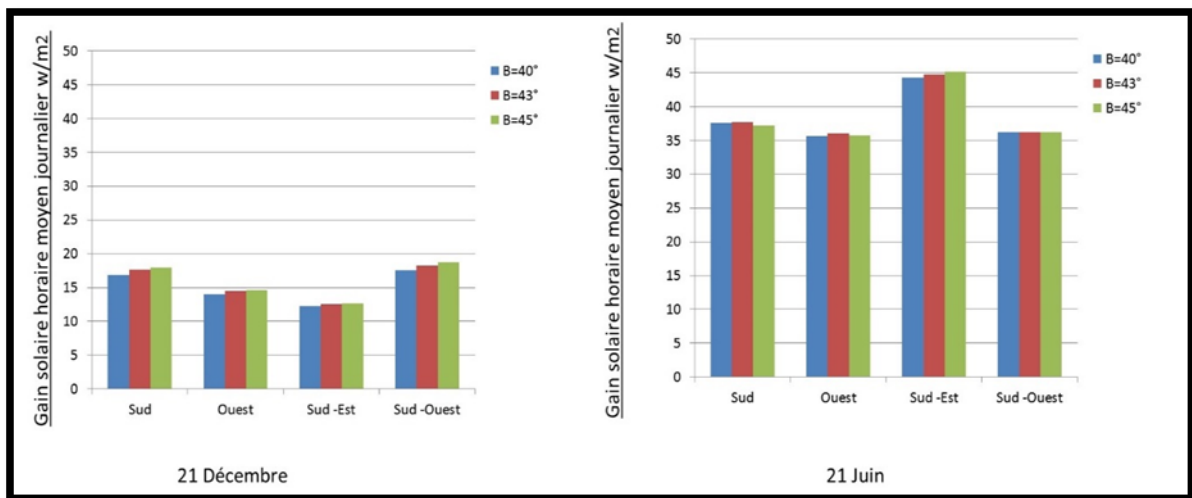


Figure IV. 6 : Les meilleurs gains solaires enregistrés.
Source : auteur.

La figure 06, montre que les meilleurs gains solaires enregistrés sont celles de l'orientation sud/ouest avec un angle de 45°. Le 21 Décembre, on enregistre une valeur max de 18.70 w/m². Dans les mêmes conditions, et durant la journée du 21 Juin, la valeur des gains solaires est de 36.23 w/m², largement inférieure à la valeur max 45.16 w/m², enregistrée sous le même angle avec une direction Sud/Est.

4.6 Conclusion

La conclusion tirée de l'étude montre que les gains solaires à travers une cour sont nettement supérieurs voir excessifs par rapport au même espace doté d'un atrium. Ces gains excessifs sont bénéfiques durant la période diurne hivernale, mais un effet opposé durant la nuit. En revanche, dans la période du solstice d'été, ces gains solaires sont néfastes pour le confort thermique et le bilan énergétique.

D'autre part, l'étude montre que les effets de changer l'angle d'inclinaison de la verrière de l'atrium, sous différentes directions, influe sur les performances solaires de l'espace couvert par l'atrium ainsi que sur les espaces adjacents.

L'angle optimal ainsi que l'orientation de la verrière doivent être calculé de façon à atteindre les gains solaires maximums en hiver et minimum en été, ceci dans le but d'atteindre une économie d'énergie durant les deux périodes critiques.

Pour la latitude $33^{\circ}25'$, l'étude montre que pour un atrium à une pente, avec un simple vitrage l'angle optimal pour un gain solaire hivernal maximum et un gain estival acceptable est de 43° selon une orientation Sud-Ouest.

5. La réalisation des modèles réduit (les maquettes)

Les maquettes sont réalisées à partir des matériaux disponibles, les plaques de plâtre pour les murs extérieurs et intérieurs ainsi pour les séparations entre les niveaux, le polystyrène comme matériau isolant, les cadres de verrière en bois.



Figure IV. 7 : La réalisation des maquettes.
Source : auteur.

Nous avons réalisé (04) quatre maquettes de simulation par mesures, deux maquettes R+1 l'un avec un atrium à une base carrée, l'autre avec un atrium à une base rectangulaire. Ainsi deux maquettes (R+3) l'un avec un atrium une base carré, l'autre à un atrium à une base rectangulaire.

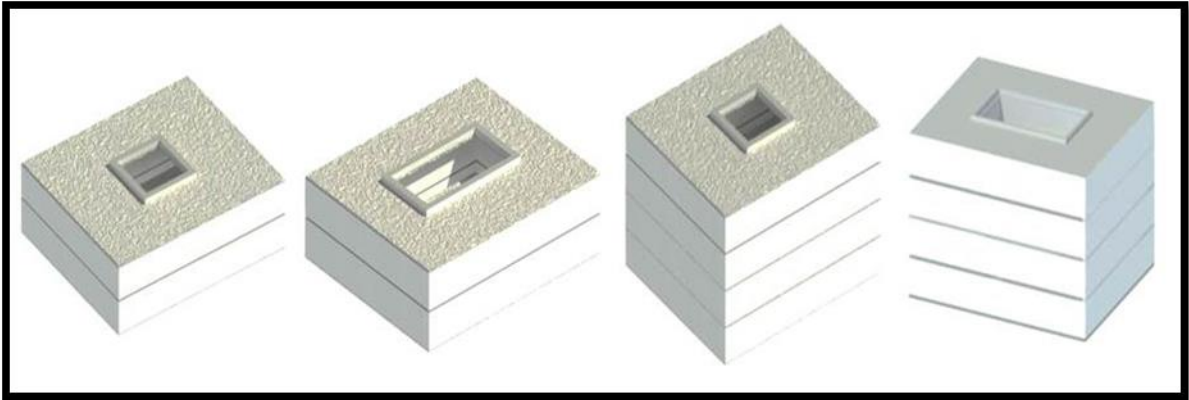


Figure IV. 8 : Modélisation des maquettes.
Source : auteur.

Pour les surfaces vitrées d'atrium, nous avons choisis trois matériaux afin de vérifier l'impact de chaque matériau choisi, les matériaux choisis sont le simple vitrage, le double vitrage, le polycarbonate.

Le choix des matériaux a été fait selon des critères comme, la disponibilité des matériaux au marché, les caractéristiques physiques et thermiques des matériaux choisis, ces matériaux ont des avantages, parmi ces avantages, l'isolation thermique afin de limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger de la radiation solaire en été. Les apports solaires pour contrôler et limiter le rayonnement entrant, afin d'éviter les dépenses en énergie. Ainsi que pour permet laisser le maximum d'éclairage naturel.

Le simple vitrage : Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion¹.

Le double vitrage : Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés par un intercalaire en aluminium ou en acier. L'étanchéité périphérique est assurée par des joints organiques².

Le Polycarbonate (PC) : est une matière plastique technique aux propriétés choc exceptionnelles. Elle est essentiellement utilisée dans le domaine de l'éclairage et dans certains éléments des bâtiments, comme la toiture. Elle est depuis plusieurs années largement utilisée pour la fabrication de sièges transparents aux couleurs vives³.

¹ Réinventions l'énergie, les principaux types de vitrage P°04

² Réinventions l'énergie, les principaux types de vitrage P°05

³ Fiche éditée par la SPW - DGO6 - Département du Développement technologique Direction de l'Évaluation et de la Sensibilisation, Fiche N°1.04 01/10/2010 Page 01

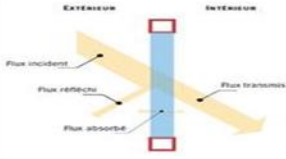

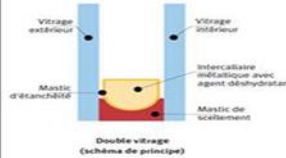

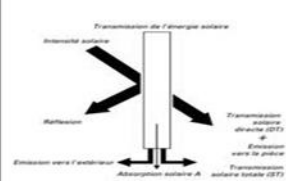
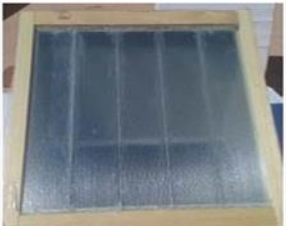
Matériaux	Description	Photos
Simple vitrage 	-Épaisseur 4 mm -Poids 10 kg/m ² -U vitrage 5,8 w/m ² k -Facteur Solaire g 0,85 -Facteur lumineux 0,90	
Double vitrage 	-Épaisseur 14 mm -Poids 20 kg/m ² -U vitrage 2,8 w/m ² k -Facteur Solaire g 0,75 -Facteur lumineux 0,81	
Polycarbonate 	-Épaisseur 6 mm -Poids 7,20 kg/m ² -U vitrage 3,76 w/m ² k -Facteur Solaire g 0,3 -Facteur lumineux 0,6	

Figure IV. 9 : Les caractéristiques de vitrage.
Source : auteur.

Matériaux	Facteur lumineux	Facteur Solaire g	Cout DA/m ²	DT moyen journalier d'hiver	Indice d'affaiblissement acoustique dB	R Value (m ² .°C/W)	U Value (W/m ² .°C)
Simple Vitrage	0,90	0,85	1400,00	21,52	20	0,174	5,8
Double Vitrage	0,81	0,75	5000,00	18,58	30	0,305	2,8
Polycarbonate	0,6	0,3	3800,00	12,40	25	0,17	5,75

Tableau IV. 1 : Les caractéristiques de vitrage.
Source : auteur.

- Cout le prix des matériaux dans le marché Algérienne en Dinar Algérienne sur mètre carré.
- Poids en kilogramme sur mètre carré.
- (DT) c'est le rapport moyen journalier entre la température extérieure et la température intérieur qui était mesuré à partir des maquettes ou nous avons remplissés les verrières d'atrium par des matériaux réels.
- Indice d'affaiblissement acoustique en (dB) c'est l'indice d'affaiblissement acoustique (dB) relatif au bruit (de même intensité dans toutes les fréquences).

- R value est définie comme le rapport entre son épaisseur e (m) et sa conductivité thermique l ($W / (m K)$).
- U value est défini comme la quantité de chaleur traversant le vitrage, en régime permanent, par unité de surface, pour une différence de température unitaire entre les ambiances.
- Facteur solaire est le rapport entre l'énergie entrant dans la pièce par transmission et diffusion et l'énergie totale reçue sur le vitrage. Plus le FS est bas, plus le vitrage sera performant pour filtrer la chaleur du soleil.

Facteur lumineux c'est Le facteur de transmission lumineuse TL traduit la capacité d'une paroi vitrée à transmettre la lumière naturelle à l'intérieur d'une pièce. C'est le rapport entre la lumière totale transmise à travers la baie, et la lumière incidente¹.

5.1 Cercle de performance

Pour les outils de mesure, nous avons levé les valeurs à partir d'une mini-station ainsi nous avons placé des sondes d'hygrothermique en deux niveaux l'un en (RDC) l'autre en (R+3).

La figure ci-dessous montre les appareils de mesure.

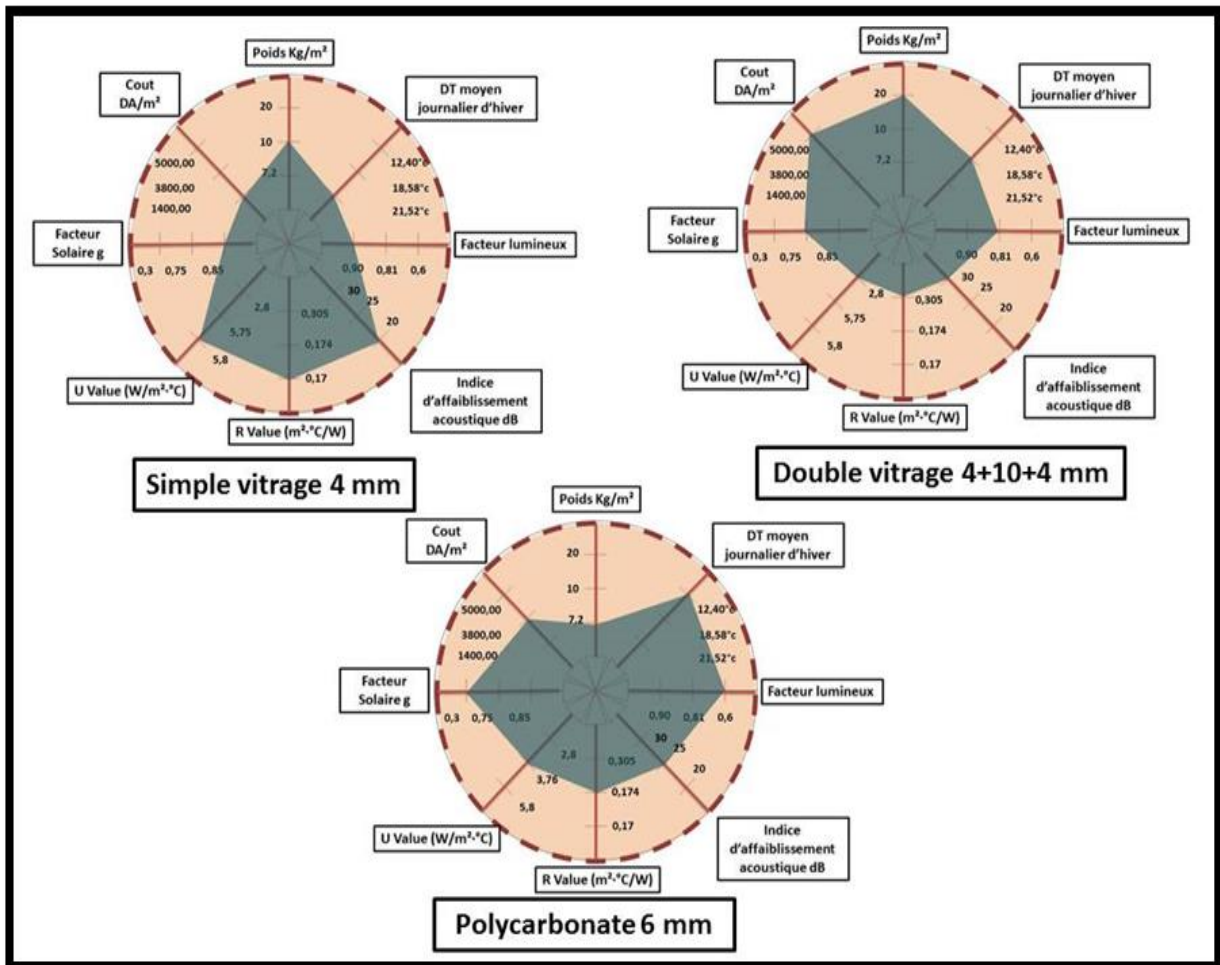


Figure IV. 10 : cercle de performance des matériaux.

Source : auteur.

¹ www.paroisvitreesrt2012.fr/caracterisation-parois-vitrees





Les instruments des mesures	Quantité	Descriptions
MASTECH Thermomètre mini-station relie par ordinateur	 02	Thermo- hygromètre Temp (° C)/ HR (%)
Testo 415 anémomètre	 02	Vitesse des vents m/s Direction de vent degrés
Testo Thermomètre et hygromètre	 02	Thermo- hygromètre : Temp (° C)/ HR (%)
Thermomètre et hygromètre numérique	 10	Temp (° C)/ HR (%)

Figure IV. 11 : Les instruments de mesure.
 Source : auteur.

Les mesures étaient dans des conditions spécifiques, les mesures de mois Février et Mars les maquettes étaient isolées hermétiquement par le polystyrène de 4 mm, ainsi les modèles étaient suspendus.

Pour les levées de mesure, la mini-station était en ombre pour les mesures de température extérieure, les sondes étaient placées dans les maquettes au espace cursive en deux niveaux (RDC) et (R+3) pour le levé de température et l'humidité relative, ainsi que pour extraire la proportion de stratification thermique entre les deux niveaux.

Les mesures de période estivale étaient faites dans des conditions qui diffèrent au premier cas selon les scénarii appliqués. Pour la méthode de levée était la même méthode.



Figure IV. 12 : montre l'emplacement des sondes dans les maquettes.
Source : auteur.

6. Démarche de simulation

Les simulations étaient faites par plusieurs étapes.

Premier étape, la modélisation des formes parallélépipédique simple qui assurent le fonctionnement de notre projet laboratoire de recherche d'architecture et génie civil, puis intégrer une surface vitré au toit comme un atrium avec dimensionnement proportionnel au dimension de model de projet, par suite indiquer le projet adiabatique (isolé complètement) pour déterminer l'impact de l'angle d'inclinaison et l'impact de l'orientation de la surface vitrée sur l'irradiation capté dans le projet, faire les simulations sur le modèle par rapport les différent angles et orientations.

Les simulations étaient faites durant une année afin d'évaluer la consommation énergétique dans les différents cas d'étude, et pour le comportement thermique nous avons choisi deux période, hivernale de 25/02/2019 à 14/03/2019 et période estivale de 09/06/2019 à 22/06/2019.

Deuxième étape, le levé des mesures sur place des maquettes, après la fixation de l'angle et l'orientation optimale pour les atriums pour valider les résultats obtenus, ainsi que pour comparer la température entre extérieur et intérieur et valorisation des gains et ces utilités sur le modèle de projet aux différents niveaux.

La comparaison entre les deux formes de base d'atrium carré et rectangle.

La comparaison entre les différents résultats obtenus par le changement de la hauteur, Ainsi que le changement de matériau de verrière.

N.B : la comparaison entre les formes de base d'atrium était faite avec le choix d'angle et l'orientation optimale.

Troisième étape, Des simulations numériques et des levés de mesures sur les maquettes pour intégrer des solutions sur l'espace atrium afin de minimiser la consommation énergétique en matière de climatisation. Proposer des scénarios comme des solutions soutenues par des simulations numériques. L'application et la vérification des scénarios obtenus après les simulations numériques sur les maquettes par la comparaison entre les résultats obtenus à partir des simulations et les résultats mesurés.

6.1 Station de mesure des maquettes R+3

Les données sont collectées à travers 8 stations de mesures placées dans les maquettes et réparties verticalement, avec deux stations de mesure extérieure, les stations sont placées selon le schéma suivant :

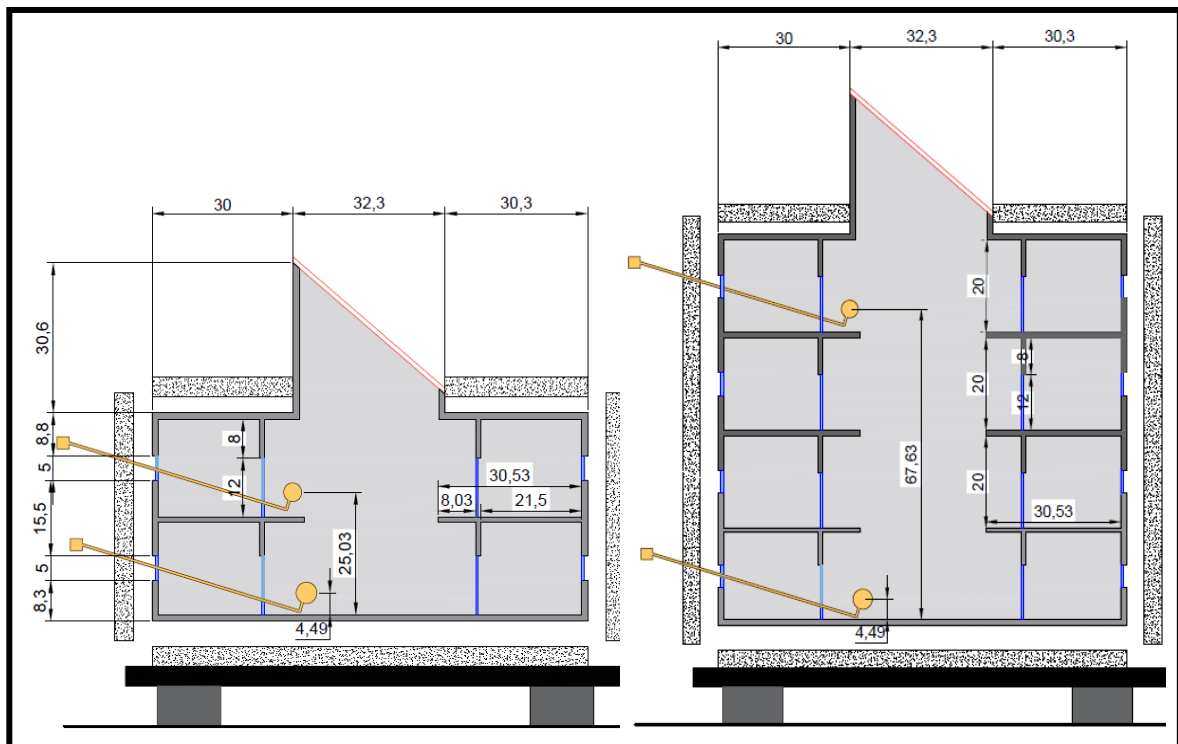


Figure IV. 13 : Coupe schématique sur les maquettes.

Source : auteur.

Lorsqu'que les maquettes sont pour la fonction des laboratoires, les mesures sont limitées de 8:00h à 17:00h c'est-à-dire les heures d'occupations de bâtiment.

Le levé des mesures est fait chaque heure durant tous les jours de mesure.

Pour les mesures hivernales sont faites de 19 Février 2019 jusqu'à 10 Mars.

Les variables environnementales qui sont importantes pour le confort thermique humain englobent le rayonnement solaire, les températures des surfaces, la température de l'air, la vitesse du vent, et l'humidité (¹).

Pour notre campagne de mesures : il s'agit de mesurer les quatre paramètres ayant une incidence directe sur le confort thermique :

- La température de l'air en (°C).
- L'humidité relative de l'air en (%).
- A vitesse de l'air (m/s).
- La main radiante température (°C).

Les scénarios de période hivernale sont changés chaque trois jours :

Les scénarios des maquettes de gabarits de (R+3)

- De 19/02/2019 à 23/02/2019 (surface de verrière double vitrage).
- De 23/02/2019 à 25/02/2019 (surface de verrière simple vitrage).
- De 25/02/2019 à 27/02/2019 (surface de verrière polycarbonate).

Pour les scénarios de gabarits R+1 :

- De 03/03/2019 à 05/03/2019 (surface de verrière polycarbonate).
- De 06/03/2019 à 11/03/2019 (surface de verrière double vitrage).
- De 12/03/2019 à 14/03/2019 (surface de verrière simple vitrage).

Cas d'étude N°01 : deux (02) maquettes de gabarits R+3

- Maquette isolé hermétiquement (adiabatique) de gabarits (R+3) a base carré avec une surface de verrière par le double vitrage, ainsi l'angle d'inclinaison de 43° orienté Sud-Ouest. (Cas N°01).
- Maquette isolé hermétiquement (adiabatique) de gabarits (R+3) a base rectangulaire avec une surface de verrière par le double vitrage, ainsi l'angle d'inclinaison de 43° orienté Sud-Ouest. (Cas N°02).

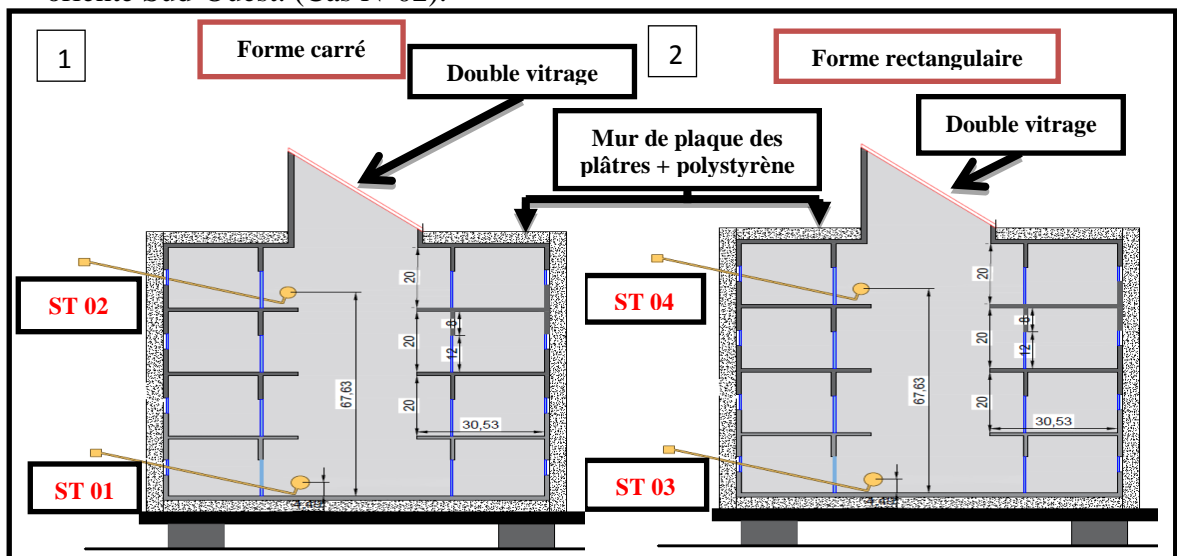


Figure IV. 14 : Positionnement des stations des mesures cas R+3.

Source : auteur.

¹ Herrington, 1978 ; Akbari, 1992.

- **Le cas N°01** représente la maquette de gabarits de (R+3) avec surface vitré d'atrium de double vitrage orienté Sud-Ouest avec angle d'inclinaison de 43° à une forme de base carré.
- **Le cas N°02** représente la maquette de (R+3) avec surface vitré d'atrium de double vitrage orienté Sud-Ouest avec angle d'inclinaison de 43° à une forme de base rectangulaire.

Station	Dans le vide d'atrium RDC	Dans le cursive R+3
Station 01 et ST03	Hauteur 4.5 cm	Hauteur 4.5 cm
Station 02 et ST 04	Hauteur 68 cm	Hauteur 68 cm

Tableau IV. 2 : hauteur des stations cas R+3.
Source : auteur.

6.1.1 La température de l'air

La température de l'air (R+3 Double vitrage)

Les graphes qui sont présentes dans la figure suivante présentes la levée des mesures chaque heure plus les simulations de deux niveaux différents et la température extérieure

Les jours de **19/02/2019** à **23/02/2019** sont caractérisés généralement par un ciel nuageux partiellement avec température extérieur variant de 0° à 20°.

Les deux jours de **20/02/2019** et **21/02/2019** n'inclus pas dans les jours de mesures car le ciel était très nuageux.

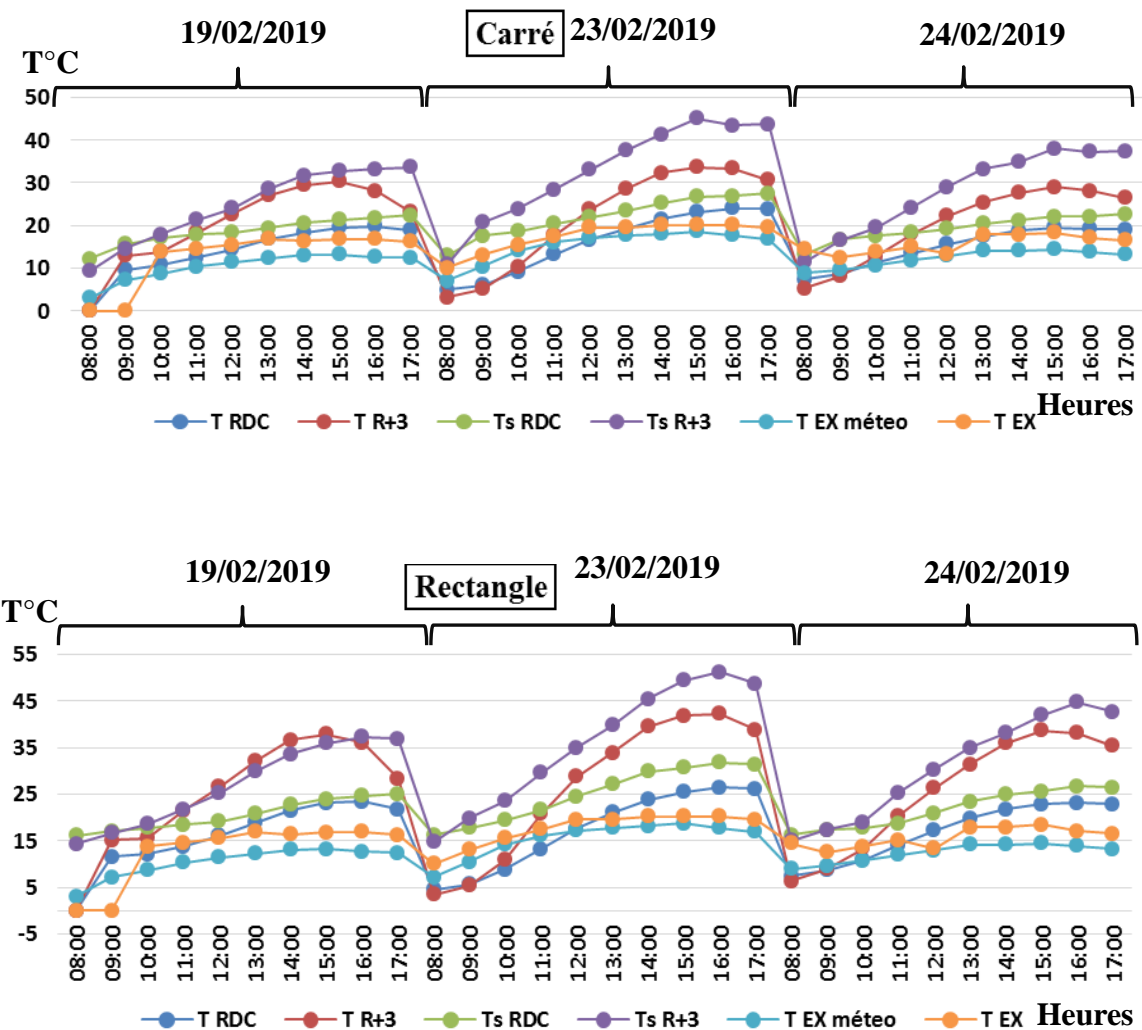


Figure IV. 15 : La température de l'air (R+3 Double vitrage) carré et rectangle.

Source : auteur.

Pour le cas N°01 Forme de base carré

Les courbes des graphes sont très similaires entre les valeurs de mesures et des simulations avec une tolérance maximale de 0 à 5 °C.

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 12:00h et de 12:00h à 17:00h les sondes marquent des valeurs de température supérieure que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 15 :00** de **30.4°C** le 19/02/2019 où Tex **16.9°C** et **33.6°C** le 23/02/2019 où Tex **20.2°C** et **29°C** le 24/02/2019 où **Tex 17.1°C**.
- Les sondes de niveau (R+3) durant les trois jours marques des valeurs de température inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 11:00 h, de 11:00h à 17:00h les sondes de (R+3) marques des valeurs supérieures que la température extérieure avec des valeurs maximales à l'heure 15 :00h de **32.83°C** le 19/02/2019 où Tex **16.8°C** et **45.05°C** le 23/02/2019 où Tex **20.2°C** et **37.97°C** le 24/02/2019 où Tex **18.4°C**.

Pour le cas N°02 Forme de base rectangulaire

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 12:00h et de 12:00h à 17:00h les sondes marquent des valeurs de température supérieure que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 16:00** de **23.4°C** le 19/02/2019 où Tex **16.9°C** et **25.4°C** le 23/02/2019 où Tex **20.2°C** et **23.1°C** le 24/02/2019 où **Tex 17.1°C**.
- Les sondes de niveau (R+3) durant les trois jours marques des valeurs de température inférieure de l'extérieur de 8:00 h jusqu'à 11:00 h, de 11:00h à 17:00h les sondes de (R+3) marques des valeurs supérieures que la température extérieure avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de **37.34°C** le 19/02/2019 où Tex **16.8°C** et **41.9°C** le 23/02/2019 où Tex **20.2°C** et **38.7°C** le 24/02/2019 où Tex **18.4°C**.

La température enregistrée dans les stations ST1 et ST2 dans les deux dépasse celle de l'extérieur à partir de 11:00h. Cette surchauffe à l'intérieur de l'atrium est causée par le phénomène de l'effet de serre induit par la surface vitrée de la surface vitrée de l'atrium. C'est le principe du gain solaire tel qu'il existe à travers n'importe quelle surface vitrée.

Les matériaux dits transparents ou translucides laissent en grande partie traverser le rayonnement solaire incident.

6.1.2 L'humidité de l'air (Double vitrage)

Les graphes suivantes montre les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrés par mesures et par simulations dans les stations ST1 et ST2 et ST3 et ST4 en plus l'extérieur.

Durant les trois jours les courbes de l'humidité de l'air varient de 65% le 19/02/2019 à 8:00h à 12% le 23/02/2019 et le 23/02/2019 à 15:00h.

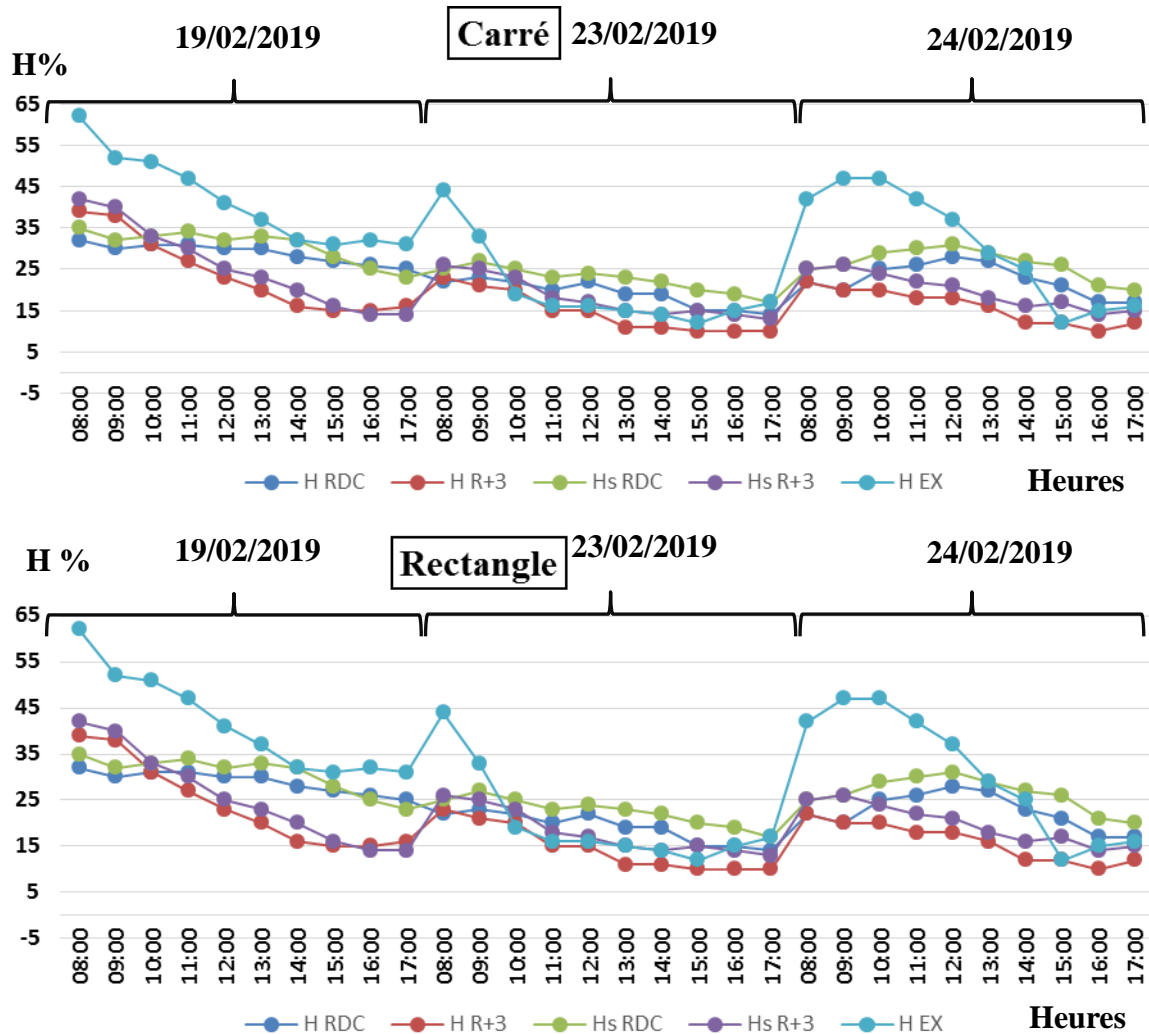


Figure IV. 16 : L'humidité de l'air (Double vitrage) carré et rectangle
Source : auteur

Les humidités relatives de l'air enregistrées à l'intérieur de l'espace atrium dans les différentes stations de mesures, tracent des courbes qui suivent la même allure que la courbe des humidités relatives enregistrées à l'extérieur, mais avec des valeurs inferieures sauf quelques heures qui sont secs où les valeurs de l'humidité à l'intérieur dépassent les valeurs de l'humidité à l'extérieur.

Les valeurs des humidités relatives à l'intérieur sont enregistrées dans la station ST2 dans les deux cas situés au niveau 3eme étage, avec un maximum de 39% à 8h le 19/02/2019, et un minimum de 10% à 15h le 23/02/2019. Et les valeurs qui sont enregistrées au niveau de la station ST1 situé au RDC, avec un maximum de 30% à 13:00h

le 19/02/2019, et un minimum de 15% à 13h le 23/02/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST3, d'une valeur de 14% à 10h.

6.1.3 La température radiative moyenne (R+3 Double vitrage)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude (02) maquettes de gabarits R+3 avec deux section d'atrium différents l'un carré et l'autre et rectangulaire de surface de verrière par le double vitrage.

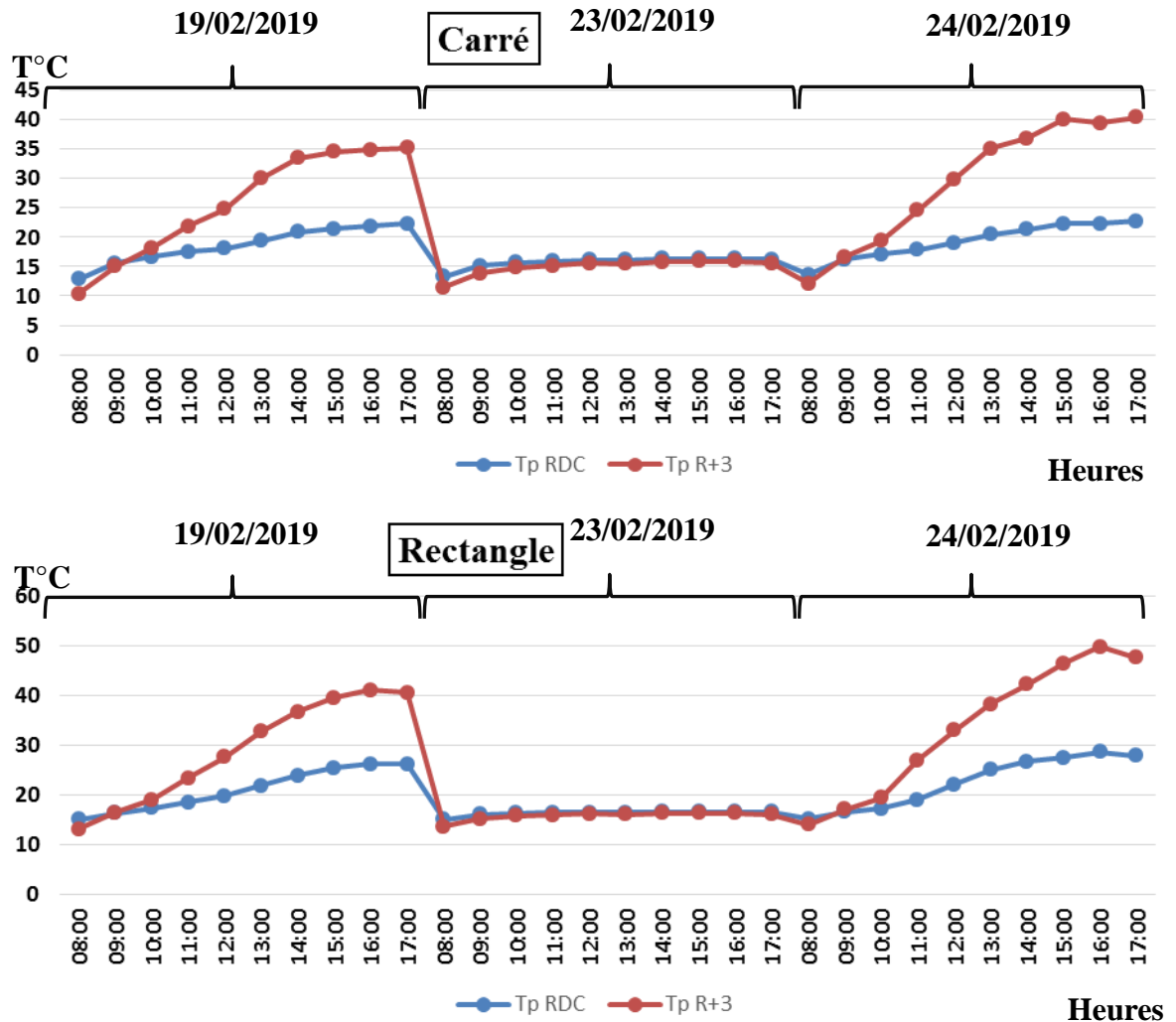


Figure IV. 17 : La température radiative moyenne (R+3 Double vitrage) carré et rectangle.
Source : auteur.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST3 varie de 13°C à 8:00h jusqu'à 26,22°C à 17:00h, sauf le 23/02/2019 qui est un jour caractérisé par un ciel nuageux partiellement.

Pour les sondes de niveau R+3 ST3 et ST4 les valeurs varient de 13°C à 8:00h jusqu'à 49°C à 17:00h.

L'augmentation de température au niveau (R+3) dans les deux maquettes par rapport niveau (RDC) sert aux surfaces des parois exposées aux rayons solaires.

6.1.4 Evolution de l'écart

Les graphes suivants montrent l'évolution de l'écart de la température et l'humidité entre sondes durant le troisième jour de mesure (24/02/2019).

- Cas N°01 Atrium à forme de base carré avec surface de verrière double vitrage

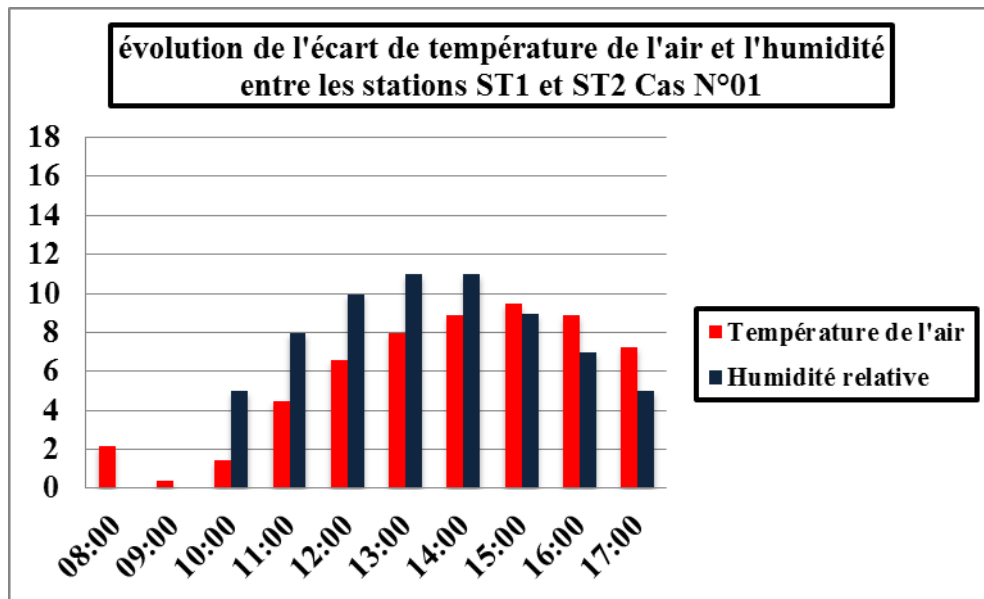


Figure IV. 18 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST1 et ST2 cas N°01. Source : auteur.

- Cas N°02 Atrium à forme de base rectangulaire avec surface de verrière double vitrage

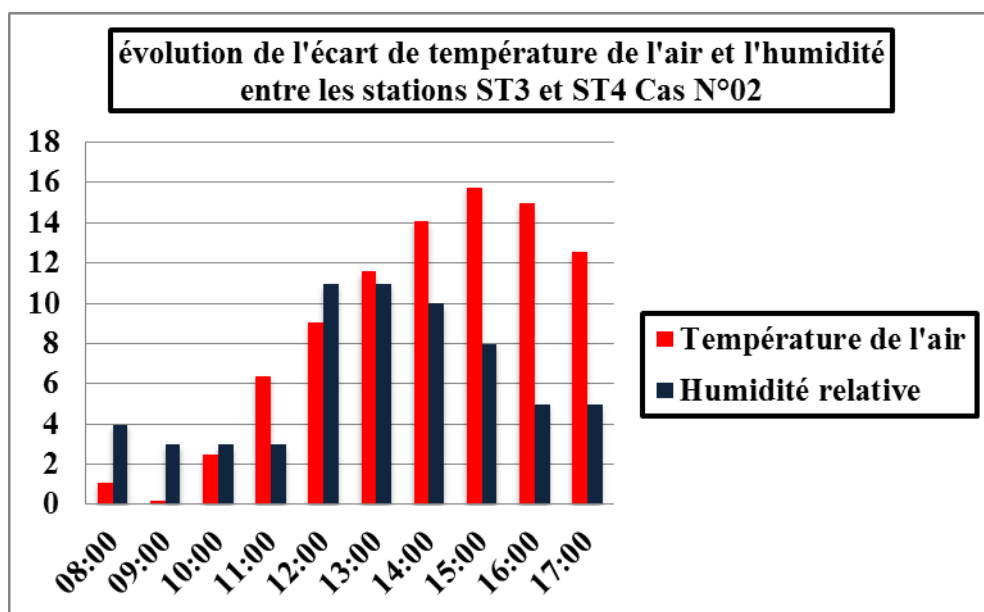


Figure IV. 19 : évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°02. Source : auteur.

La différence de température entre les stations ST1 et ST2 à 15 :00h atteint 9.5°C dans le cas N°01 et 15.8°C entre les stations ST3 et ST4. Cette valeur est attribuée au fait que la température enregistrée par la station ST2 sous le vitrage diverge par rapport au reste des températures enregistrées au niveau bas. Cet écart dépend de la quantité des gains solaires reçus dans chaque niveau, et naturellement, la zone la plus élevée, elle est la plus exposée à ces gains, qui induit la hausse de la température ¹.

La différence de l'humidité entre les stations ST1 et ST2, ST3 et ST4 à 13:00h atteint **11%** comme valeur maximale dans les deux cas.

Ces différences démontrant ainsi une stratification des humidités relatives en corrélation avec la stratification des températures de l'air déjà constatée dans les mesures des températures.

N.B les deux cas d'études restent de gabarits R+3 sont à l'annexe IV N°01.

6.2 Station de mesure des maquettes R+1

- Maquette isolé hermétiquement (adiabatique) de gabarits (R+1) a base carré avec une surface de verrière par le polycarbonate, ainsi l'angle d'inclinaison de 43° orienté Sud-Ouest. (Cas N°01).
- Maquette isolé hermétiquement (adiabatique) de gabarits (R+3) a base rectangulaire avec une surface de verrière par le polycarbonate, ainsi l'angle d'inclinaison de 43° orienté Sud-Ouest. (Cas N°02).

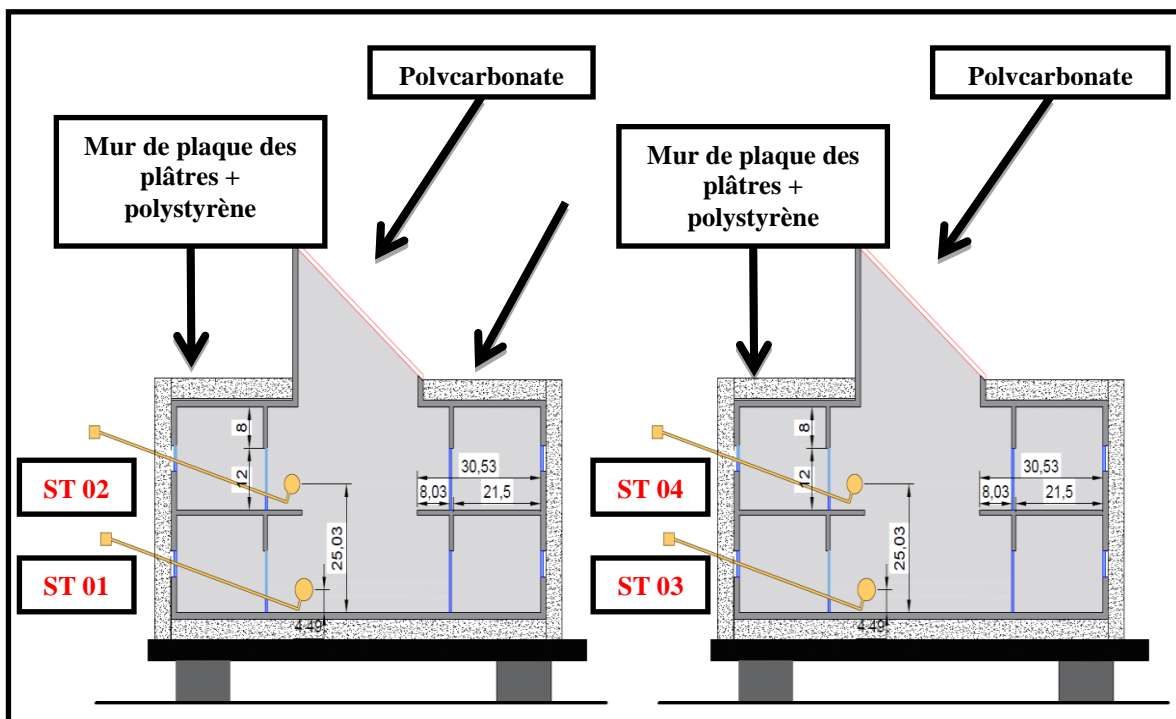


Figure IV. 20 : positionnement des stations des mesures R+1.
Source : auteur.

¹ AYOUB, IZARD, 1994

Station	Dans le vide d'atrium RDC	Dans le cursive R+1
Station 01 et ST 03	Hauteur 4.5 cm	Hauteur 4.5 cm
Station 02 et ST04	Hauteur 25 cm	Hauteur 25 cm

Tableau IV. 3 : hauteur des stations cas R+1.

Source : auteur.

6.2.1 La température de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les levés de mesures entre 03/03/2019 et 05/03/2019 sur les maquettes de gabarits (R+1), Ainsi que les résultats de simulations sur les maquettes.

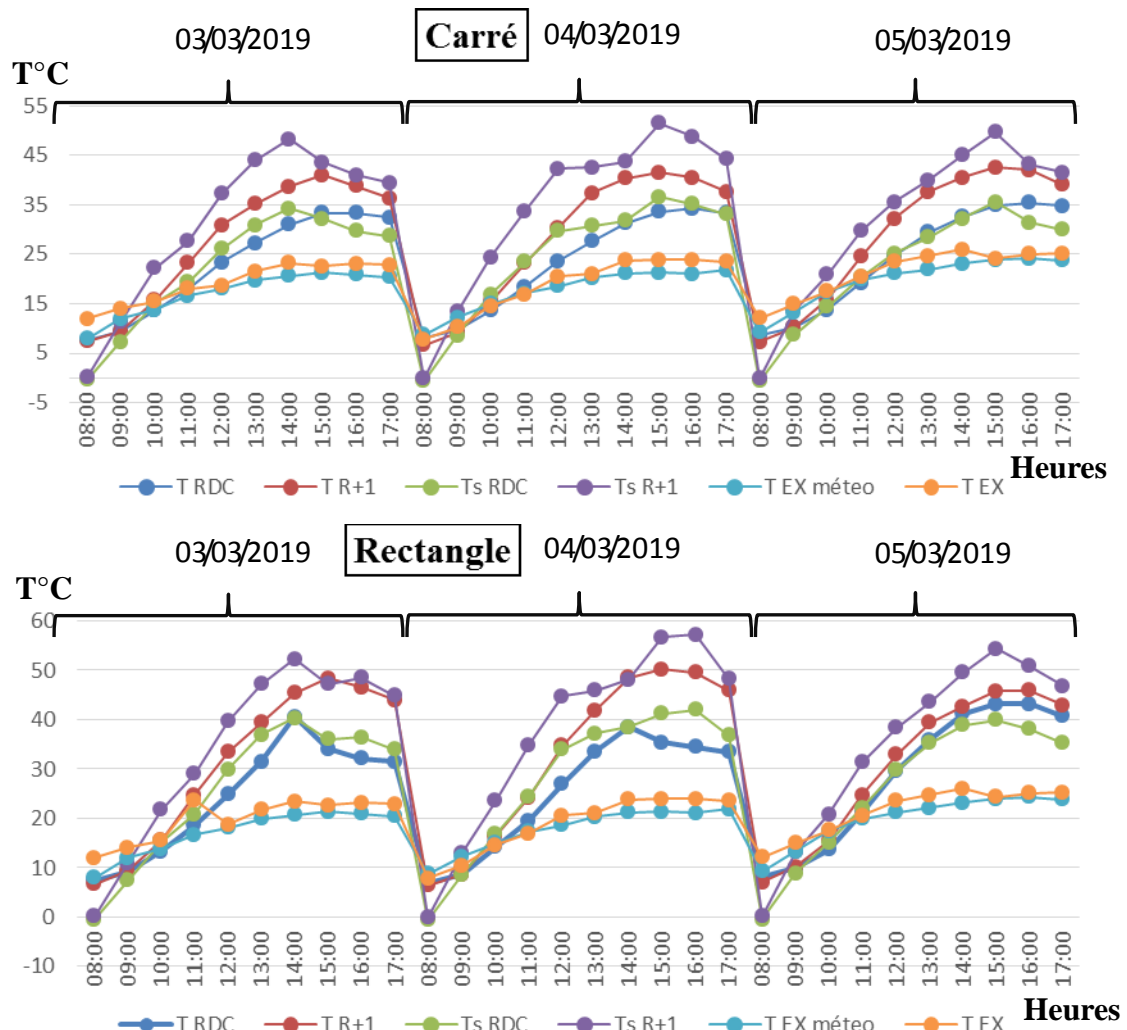


Figure IV. 21 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle.

Source : auteur.

Pour le cas N°01 Forme de base carré

Les courbes des graphes sont très similaires entre les valeurs de mesures et de simulations avec une tolérance maximale de **0 à 07 °C**.

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures inférieure de l'extérieur de 8:00 h jusqu'à 12:00h et de 12:00h à 17:00h les sondes marquent des valeurs de température supérieure que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 15:00** de **32.2°C** le 03/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **33.6°C** le 04/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **35.55°C** le 05/03/2019 où **Tex 24.2°C**.
- Les sondes de niveau (R+1) durant les trois jours marquent des valeurs de température inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 10:00h, de 10:00h à 17:00h les sondes de (R+1) marquent des valeurs supérieures que la température extérieure avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de **41°C** le 03/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **41.5°C** le 04/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **49.66°C** le 05/03/2019 où **Tex 24.2°C**.

Pour le cas N°02 Forme de base rectangulaire

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 11:00h et de 11:00h à 17:00h les sondes marquent des valeurs de température supérieure que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 15 :00** de **34°C** le 03/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **35.3°C** le 04/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **39.87°C** à 15 :00h le 05/03/2019 où **Tex 24.2°C**.
- Les sondes de niveau (R+1) durant les trois jours marquent des valeurs de température inférieure de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 10:00h, de 10:00h à 17:00h les sondes de (R+1) marquent des valeurs supérieures que la température extérieure avec des valeurs maximales à l'heure 15 :00h de **47.13°C** le 03/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **50.1°C** le 04/03/2019 où **Tex 21.3°C** et **45.7°C** le 05/03/2019 où **Tex 24.2°C**.

La température enregistrée dans les stations ST1 et ST2 dans les deux dépasse celle de l'extérieur à partir de 11:00h. Cette surchauffe à l'intérieur de l'atrium est causée par le phénomène de l'effet de serre induit par la surface vitrée de la surface vitrée de l'atrium. C'est le principe du gain solaire tel qu'il existe à travers n'importe quelle surface vitrée. Les matériaux dits transparents ou translucides laissent en grande partie traverser le rayonnement solaire incident.

6.2.2 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivantes montre les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrés par mesures et par simulations dans les stations ST1 et ST2 et ST3 et ST4 des maquettes (R+1) avec surface vitré par le polycarbonate en plus l'extérieur.

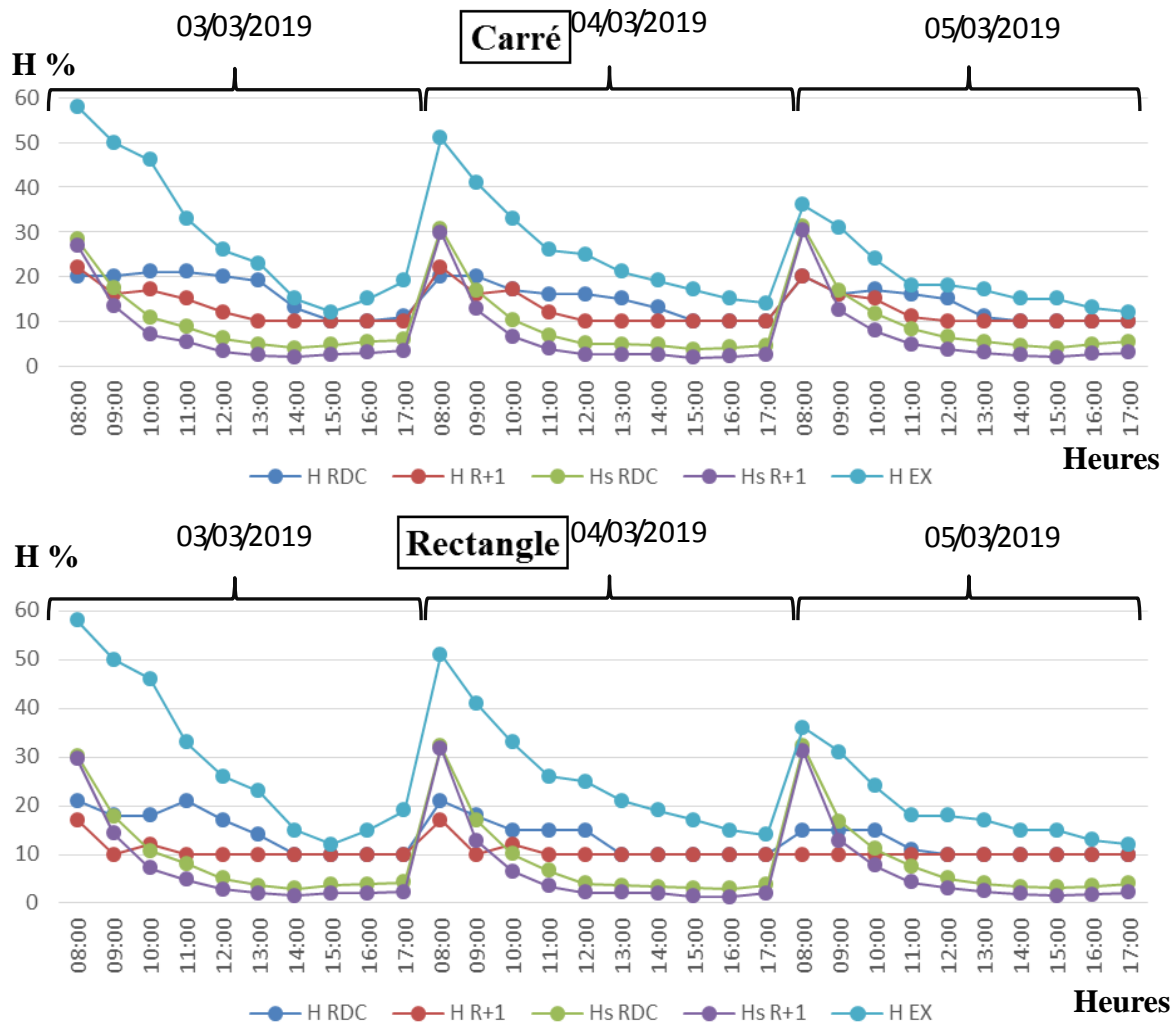


Figure IV. 22 : L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle.
Source : auteur.

Durant les trois jours les courbes de l'humidité de l'air varient de **58%** le 03/03/2019 à 8:00h jusqu'à **12%** le 05/03/2019 à 17:00h.

Les humidités relatives de l'air enregistrées à l'intérieur de l'espace atrium dans les différentes stations de mesures, tracent des courbes qui suivent la même allure que la courbe des humidités relatives enregistrées à l'extérieur, mais avec des valeurs inférieures.

Les valeurs des humidités relatives à l'intérieur sont enregistrées dans la station ST2 et ST4 dans les deux cas situés au niveau première étage, avec un maximum de **17%** à 8h le 03/03/2019, et un minimum de **10%** à 17h le 05/03/2019. Et les valeurs qui sont enregistrées au niveau de la station ST1 et ST3 situés au RDC, avec un maximum de **21%** à 08:00h le 03/03/2019, et un minimum de **10%** à 17h le 05/03/2019.

6.2.3 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude (02) maquettes de gabarits R+1 avec deux section d'atrium différents l'un carré et l'autre et rectangulaire de surface de verrière par le polycarbonate.

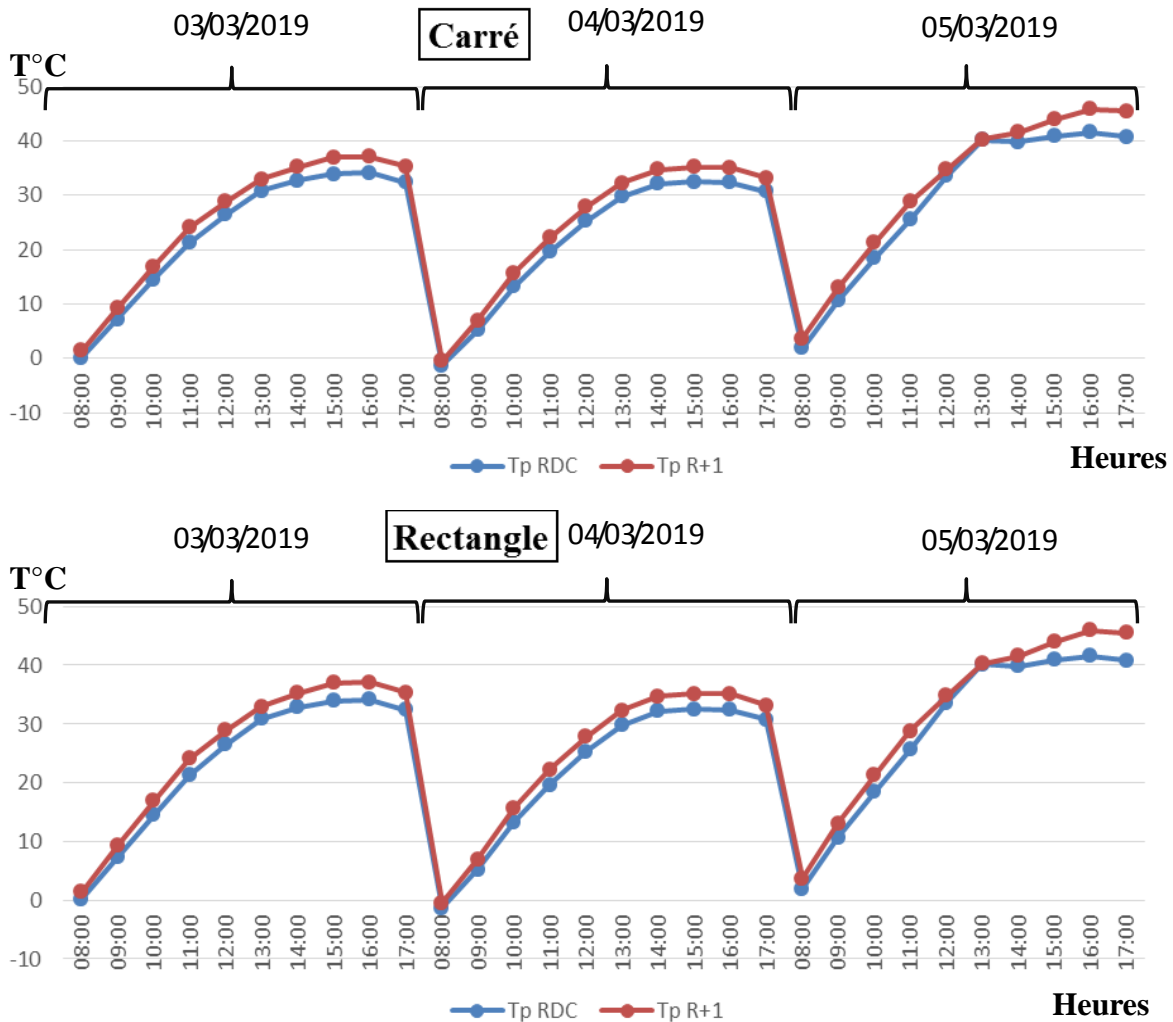


Figure IV. 23 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate) carré et rectangle.

Source : auteur.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST3 varie de 1°C à 8 :00h jusqu'à 34.13°C à 17 :00h, sauf le 05/03/2019 qui est un jour caractérisé par un ciel clair totalement où les sondes ST1 et ST3 marquent 41.56°C à 16 :00h.

Pour les sondes de niveau R+1 ST3 et ST4 les valeurs varient de 1°C à 8:00h jusqu'à 37°C à 17:00h.

L'augmentation de température au niveau (R+1) et niveau (RDC) dans les deux maquettes sert aux surfaces des parois exposées aux rayons solaires. (Maximum des parois exposées).

6.2.4 Evolution de l'écart

Les graphes suivants montrent l'évolution de l'écart de la température et l'humidité entre sondes durant le troisième jour de mesure (24/02/2019).

- Cas N°01 Atrium à forme de base carré avec surface de verrière polycarbonate

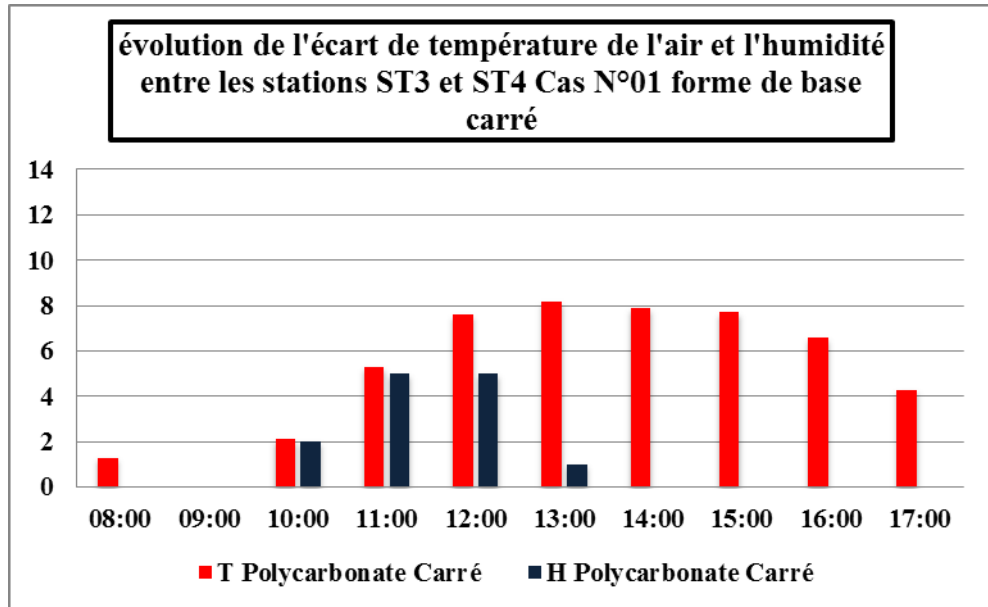


Figure IV. 24 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°01 forme de base carré. Source : auteur.

- Cas N°02 Atrium à forme de base rectangulaire avec surface de verrière polycarbonate

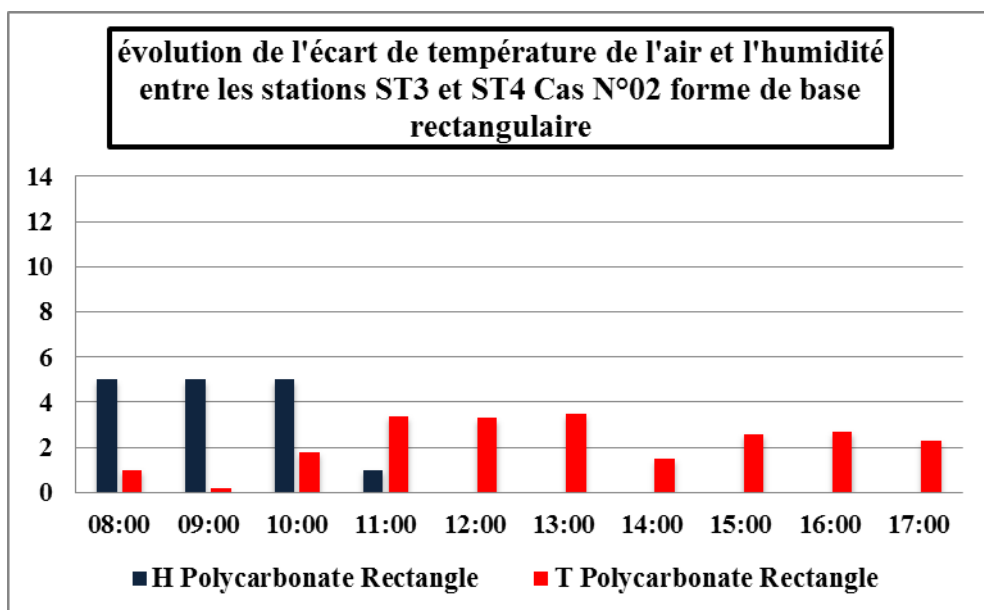


Figure IV. 25 : Évolution de l'écart de température de l'air et l'humidité entre les stations ST3 et ST4 cas N°02 forme de base rectangulaire. Source : auteur.

La différence de température entre les stations ST1 et ST2 à 13:00h atteint **8.2°C** dans le cas N°01 et **3.5°C** entre les stations ST3 et ST4 dans le cas N°02. Cette valeur est attribuée au fait que la température enregistrée par la station ST2 et ST4 sous le vitrage diverge par rapport au reste des températures enregistrées au niveau bas. Cet écart dépend de la quantité des gains solaires reçus dans chaque niveau, et naturellement, la zone la plus élevée, elle est la plus exposée à ces gains, qui induit la hausse de la température.

La différence de l'humidité entre les stations ST1 et ST2, ST3 et ST4 à 11:00h et 12 :00h atteint **5%** comme valeur maximale dans le cas N°01, et pour le cas N°02 la valeur maximale atteint **5%** durant les trois heures de 8:00h à 10:00h.

Ces différences démontrant ainsi une stratification des humidités relatives en corrélation avec la stratification des températures de l'air déjà constatée dans les mesures des températures.

N.B les deux cas d'études restent de gabarits R+1 sont à l'annexe IV. N°02

7. Evaluation du confort thermique intérieur

Comparaison des températures par rapport aux plages de confort.

Nous avons pris la plage de confort selon la formule de (Humphery) .

$$(T \text{ confort} = 11.9 + 0.534T_0)$$

Pour le mois de Février qui caractérisée par température moyenne de **9,4°C**, la température cibler du confort est de **16.92°C** avec limite supérieur de **19°C** et limite inférieur de **15°C**. **Voir l'annexe IV N°03**

D'après les données climatiques de météo Laghouat et les mesures de température extérieure, le jour le plus froid durant la période des mesures hivernale est le 25/02/2019 avec un pic à 15:00h de 10°C, c'est pour cela nous avons pris cette journée comme un jour de comparaison entre les différents cas d'étude.

Les différents scénarios sont simulés à la même journée le 25/02/2019 afin les comparer avec la plage du confort de mois de Février.

7.1 Comparaison entre les températures de l'air interne des cas d'étude de gabarits (R+3)

Les graphes suivants montrent la comparaison de la température de l'air interne par rapport la plage du confort le 25/02/2019, les différents cas d'étude de gabarits (R+3). Les cas les plus défavorables durant cette période sont le double vitrage et le polycarbonate intégré à l'atrium de forme carré. Cela s'explique par l'emménagement de la fraîcheur nocturne, qui et qui n'est dissipée qu'à partir de 14H30. La forme rectangulaire de la verrière présente une surface vitrée plus grande que celle du carré, ce qui favorise la pénétration des rayons solaires, par conséquent un réchauffement rapide de l'espace.

Comparaison de la température de l'air interne des différents scénarios (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery)

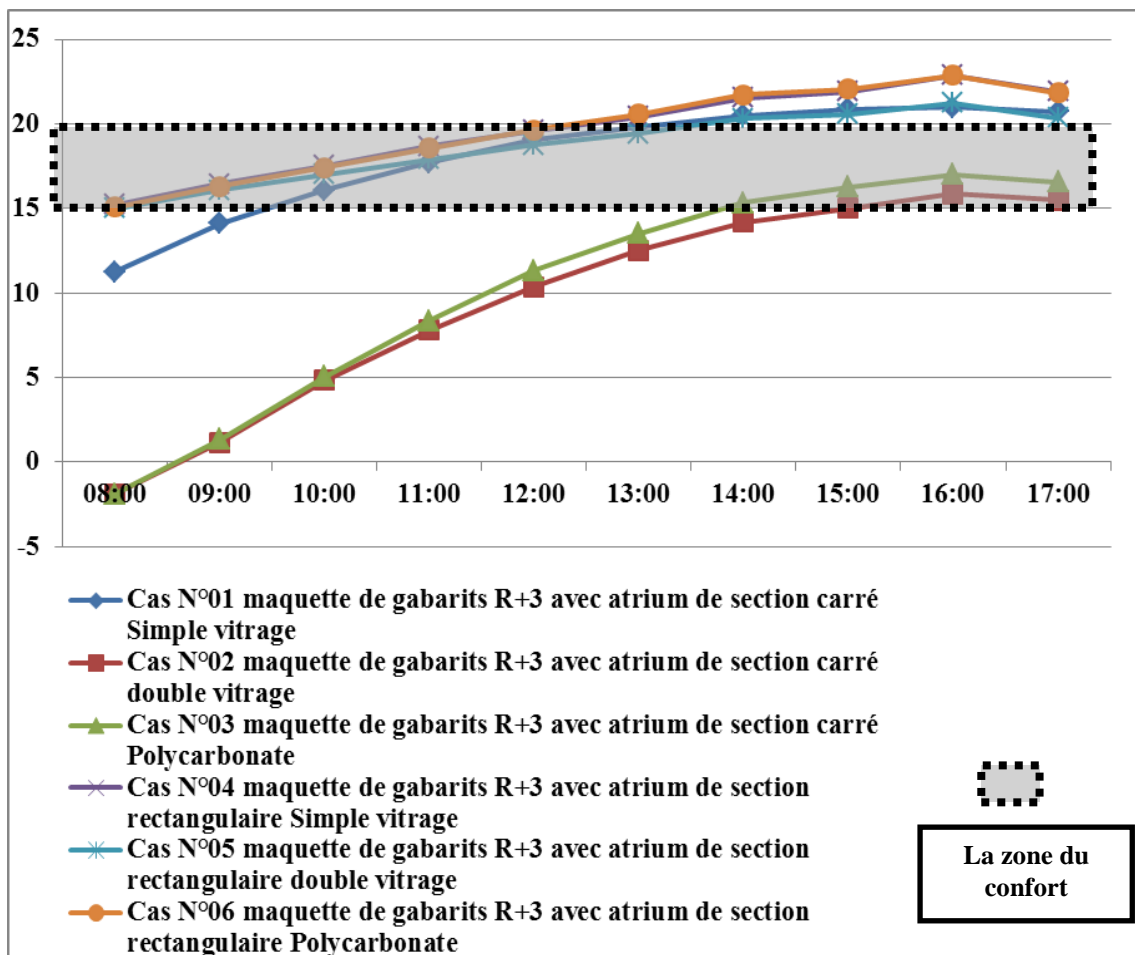


Figure IV. 26 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery) . Source : auteur.

7.2 Comparaison entre les températures de l'air interne des cas d'étude de gabarits R+1

Les graphes suivants montrent la comparaison de la température de l'air interne par rapport la plage du confort le 25/02/2019, les différents cas d'étude de gabarits (R+1). L'atrium de section rectangulaire avec un double vitrage atteint la zone du confort à 11H30, alors que les autres cas l'atteignent à partir de 13H à 14h. Un phénomène qui s'explique par le gain solaire rapide avec un dissipé lent.

Comparaison de la température de l'air interne des différents scénarios (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery)

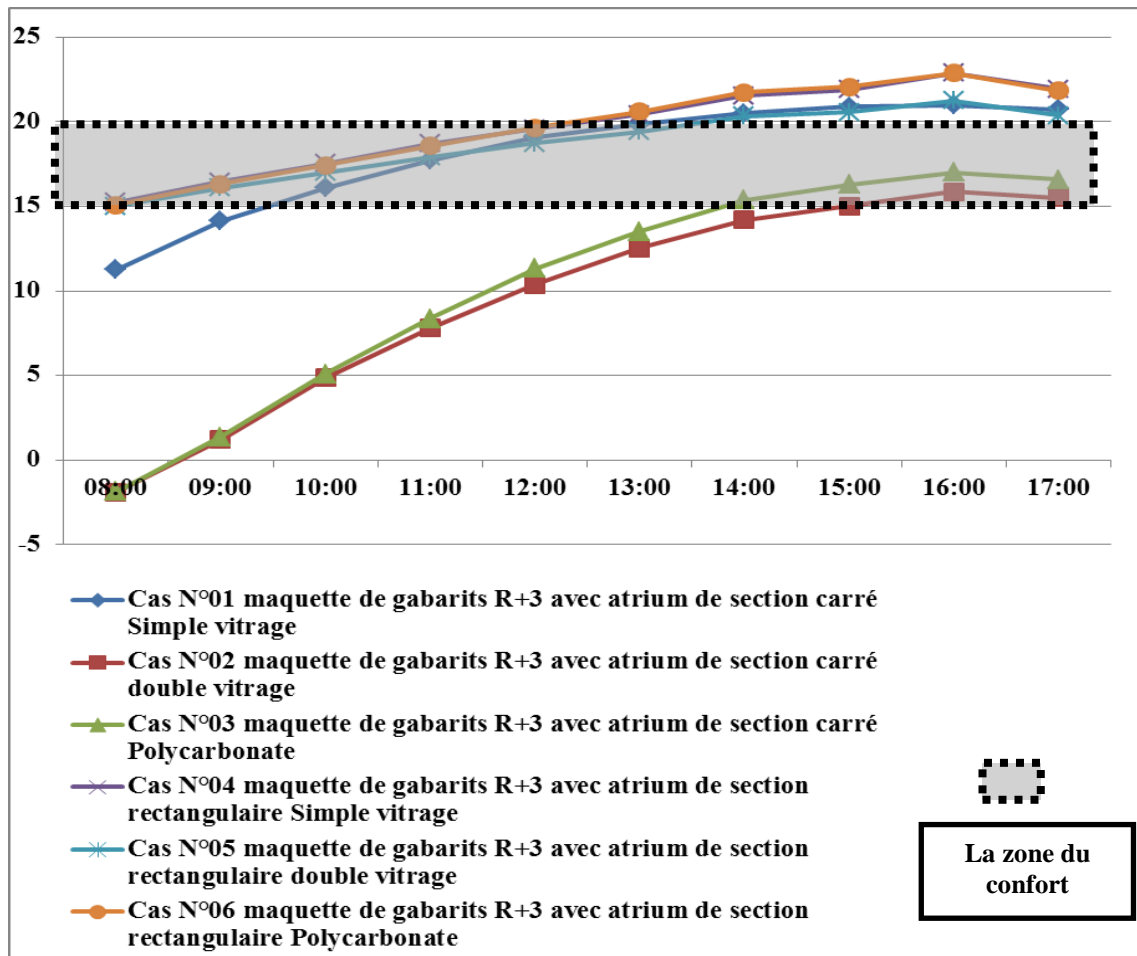
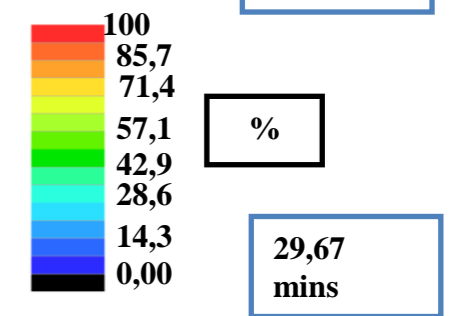
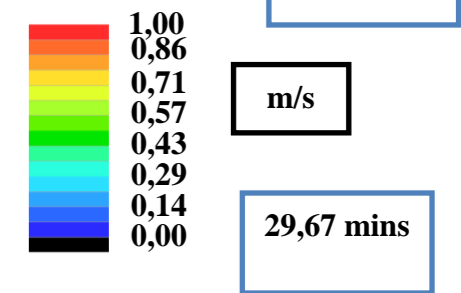
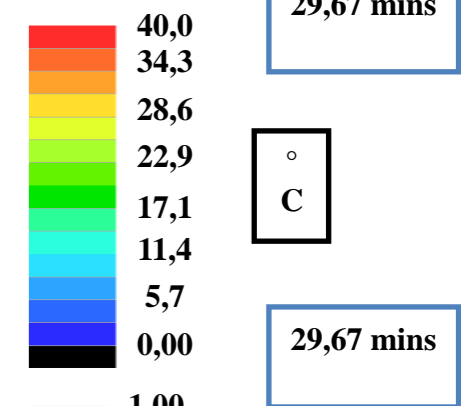
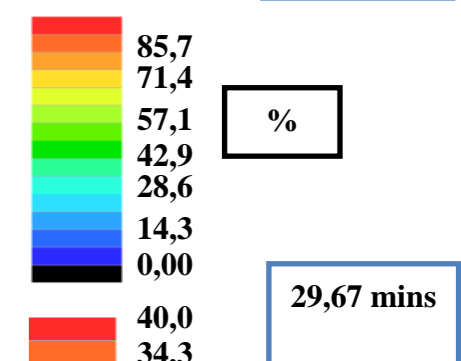
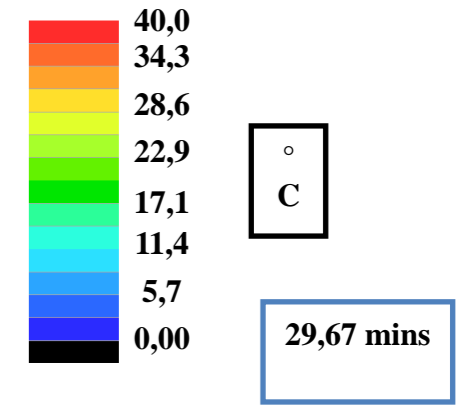
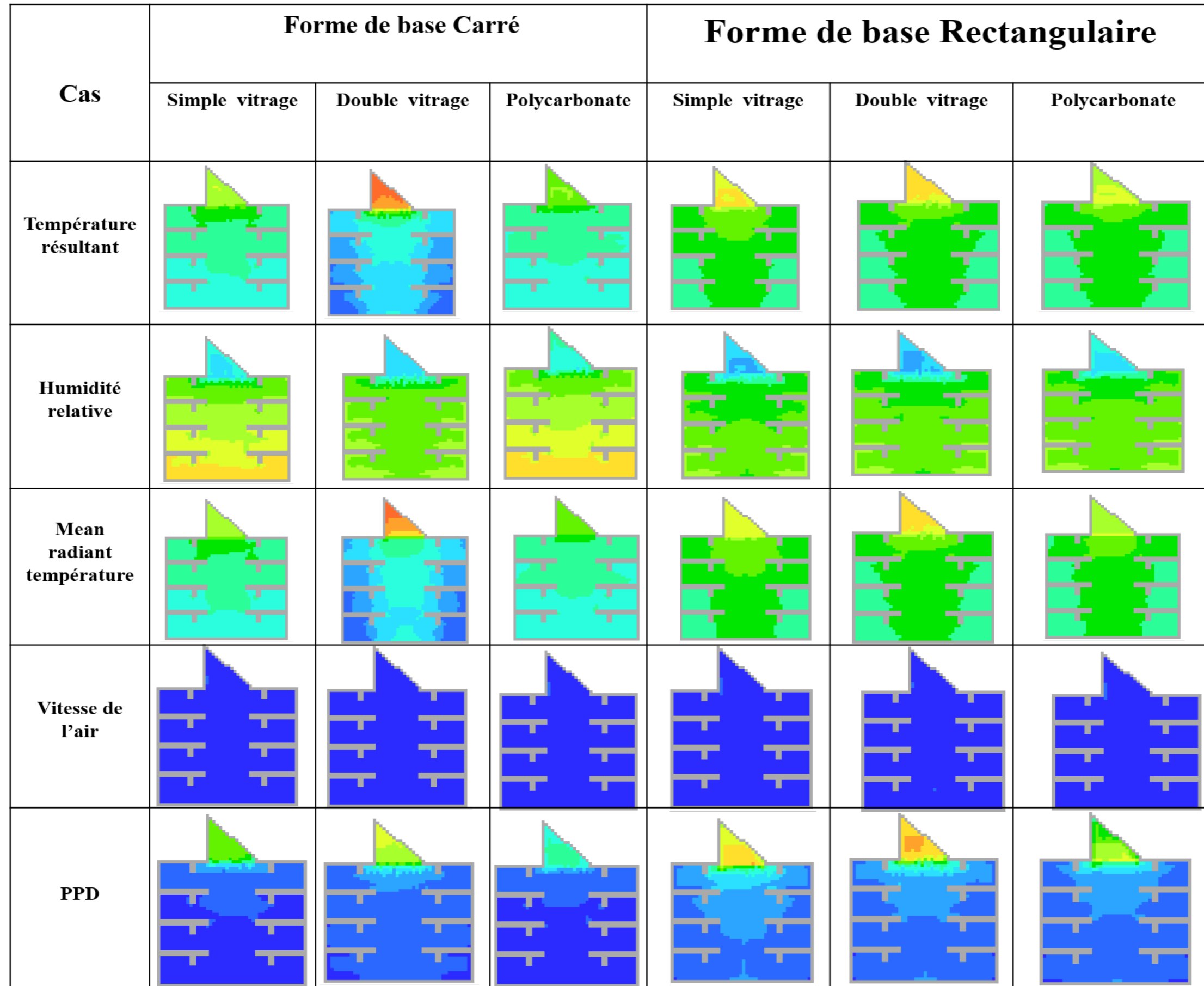


Figure IV. 27 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+1) avec les limites de confort pour le mois de Février (Humphery) . Source : auteur.

Les coupes Tas ambiens cas R+3



8. Evaluation du confort thermique par TAS AMBIEN

Ces vérifications sont menées durant la journée la plus froide des mesures, qui correspond au 25 Février à 15h avec une température extérieure de 10°C.

La figure A montré les indices du confort thermique dans les maquettes de gabarit R+3.

D'après les observations, nous avons remarqués que la maquette qui a la combinaison de forme de base carrée avec le polycarbonate est le cas le plus proche du confort puis la forme de base rectangulaire avec le polycarbonate, la maquette qui a la combinaison de simple vitrage au forme de base carrée et le plus défavorable.

La figure B montre les indices du confort thermique dans les maquettes de gabarit R+1.

D'après les observations, nous avons remarqués que la maquette qui a la combinaison de forme de base carrée avec le simple vitrage est le cas le plus proche du confort puis la forme de base rectangulaire avec le simple vitrage, la maquette qui a la combinaison de double vitrage au forme de base carrée et le plus défavorable, ces résultats sont conséquence d'un jour froid et ensoleillée.

9.Evaluation de consommation énergétique

Le tableau ci-dessous montre les différentes charges énergétiques annuelles. Pour le chauffage, le meilleur cas de figure reste la forme carrée avec un double vitrage pour les deux gabarits. Pour la climatisation, les meilleurs scénarios restent l'utilisation du polycarbonate avec une forme carrée pour le R+1 et rectangulaire pour le R+3.

Les charges annuelles par KW-h/M²					
Cas	Type de charge	R+3		R+1	
		Forme de base		Forme de base	
	KWh/m²	Carré	Rectangulaire	Carré	Rectangulaire
Simple vitrage	Chauffage	89,46	101,59	45,89	52,59
	refroidissement	80,03	112,07	61,72	72,37
	Humidifie	0,00	0,00	0,00	0,00
	Déshumidifie	0,18	0,36	0,11	0,37
	Total	169,67	214,02	107,72	125,32
Double vitrage	Chauffage	87,97	97,64	42,98	48,64
	refroidissement	79,57	111,54	60,86	72,34
	Humidifie	0,00	0,00	0,00	0,00
	Déshumidifie	0,19	0,36	0,12	0,36
	Total	167,73	209,54	103,96	121,35
Polycarbonate	Chauffage	89,06	100,66	45,19	22,42
	refroidissement	63,39	70,28	47,75	14,10
	Humidifie	0,00	0,00	0,00	0,00
	Déshumidifie	0,17	0,40	0,20	0,52
	Total	152,61	171,34	93,14	37,04

Tableau IV. 4 : Les charges annuelles.
Source: auteur.

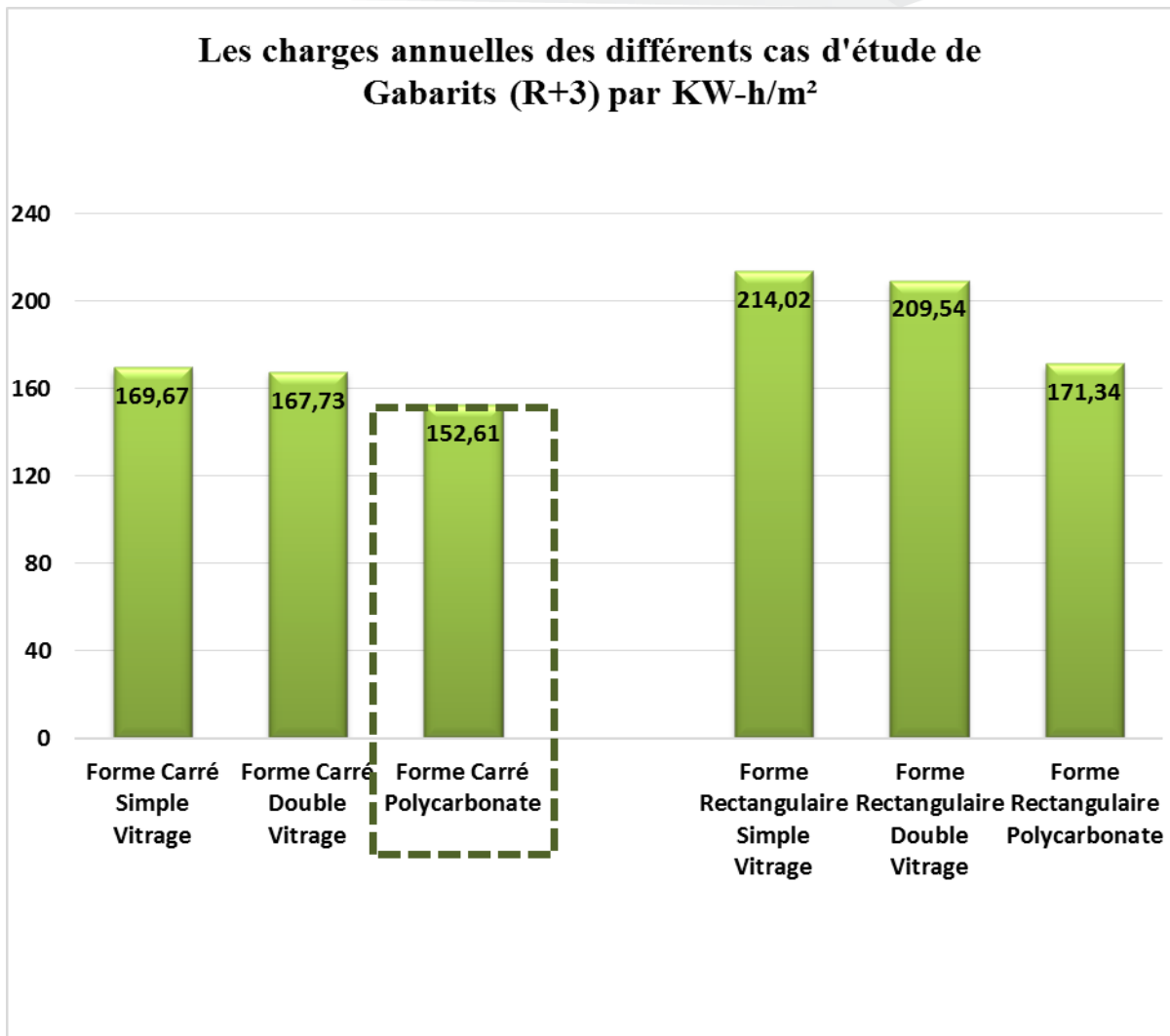


Figure IV. 28 : Les charges annuelles des différents cas d'étude de Gabarits (R+3).
Source : auteur.

Sur le plan de la consommation énergétique annuelle, Le graphe ci-dessous montre que pour un gabarit de R+1, l'atrium de forme carrée doté d'une verrière en polycarbonate accuse une consommation moindre par rapport aux autres cas. Au niveau du gabarit de R+3, la meilleure configuration illustrée ci-dessus avec une forme carrée dotée d'un verre en polycarbonate.

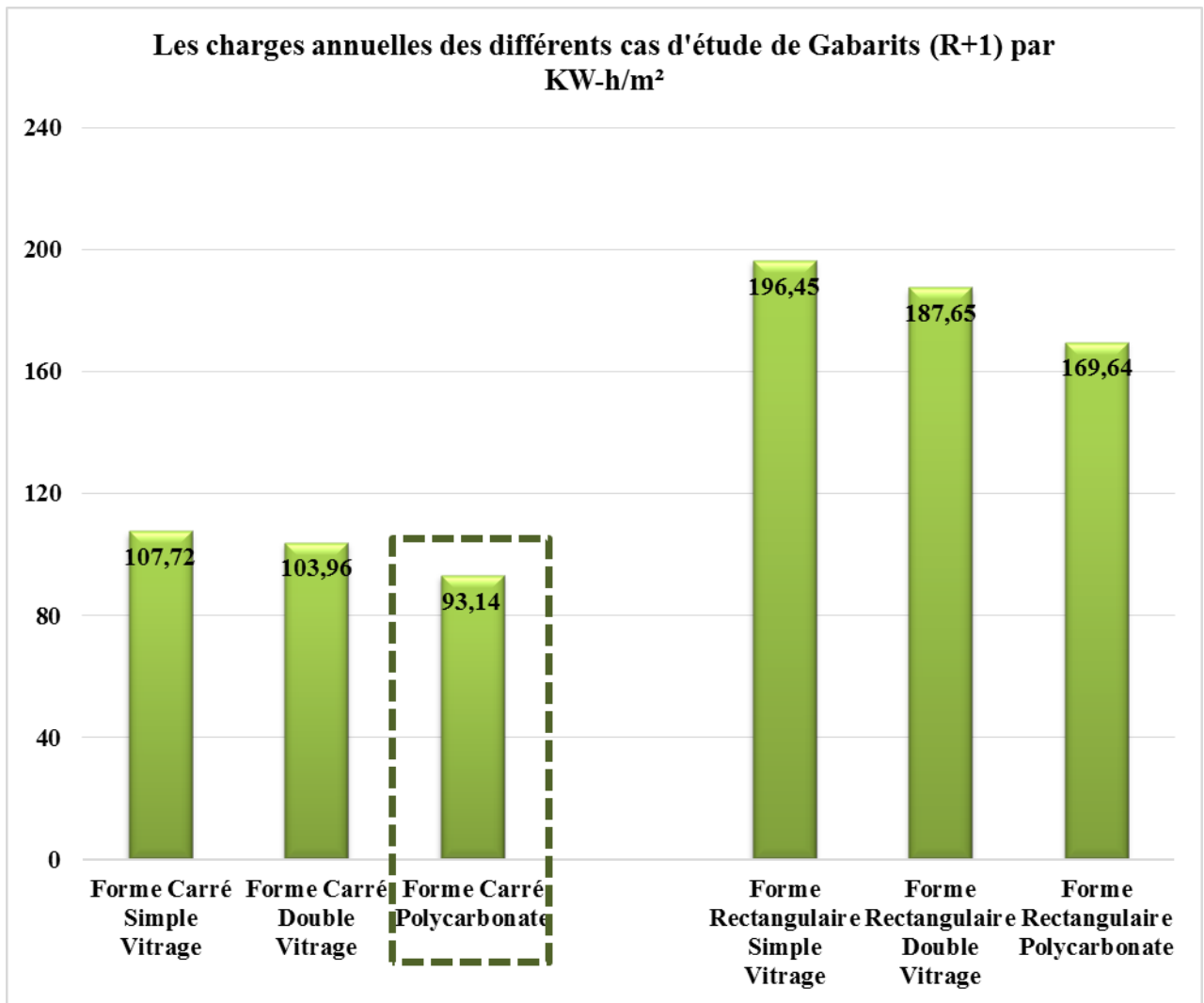


Figure IV. 29 : Les charges annuelles des différents cas d'étude de Gabarits (R+1).
Source : auteur.

A black trapezoidal shape pointing to the right, with a white geometric pattern of overlapping lines on its left side. The text "Partie B" is centered within the black area.

Partie B

9.L'impact de ventilation sur le comportement thermique au période estivale

La période de mesure de l'été était du 09/06/2019 jusqu'à le 22/06/2019.

Les scénarios de mesures des maquettes

De **09/06/2019 à 11/06/2019** (02) deux maquette de (R+3) avec surface vitrée d'atrium en double vitrage, l'un de section de base carré et l'autre rectangulaire, ainsi (02) deux maquettes de (R+1) avec une surface vitrée en polycarbonate, les maquettes étaient isolées hermétiquement.

Le 12/06/2019

- Vérification de ventilation par tirage thermique sur les maquettes (R+3) avec surface vitré par le double vitrage.
- Vérification de ventilation par tirage thermique sur les maquettes (R+1) avec surface vitré par le polycarbonate.

Le 13/06/2019

- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes plus l'effet de tirage thermique sur les maquettes (R+3) avec surface vitré en double vitrage.
- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes plus l'effet de tirage thermique sur les maquettes (R+1) avec surface vitré en polycarbonate.

Le 15/06/2019

- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes et les fenêtres plus tirage thermique sur les maquettes de gabarits (R+3) avec surface vitrée en double vitrage.
- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes et les fenêtres plus tirage thermique sur les maquettes de gabarits (R+1) avec surface vitrée en polycarbonate.

Le 16/06/2019

- Vérification l'effet de ventilation transversale des portes et fenêtres plus tirage thermique plus la présence de l'eau comme fontaine dans l'espace atrium.

De **17/06/2019 à 18/06/2019** (02) deux maquette de (R+3) avec surface vitrée d'atrium en polycarbonate, l'un de section de base carré et l'autre rectangulaire, ainsi (02) deux maquettes de (R+1) avec une surface vitrée en double vitrage, les maquettes étaient isolées hermétiquement.

Le 19/06/2019

- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes plus l'effet de tirage thermique sur les maquettes (R+3) avec surface vitré en polycarbonate.
- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes plus l'effet de tirage thermique sur les maquettes (R+1) avec surface vitré en double vitrage.

Le 20/06/2019

- Vérification de ventilation par tirage thermique sur les maquettes (R+3) avec surface vitré par le polycarbonate.
- Vérification de ventilation par tirage thermique sur les maquettes (R+1) avec surface vitré par le double vitrage.

Le 20/06/2019

- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes et les fenêtres plus tirage thermique sur les maquettes de gabarits (R+3) avec surface vitrée en polycarbonate.
- Vérification de l'effet de ventilation transversale des portes et les fenêtres plus tirage thermique sur les maquettes de gabarits (R+1) avec surface vitrée en double vitrage.

Le 21/06/2019

- Vérification l'effet de ventilation transversale des portes et fenêtres plus tirage thermique plus la présence de l'eau comme fontaine dans l'espace atrium.

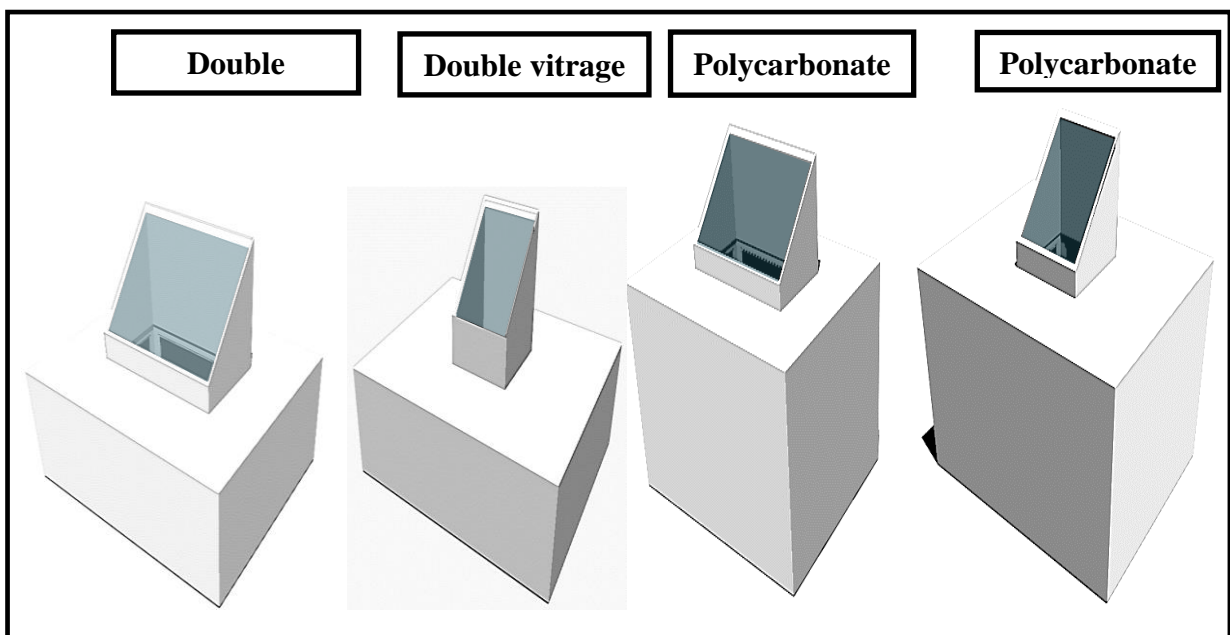
9.1 Les cas d'études isolées hermétiquement

Figure IV. 30 : les maquettes d'étude.
Source : auteur

9.1.1 La température de l'air (R+3 Polycarbonate)

Les graphes qui sont présentes dans la figure suivante montrent la levée des mesures chaque heure plus les simulations de deux niveaux différents et la température extérieure.

Les jours de **17/06/2019** à **19/06/2019** sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement dégagé avec température extérieure variant de **27°C** à **35.5°C** durant les heures de 8:00h à 17:00h.

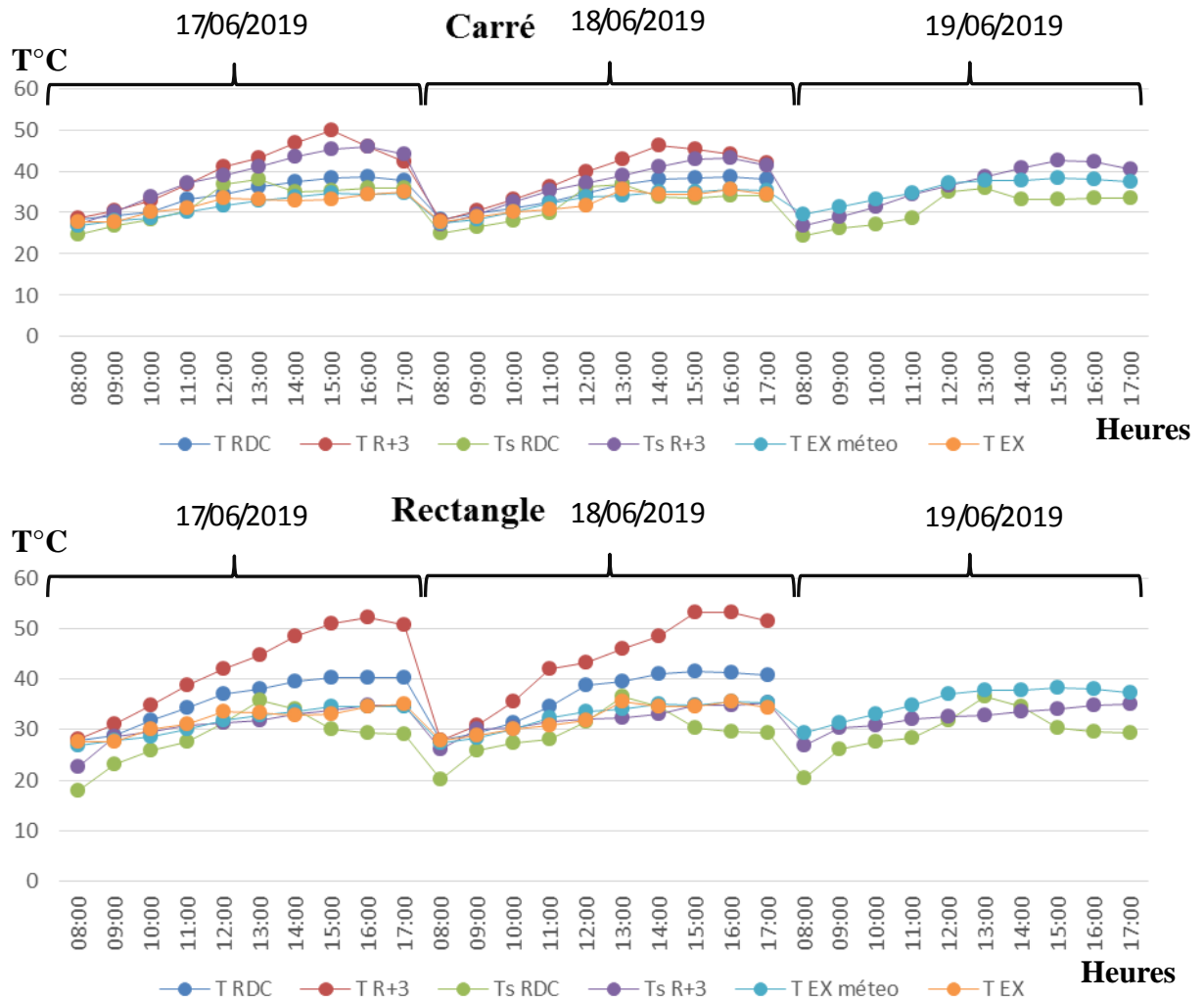


Figure IV. 31 : La température de l'air (R+3 Polycarbonate).
Source : auteur.

Pour le cas N°01 Forme de base carré

Les courbes des graphes sont très similaires entre les valeurs de mesures et de simulations avec une tolérance maximale de **0 à 5 °C**.

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure avec une valeur maximale à l'heure **16:00h** de **38.6°C** le 17/06/2019 où Tex **34.5°C** et **43.13°C** le 18/06/2019 où Tex **35.6°C** et **29°C** le 19/06/2019 où Tex **38°C**.

- Les sondes de niveau (R+3) durant les trois jours marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de **50°C** le 17/06/2019 où Tex **33.1°C** et **46.3°C** le 18/02/2019 à 14:00h où Tex **34.5°C**.

Pour le cas N°02 Forme de base rectangulaire

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures supérieures de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure **16 :00** de **52.3°C** le 17/06/2019 où Tex **34.5°C** et **53.2°C** le 18/06/2019 où Tex **35.6°C**.

- Les sondes de niveau (R+3) durant les trois jours marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h, avec des valeurs maximales à l'heure 16:00h de **52.3°C** le 17/06/2019 où Tex **34.5°C** et **53.2°C** le 18/06/2019 où Tex **35.6°C**.

9.1.2 L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate)

Les graphes suivantes montre les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrés par mesures et par simulations dans les stations ST1 et ST2 et ST3 et ST4 en plus l'extérieur.

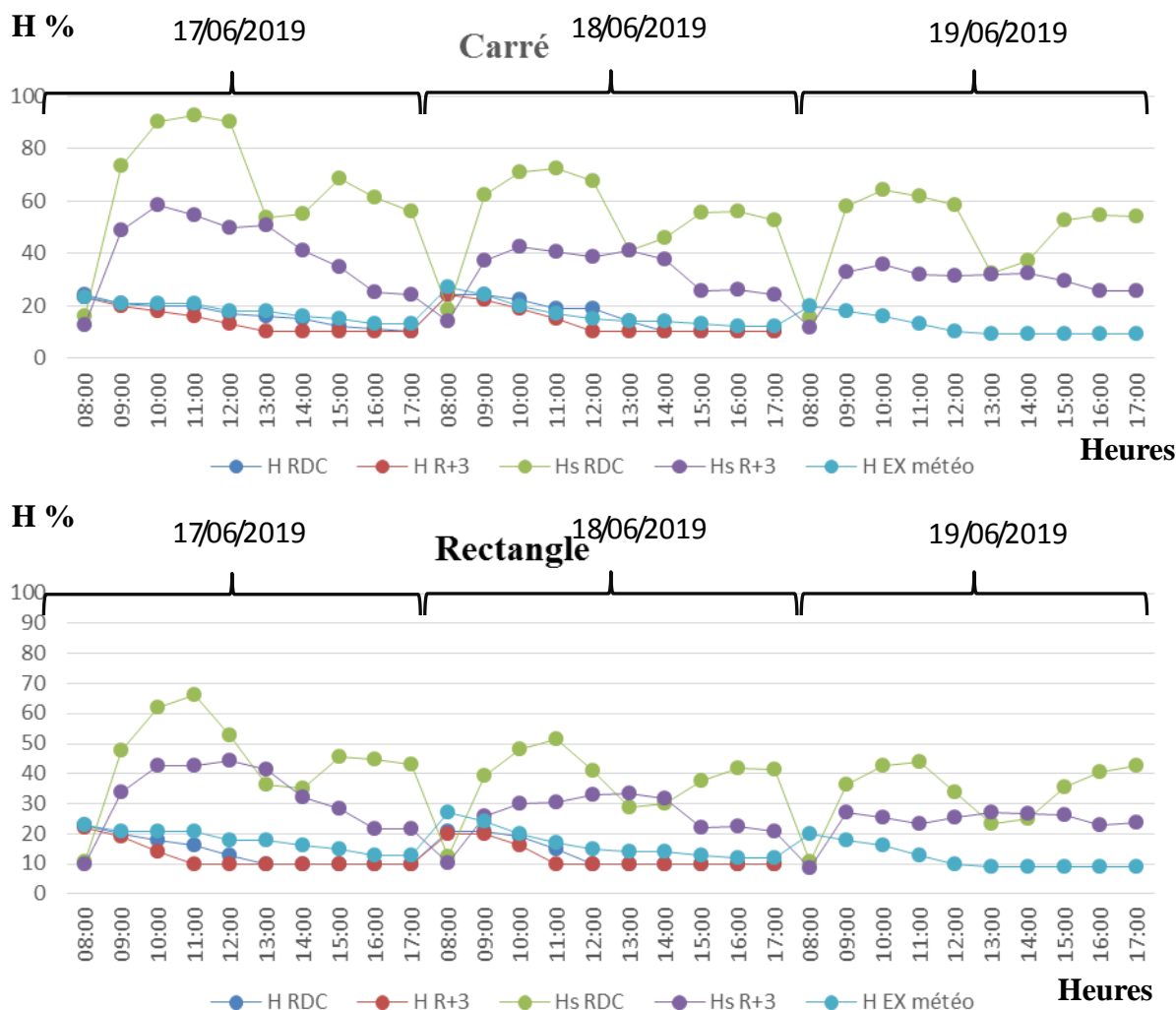


Figure IV. 32 : L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate).
Source : auteur

Durant les trois jours les courbes de l'humidité de l'air varient de 27% le 18/06/2019 à 8:00h à 9% le 18/06/2019 et le 19/02/2019 à 15:00h.

Les humidités relatives de l'air enregistrées à l'intérieur de l'espace atrium dans les différentes stations de mesures, tracent des courbes qui suivent la même allure que la courbe des humidités relatives enregistrées à l'extérieur, mais avec des valeurs inférieures sauf quelques heures qui sont secs où les valeurs de l'humidité à l'intérieur dépassent les valeurs de l'humidité à l'extérieur.

Les valeurs des humidités relatives à l'intérieur sont enregistrées dans les stations ST2 et ST4 dans les deux cas situés au niveau 3eme étage, avec un maximum de 27% à 8h le 18/06/2019, et un minimum de 10% à 15h le 18/02/2019. Et les valeurs qui sont enregistrées au niveau des stations ST1 et ST3 situé au RDC, avec un maximum de 23% à 08:00h le 18/06/2019, et un minimum de 10% à 13h le 18/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST3, d'une valeur de 7% à 11:00h le 18/06/2019.

9-1-3-La température radiant (R+3 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude maquettes de gabarits R+3 avec deux section d'atrium différents l'un carré et l'autre et rectangulaire de surface de verrière par le polycarbonate.

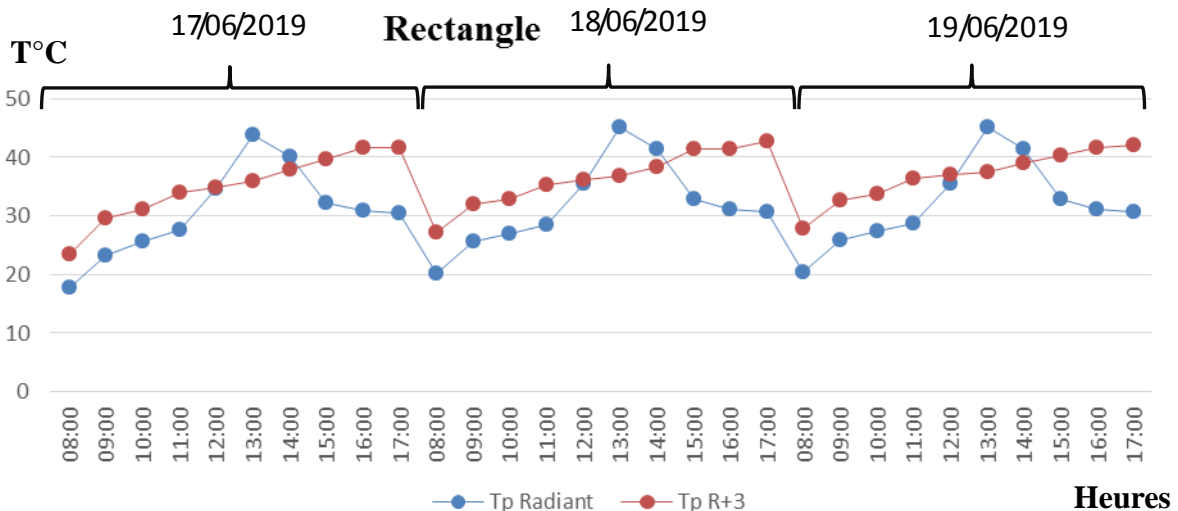
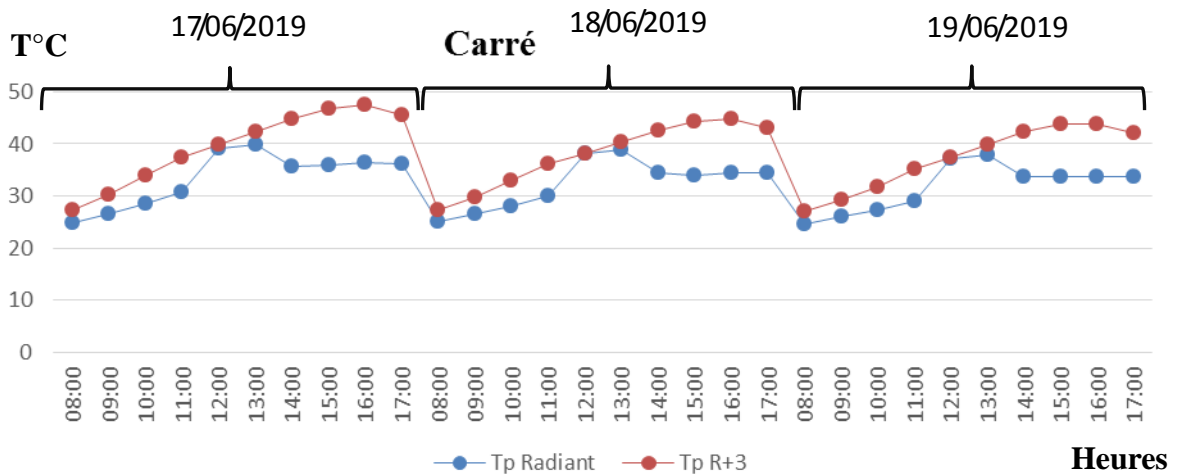


Figure IV. 33 : La température radiant (R+3 Polycarbonate).
Source : auteur.

- La maquette de section d'atrium carré

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 est varié de **24.81°C** à 8 :00h jusqu'à **39.86°C** à 12 :00h le 17/06/2019, le 18/06/2019 **25.03°C** à 8:00h jusqu'à **39.81°C** à 12:00h, le 19/06/2019 **26.07°C** à 8:00h jusqu'à **37.15°C** à 12 :00h.

Pour les sondes de niveau R+3 ST3 les valeurs varient de **13°C** à 8 :00h jusqu'à **41.7°C** à 17 :00h durant les trois jours.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau de sonde ST1 est varié de **24.81°C** à 8 :00h jusqu'à **43.7°C** à 13 :00h le 17/06/2019, le 18/06/2019 **20.14°C** à 8:00h jusqu'à **45.11°C** à 13:00h, le 19/06/2019 **20.48°C** à 8:00h jusqu'à **45.16°C** à 13:00h.

Pour les sondes de niveau R+3 ST3 les valeurs varient de **23.48°C** à 8:00h jusqu'à **42.67°C** à 17:00h durant les trois jours.

L'augmentation de température au niveau (R+3) dans les deux maquettes par rapport niveau (RDC) sert aux surfaces des parois exposées aux rayons solaires.

9-2-La ventilation

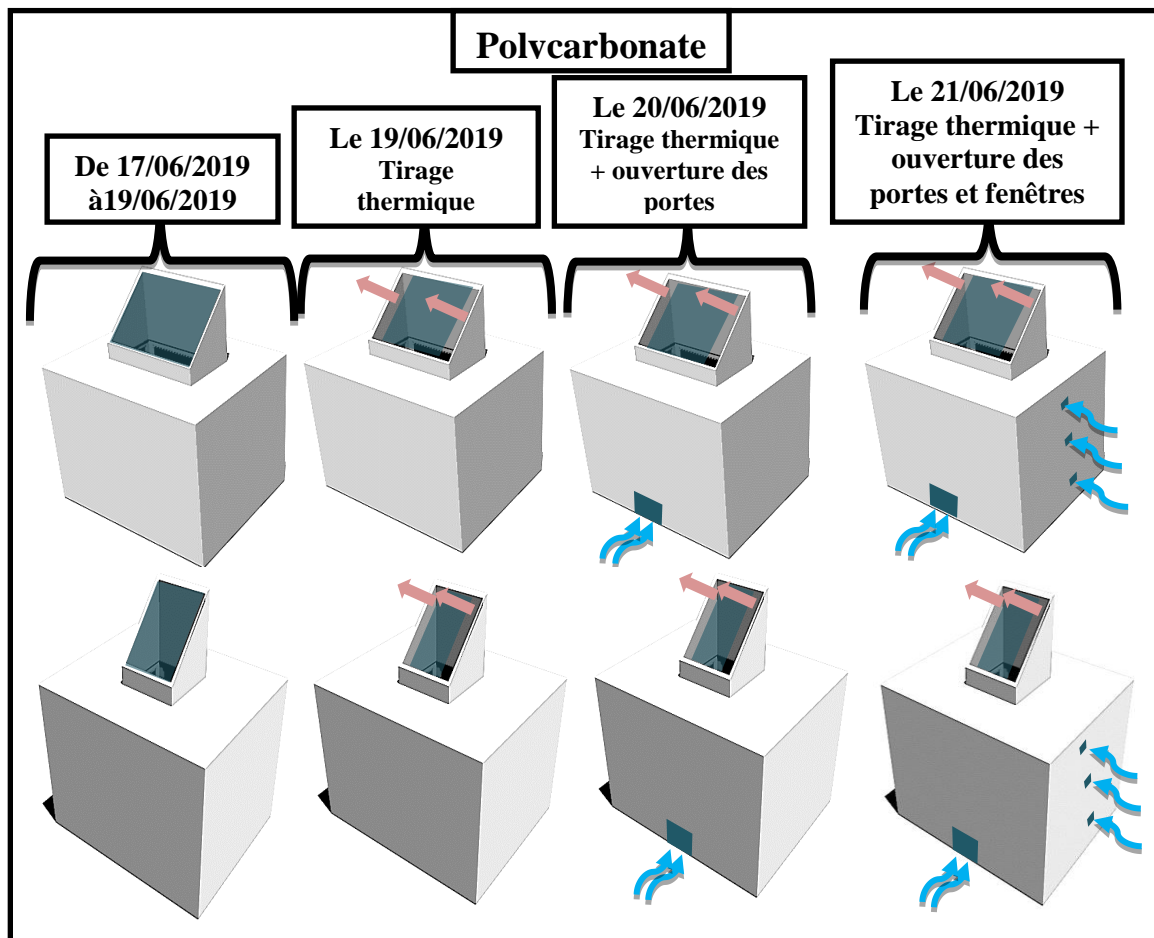


Figure IV. 34 : les techniques de ventilation.
Source : auteur.

Les trois scénarios : (ventilation transversale « porte ») + (tirage thermique) + (ventilation transversale « porte + fenêtre »)

9.2.1 La température de l'air (R+3 Polycarbonate)

Les graphes qui sont présentes dans la figure suivante montrent la levée des mesures chaque heure plus les simulations de deux niveaux différents et la température extérieure.

Les jours de **19/06/2019 ventilée par tirage thermique** et **20/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes** et **21/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes et fenêtres** sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement avec température extérieur variant de **26.08°C** à **37.3°C** durant les heures de 8:00h à 17:00h.

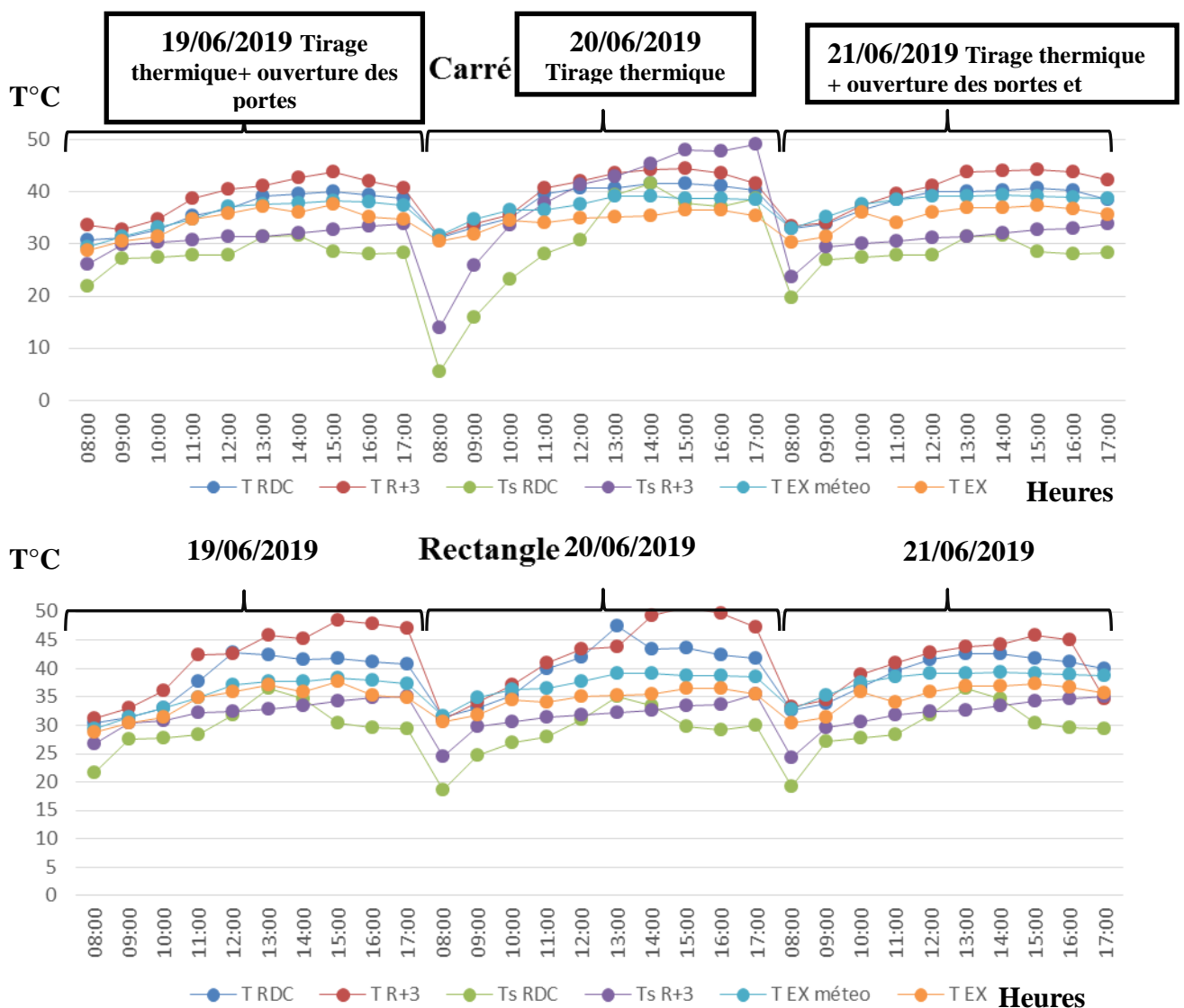


Figure IV. 35 : La température de l'air (R+3 Polycarbonate).
Source: auteur.

Pour cas de maquette R+3 a atrium de section carré avec surface vitrée de polycarbonate :

Ventilée par tirage thermique

- Durant toute la journée nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 12 :00** de **42.6°C** le 19/06/2019 où Tex **35.9°C**.
- Les sondes de niveau (R+3) durant le jour 19/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17 :00 h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **43.7°C** le 19/06/2019 où Tex **37.7°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes

- Durant le jour 20/06/2019 les sondes qui étaient placés au RDC marquent des valeurs supérieures que l'extérieur avec une valeur maximale **41.6°C** le 20/06/2019 où Tex **38.8°C**.
- Les sondes de niveau (R+3) durant le jour 20/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8 :00h jusqu'à 17 :00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **44.4°C** où Tex **38.8°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres

Le **21/06/2019** les sondes qui étaient places au RDC marquent des valeurs supérieures que l'extérieur avec valeur maximale de **40.6°C** à 15:00h.

Les sondes de niveau (R+3) durant le jour 21/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **45.8°C** où Tex **37.7°C**.

Pour cas de maquette R+3 a atrium de section rectangulaire avec surface vitrée de polycarbonate ventilée par tirage thermique :

Ventilée par tirage thermique

- Durant le jour 19/06/2019 où les orifices sont ouverts, nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure avec une valeur maximale à **l'heure 15:00h** de **41.9°C** où Tex **37.7°C**.
- Les sondes de niveau (R+3) durant le jour 19/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de **48.6°C** le 19/06/2019 où Tex **37.7°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes

Le 20/06/2019 l'ouverture des portes et les orifices la sonde de niveau RDC marque une valeur maximale à 15:00h de **43.6°C**, au niveau de R+3 la valeur maximale était à 15:00h de **50.9°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres

Le 21/06/2019 l'ouverture des portes et les fenêtres plus les orifices à la fois la sonde de niveau RDC marque une valeur maximale à 15:00h de **41.7°C** où **Tex 37.3°C**, au niveau de R+3 la valeur maximale était à 15:00h de **45.8°C** où **Tex 37.3°C**.

9-2-2-L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les valeurs de l'humidité durant trois jours avec trois scénarios différents.

Les jours de **19/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes** et **20/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes** et **21/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes et fenêtres**.

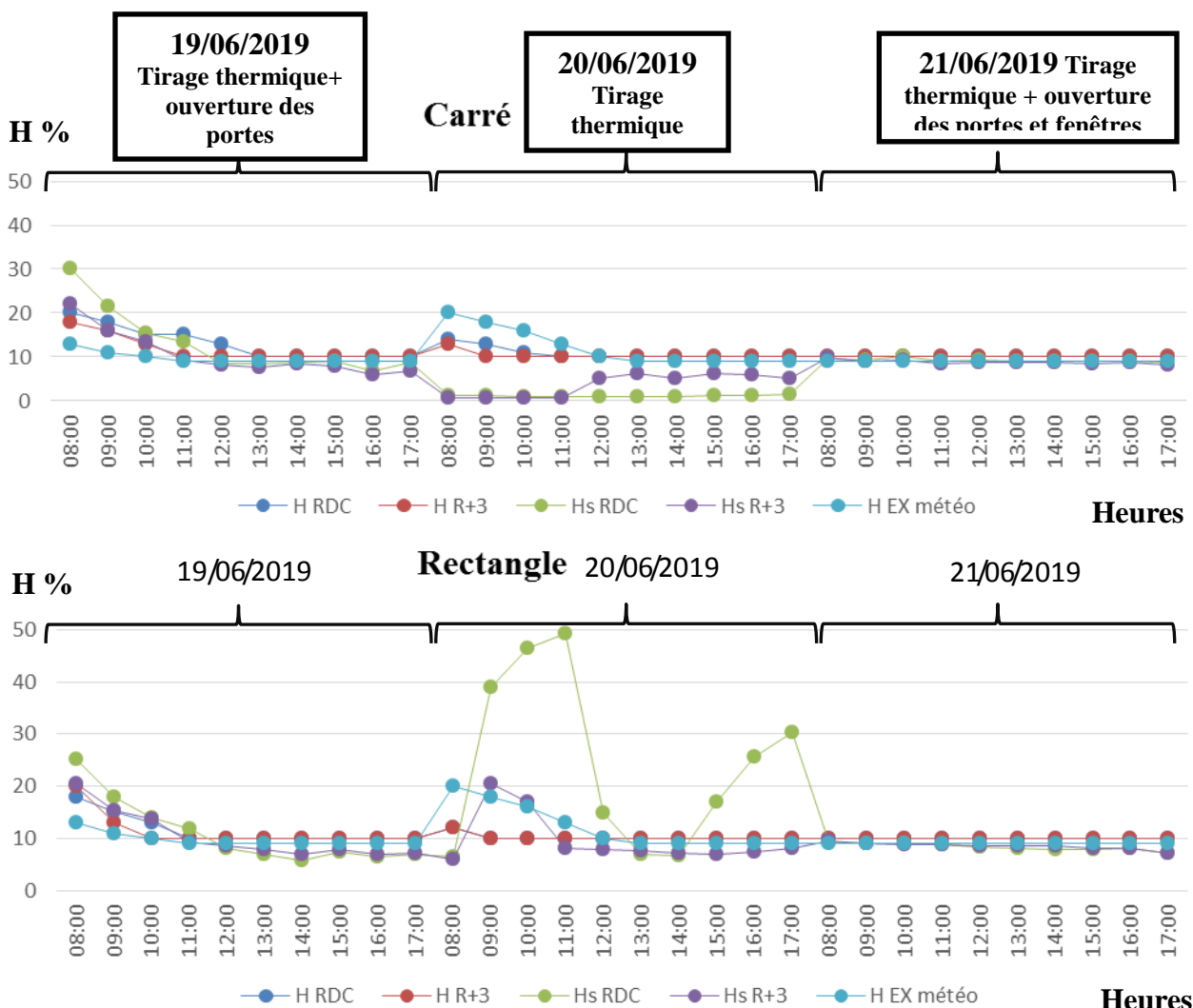


Figure IV. 36 : L'humidité relative de l'air (R+3 Polycarbonate).

Source: auteur.

Les valeurs d'humidité extérieure durant les trois jours varient de 9% comme valeur minimale allant à 20% comme valeur maximale.

Pour le cas de forme de base carré polycarbonate les courbes sont presque similaires avec des valeurs varient de 9% à 13%. Quel que soit le scénario.

Pour le cas de forme de base rectangulaire polycarbonate les courbes sont presque similaires avec même courbes varient de 9% allant 20 %.

9.2.3 La température radiative moyenne (R+3 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude maquettes de gabarits R+3 avec deux section d'atrium différents l'un carré et l'autre et rectangulaire de surface de verrière par le polycarbonate.

Les jours de **19/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des** **20/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes** **21/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes et fenêtres.**

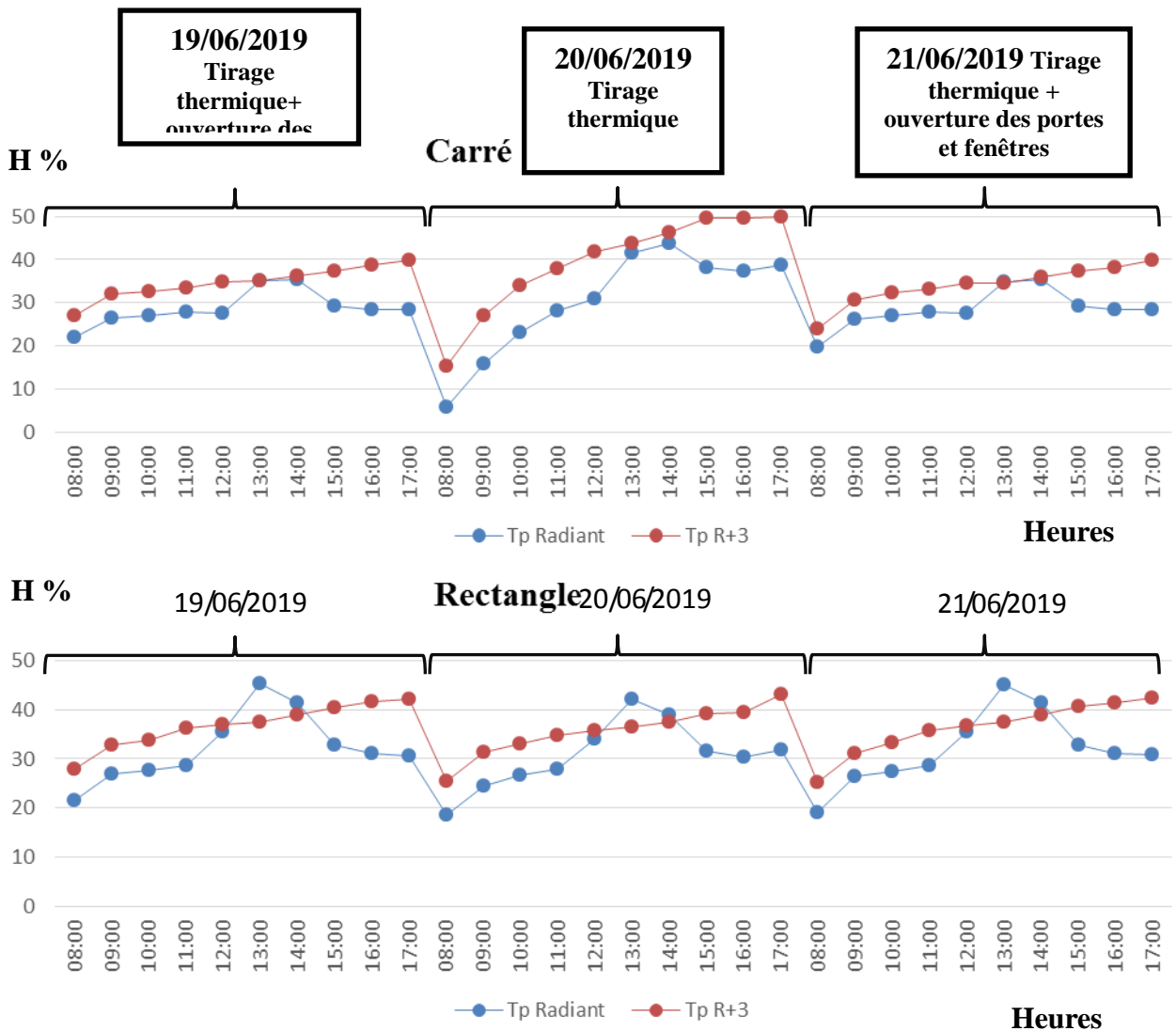


Figure IV. 37 : La température radiative moyenne (R+3 Polycarbonate).
Source : auteur.

- Le 19/06/2019 tirage thermique.

La maquette de section d'atrium carré.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sonde ST1 est varié de **21.58°C** à 8:00h jusqu'à **35.01°C** à 13:00h le 19/06/2019.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 les valeurs varient de **26.89°C** à 8:00h jusqu'à **39.73°C** à **17:00h**.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau de sonde ST1 varie de **21.58°C** à 8 :00h jusqu'à **42.07°C** à 13:00h.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 et les valeurs varient de **27.87°C** à 8 :00h jusqu'à **42.07°C** à **17:00h**.

- **Le 20/06/2019 tirage thermique et l'ouverture des portes**

La maquette de section d'atrium carré.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sonde ST1 est varié de **23.9°C** à 8:00h jusqu'à **34.61°C** à 13:00h le 20/06/2019.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 les valeurs varient de **15.2C** à 8 :00h jusqu'à **50°C** à **17:00h**.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau de sonde ST1 varie de **18.69°C** à 8:00h jusqu'à **42.07°C** à 13:00h.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 et les valeurs varient de **25.41°C** à 8 :00h jusqu'à **43.08°C** à **17:00h**.

- **Le 20/06/2019 tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres**

La maquette de section d'atrium carré.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sonde ST1 est varié de **19.56°C** à 8:00h jusqu'à **34.61°C** à 13:00h le 20/06/2019.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 les valeurs varient de **23.9°C** à 8:00h jusqu'à **39.24°C** à **17:00h**.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau de sonde ST1 varie de **19.17°C** à 8:00h jusqu'à **47.14°C** à 13:00h.

Pour la sonde de niveau R+3 ST3 et les valeurs varient de **25.08°C** à 8:00h jusqu'à **42.24°C** à 17:00h.

9.2.4 La température de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes qui sont présentes dans la figure suivante montrent la levée des mesures chaque heure plus les simulations de deux niveaux différents et la température extérieure

Les jours de **09/06/2019** à **11/06/2019** sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement avec température extérieur variant de **27°C** à **35.5°C** durant les heures de 8:00h à 17:00h.

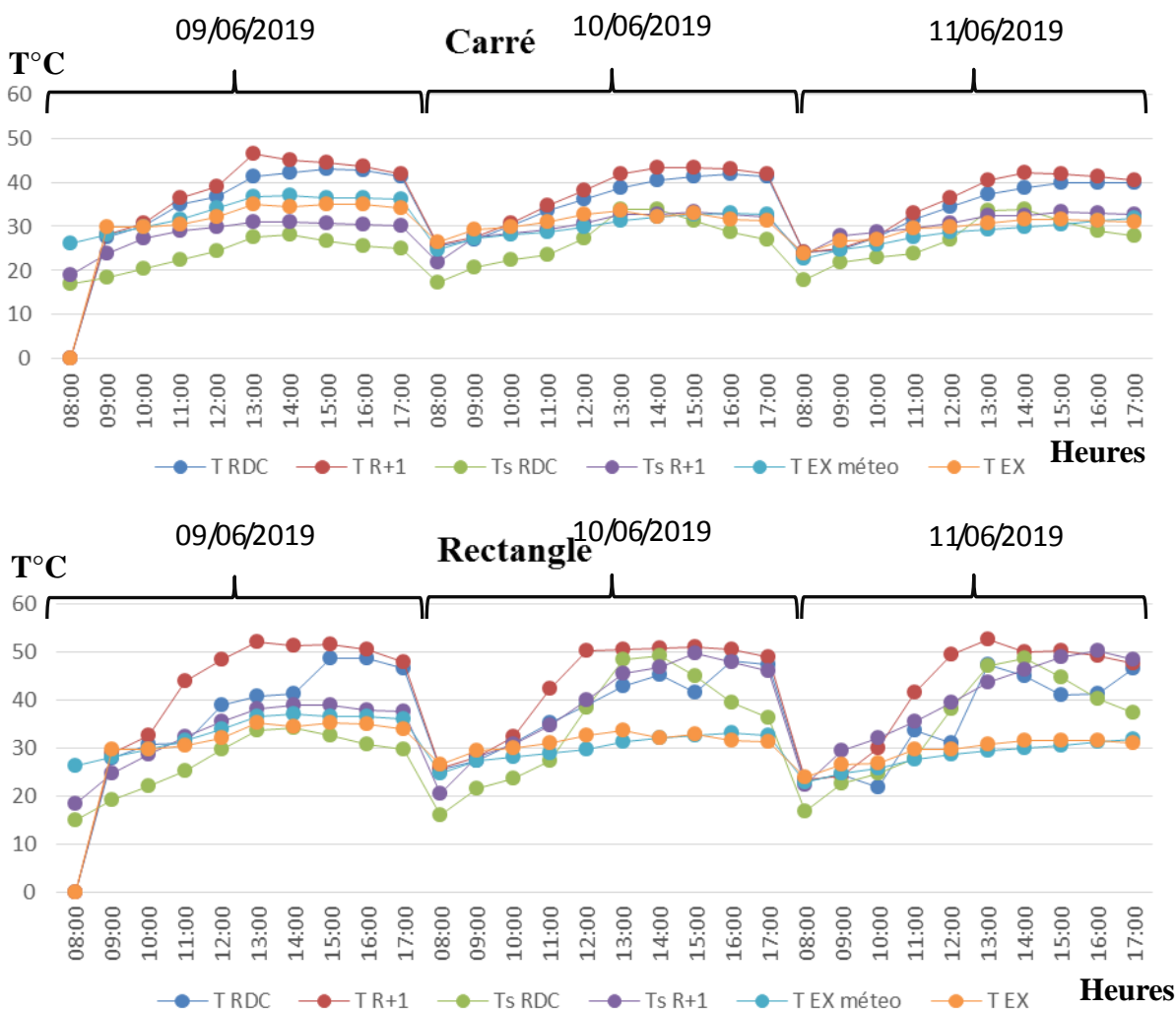


Figure IV. 38 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate).
Source : auteur.

Pour le cas N°01 Forme de base carré

Les courbes des graphes sont très similaires entre les valeurs de mesures et de simulations avec une tolérance maximale de **0 à 7 °C**.

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure

avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de 43,6°C le 09/06/2019 où Tex 35°C et 43,1°C le 10/06/2019 où Tex 31,6°C et 41,3°C le 11/06/2019 où Tex 31,4°C.

- Les sondes de niveau (R+1) durant les trois jours marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de 44°C le 09/06/2019 où Tex 35°C et 43,7°C le 10/02/2019 à 14:00h où Tex 31,6°C et 41,3°C le 10/02/2019 à 14:00h où Tex 31,4°C.

Pour le cas N°02 Forme de base rectangulaire

- Durant les trois jours nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marque des températures supérieures de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de 35,3°C le 09/06/2019 où Tex 35,1°C et 32,9°C le 10/06/2019 où Tex 32,8°C et 31,5°C le 11/06/2019 où Tex 31,4°C.

- Les sondes de niveau (R+1) durant les trois jours marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h, avec des valeurs maximales à l'heure 15:00h de 51,5°C le 09/06/2019 où Tex 35,1°C et 49,54°C le 18/06/2019 où Tex 32,8°C et 48,96°C le 18/06/2019 où Tex 31,4°C.

9.2.5 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivantes montre les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrés par mesures et par simulations dans les stations ST1 et ST2 et ST3 et ST4 en plus l'extérieur.

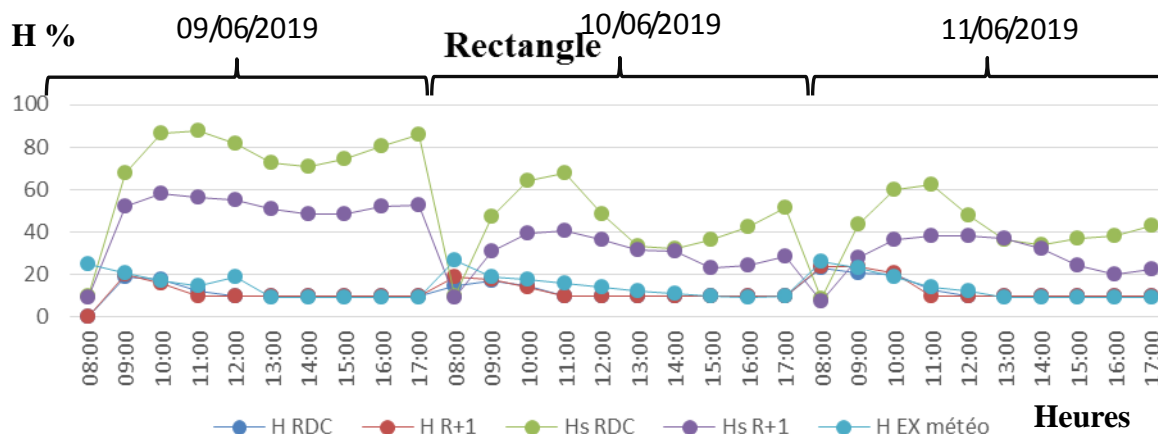
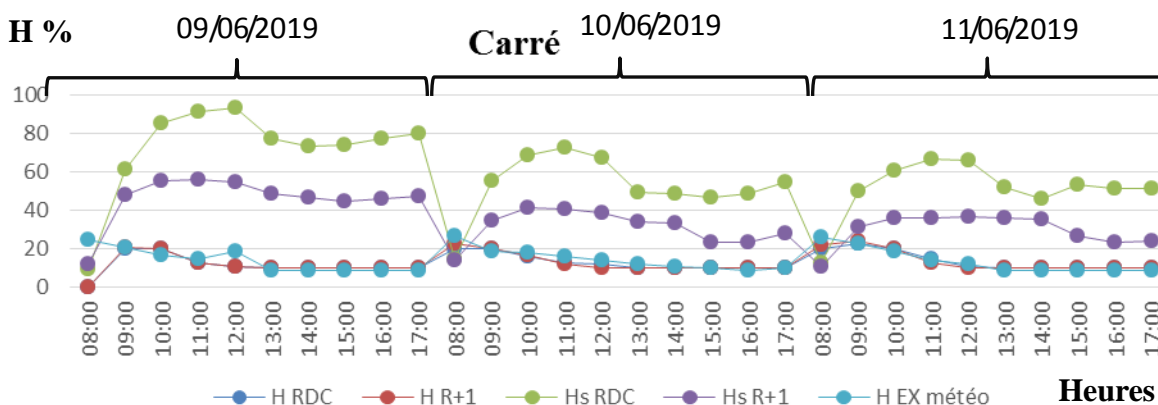


Figure IV. 39 : L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate).
Source: auteur.

Durant les trois jours les courbes de l'humidité de l'air varient de 27% le 09/06/2019 à 8:00h à 9% le 10/06/2019 et le 11/02/2019 à 15:00h.

Les humidités relatives de l'air enregistrées à l'intérieur de l'espace atrium dans les différentes stations de mesures, tracent des courbes qui suivent la même allure que la courbe des humidités relatives enregistrées à l'extérieur, mais avec des valeurs inferieures sauf quelques heures qui sont secs où les valeurs de l'humidité à l'intérieur dépassent les valeurs de l'humidité à l'extérieur.

Les valeurs des humidités relatives à l'intérieur sont enregistrées dans les stations ST2 et ST4 dans les deux cas situés au niveau 3eme étage, avec un maximum de 25% à 8h le 09/06/2019, et un minimum de 10% à 15h le 10/02/2019. Et les valeurs qui sont enregistrées au niveau des stations ST1 et ST3 situé au RDC, avec un maximum de 21% à 08:00h le 09/06/2019, et un minimum de 10% à 13h le 10/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST3, d'une valeur de 7% à 11:00h le 11/06/2019.

9.2.6 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude maquettes de gabarits R+1 avec deux section d'atrium différents l'un carré et l'autre et rectangulaire de surface de verrière par le polycarbonate.

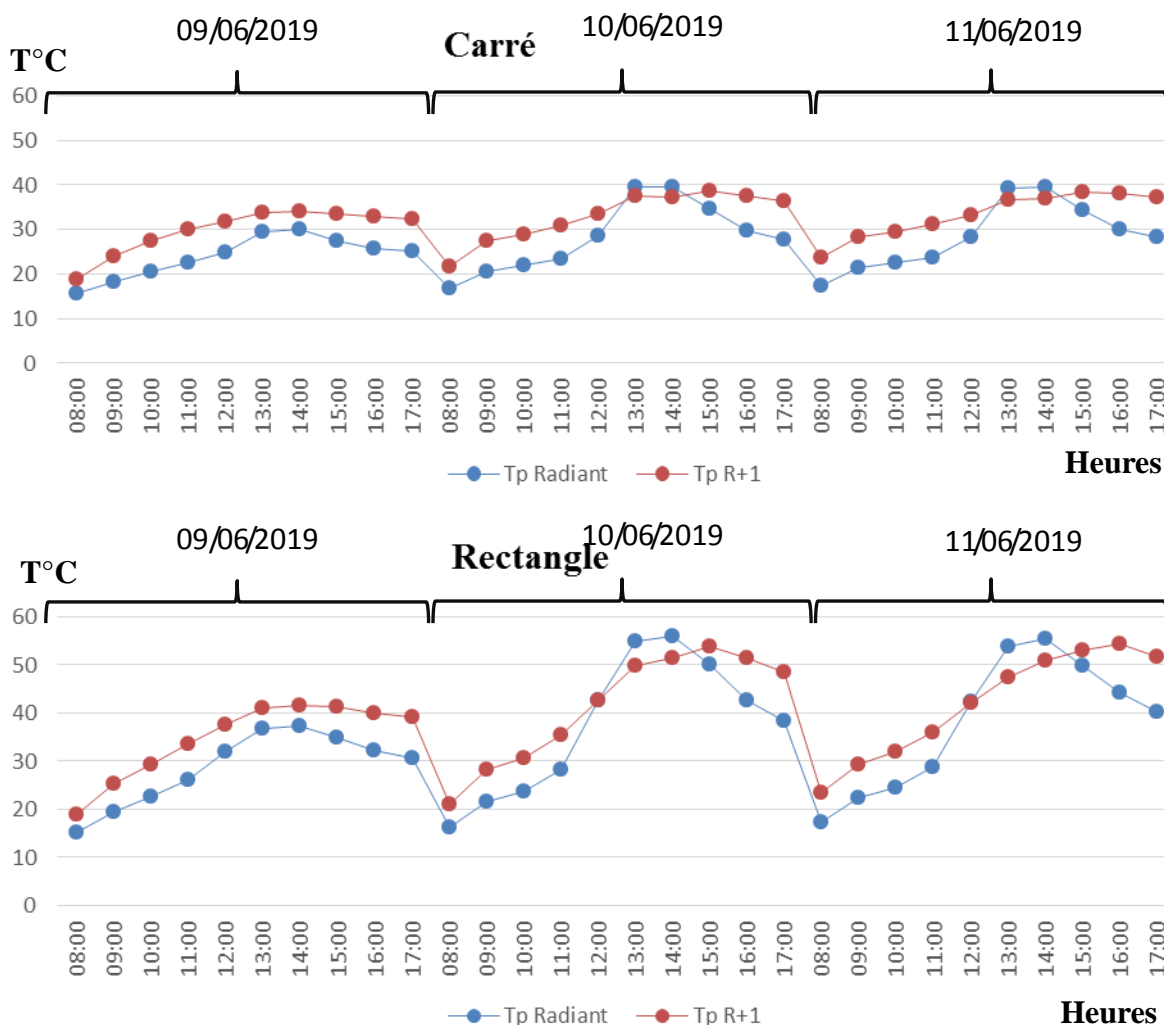


Figure IV. 40 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate).
Source: auteur.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST2 varie de **15,64°C** à 8:00h jusqu'à **31,61°C** à 12:00h le 9/06/2019, le 10/06/2019 **21,82°C** à 8:00h jusqu'à **33,46°C** à 12:00h, le 11/06/2019 **23,79°C** à 8:00h jusqu'à **33,13°C** à 12:00h.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST3 et ST4 varie de **18,89°C** à 8:00h jusqu'à **40,95°C** à 13:00h le 09/06/2019, le 10/06/2019 **21,12°C** à 8:00h jusqu'à **23,45°C** à 13:00h, le 11/06/2019 **53,68°C** à 8:00h jusqu'à **45,16°C** à 13:00h.

L'augmentation de température au niveau (R+3) dans les deux maquettes par rapport niveau (RDC) sert aux surfaces des parois exposées aux rayons solaires.

Les trois scénarios : (tirage thermique) + (ventilation transversale « porte ») + (ventilation transversale « porte + fenêtre »)

9.2.7 La température de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes qui sont présentes dans la figure suivante montrent la levée des mesures chaque heure plus les simulations de deux niveaux différents et la température extérieure.

Les jours de **12/06/2019 ventilée par tirage thermique** et **13/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes** et **15/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes et fenêtres** sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement avec température extérieur variant de **24,5°C** à **35,4°C** durant les heures de 8:00h à 17:00h.

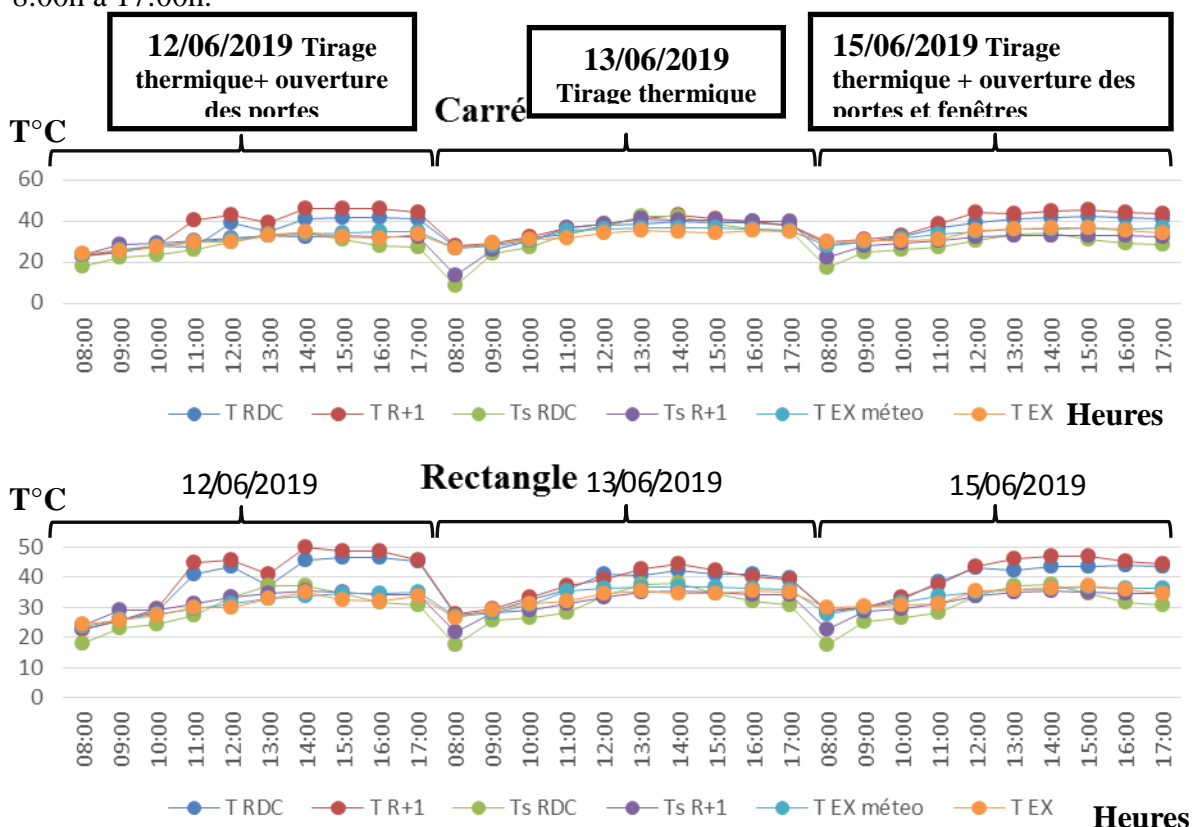


Figure IV. 41 : La température de l'air (R+1 Polycarbonate).
Source: auteur.

Ventilée par tirage thermique

- Durant toute la journée nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure avec une valeur maximale à l'heure **12 :00** de **41°C** le 12/06/2019 où Tex **35°C**.
- Les sondes de niveau (R+1) durant le jour 12/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **45,9°C** le 19/06/2019 où Tex **37°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes

- Durant le jour 13/06/2019 les sondes qui étaient placés au RDC marquent des valeurs supérieures que l'extérieur avec une valeur maximale **39.1°C** le 13/06/2019 où Tex **35,6°C**.
- Les sondes de niveau (R+1) durant le jour 13/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8:00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **40,52°C** où Tex **35,6°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres

Le **15/06/2019** les sondes qui étaient places au RDC marquent des valeurs supérieures que l'extérieur avec valeur maximale de **40.1°C** à 15:00h. où Tex **37.7°C**.

Les sondes de niveau (R+1) durant le jour 15/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8 :00h jusqu'à 17:00h avec une valeur maximale à l'heure 15:00h de **45.3°C** où Tex **37.7°C**.

Pour cas de maquette R+1 a atrium de section rectangulaire avec surface vitrée de polycarbonate ventilée par tirage thermique :

Ventilée par tirage thermique

- Durant le jour 12/06/2019 où les orifices sont ouverts, nous avons remarqués que les sondes de niveau (RDC) dans les maquettes marquent des valeurs de température supérieur que la température extérieure avec une valeur maximale à l'heure **15 :00** de **46,5°C** où Tex **37.7°C**.
- Les sondes de niveau (R+1) durant le jour 12/06/2019 marquent des valeurs de température supérieur de l'extérieur de 8 :00h jusqu'à 17 :00h avec des valeurs maximales à l'heure 15 :00h de **48.8°C** le 19/06/2019 où Tex **37.7°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes

Le 13/06/2019 l'ouverture des portes et les orifices la sonde de niveau RDC marque une valeur maximale à 15 :00 de **43.1°C**, au niveau de R+1 la valeur maximale était à 15 :00h de **44,3°C**.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres

Le 15/06/2019 l'ouverture des portes et les fenêtres plus les orifices à la fois la sonde de niveau RDC marque une valeur maximale à 15 :00 de 45,1°C où Tex 37.3°C, au niveau de R+1 la valeur maximale était à 15 :00h de 47°C où Tex 37.3°C.

9.2.8 L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivantes montre les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrés par mesures et par simulations dans les stations ST1 et ST2 et ST3 et ST4 en plus l'extérieur.

Les jours de 12/06/2019 ventilée par tirage thermique et 13/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes 15/06/2019 ventilée par tirage thermique et ouverture des portes et fenêtres sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement.

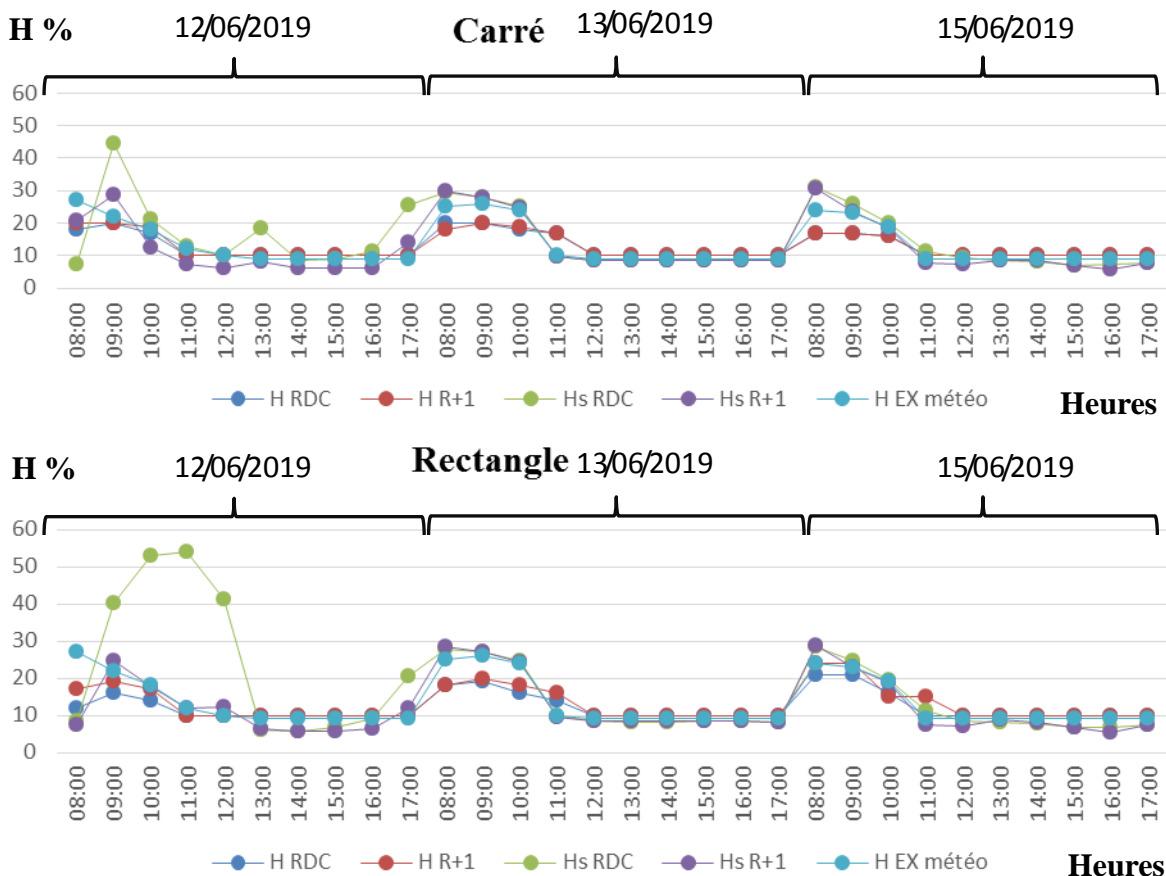


Figure IV. 42 : L'humidité relative de l'air (R+1 Polycarbonate)
Source: auteur.

Durant les trois jours les courbes de l'humidité de l'air varient de 30% le 12/06/2019 à 8:00h à 9% le 13/06/2019 et le 15/02/2019 à 15:00h.

Les humidités relatives de l'air enregistrées à l'intérieur de l'espace atrium dans les différentes stations de mesures, tracent des courbes qui suivent la même valeur que la

courbe des humidités relatives enregistrées à l'extérieur, mais avec des valeurs inférieures sauf quelques heures qui sont secs où les valeurs de l'humidité à l'intérieur dépassent les valeurs de l'humidité à l'extérieur.

Les valeurs des humidités relatives à l'intérieur sont enregistrées dans les stations ST2 et ST4 dans les deux cas situés au niveau 1^{er} étage, avec un maximum de 18% à 8h le 12/06/2019, et un minimum de 10% à 15h le 13/06/2019. Et les valeurs qui sont enregistrées au niveau des stations ST1 et ST3 situés au RDC, avec un maximum de 30% à 08:00h le 12/06/2019, et un minimum de 10% à 13h le 13/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST3, d'une valeur de 7% à 11:00h le 15/06/2019.

9.2.9 La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate)

Les graphes suivants montrent les mesures de la température radiative moyenne durant trois jours, cas d'étude maquettes de gabarits R+1 avec deux sections d'atrium différents l'un carré et l'autre rectangulaire de surface de verrière par le polycarbonate.

Les jours de **12/06/2019 ventilée par tirage thermique** et **13/06/2019 ventilée par tirage thermique** et **ouverture des portes et fenêtres** sont caractérisés généralement par un ciel clair totalement avec température extérieure variant de 24,5°C à 35,4°C durant les heures de 8:00h à 17:00h.

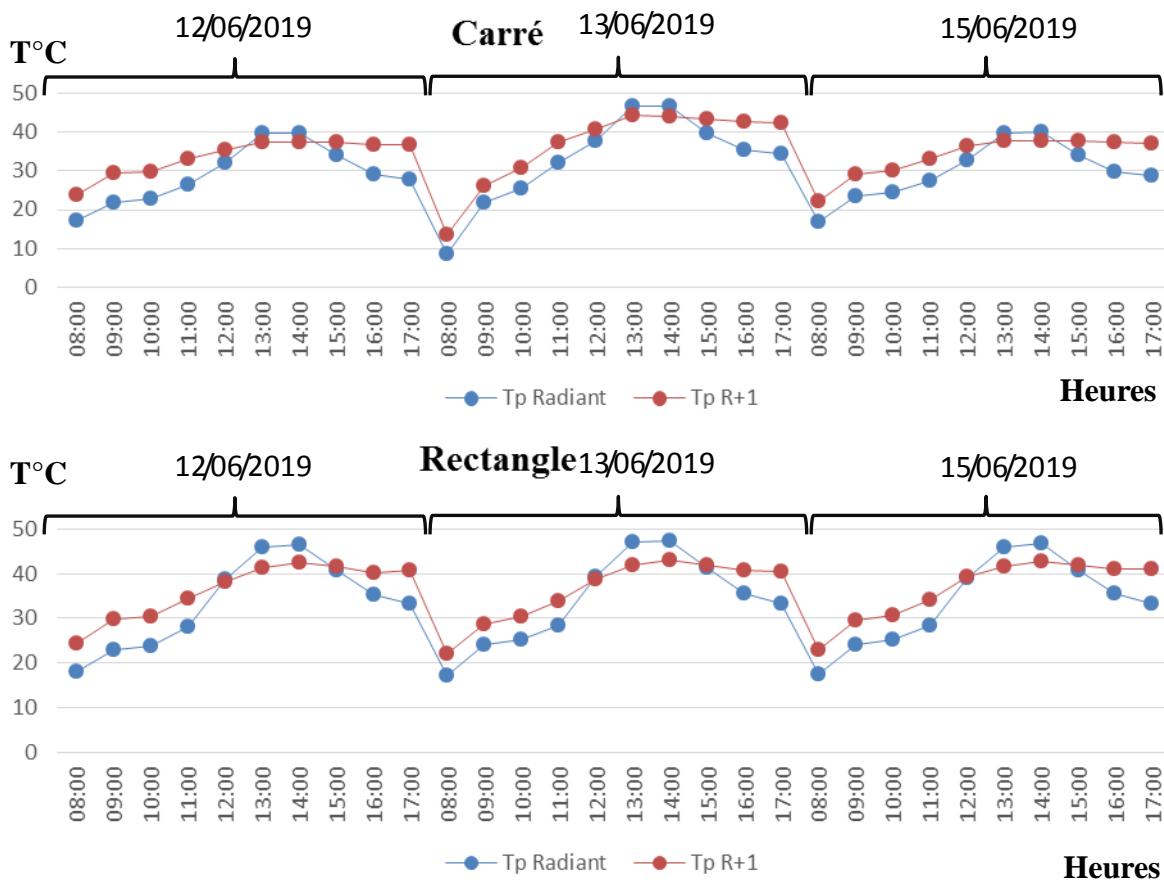


Figure IV. 43 : La température radiative moyenne (R+1 Polycarbonate).

Source: auteur

Ventilée par tirage thermique

- La maquette de section d'atrium carré

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST2 varie de **17,37°C** à 8:00h jusqu'à **39,57°C** à 13:00h le 12/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 8°C

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST3 et ST4 varie de **17,99°C** à 8:00h jusqu'à **45,99°C** à 13:00h le 12/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 8°C.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes

- La maquette de section d'atrium carré.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST2 varie de **8,7°C** à 8 :00h jusqu'à **46,45°C** à 13:00h le 13/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 5°C.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST3 et ST4 varie de **17,09°C** à 8:00h jusqu'à **46,95°C** à 13 :00h le 13/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 5°C.

Ventilée par tirage thermique et l'ouverture des portes et fenêtres

- La maquette de section d'atrium carré.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST1 et ST2 varie de **16,77°C** à 8:00h jusqu'à **39,66°C** à 13:00h le 15/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 5°C.

- La maquette de section d'atrium rectangulaire.

Pour les valeurs de température radiative moyenne au niveau des sondes ST3 et ST4 varie de **17,37°C** à 8 :00h jusqu'à **46,02°C** à 13 :00h le 13/06/2019, et un maximum d'écart est enregistré entre les stations ST1 et ST2, d'une valeur de 5°C.

L'augmentation de température au niveau (R+1) dans les deux maquettes par rapport niveau (RDC) sert aux surfaces des parois exposées aux rayons solaires.

Voir annexe IV N°02

9.3 Evaluation du confort thermique intérieur

Comparaison des températures par rapport aux plages de confort, nous avons pris la plage de confort selon la formule de (Humphery).

$$(T \text{ confort} = 11.9 + 0.534T_0)$$

Pour le mois de Juin qui caractérisée par température moyenne de 25.5°C, la température cibler du confort est de 25.52°C avec limite supérieur de 27.52°C et limite inférieur de 23.52°C.

9.3.1 Carré R+3 Polycarbonate

Les graphes suivant montrent la température de l'air des différents scénarios de ventilations de cas d'étude maquette R+3 à une section d'atrium carré avec surface de verrière polycarbonate de 22/06/2019 qui est le jour le plus chaude durant le levé des mesures.

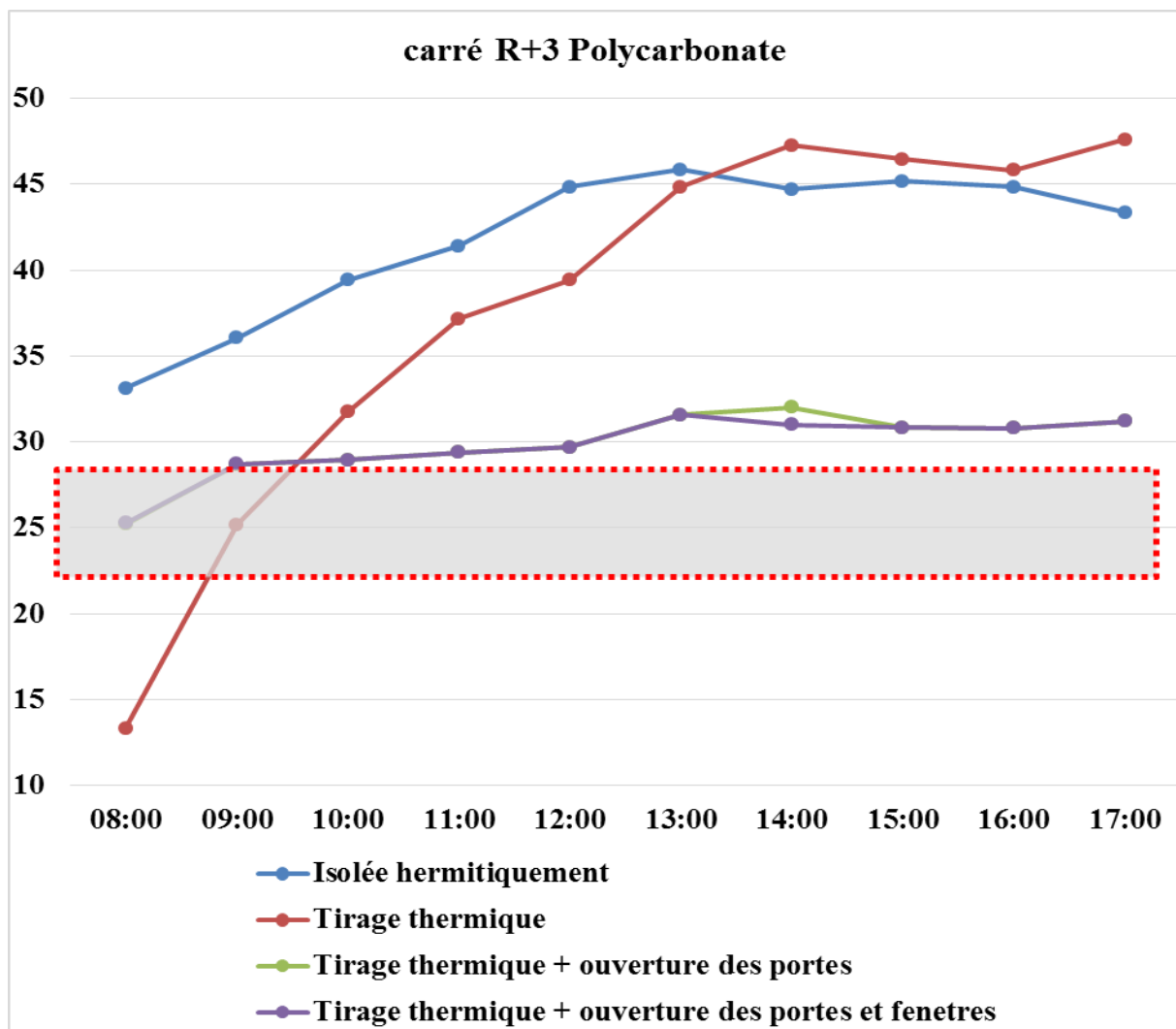


Figure IV. 44 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+3) avec les limites de confort pour le mois de Juin (Humphery) . Source : auteur.

D'après les graphes nous remarquons que la courbe le plus proche au plage de confort durant la journée est la courbe de scénario où les portes et les fenêtres de maquette sont ouverte plus le tirage thermique par les orifices.

9.3.2 R+1 Carré Polycarbonate

Les graphes suivant montre la température de l'air des différents scénarios de ventilations de cas d'étude maquette R+1 à une section d'atrium carré avec surface de verrière polycarbonate de 22/06/2019 qui est le jour le plus chaud durant le levé des

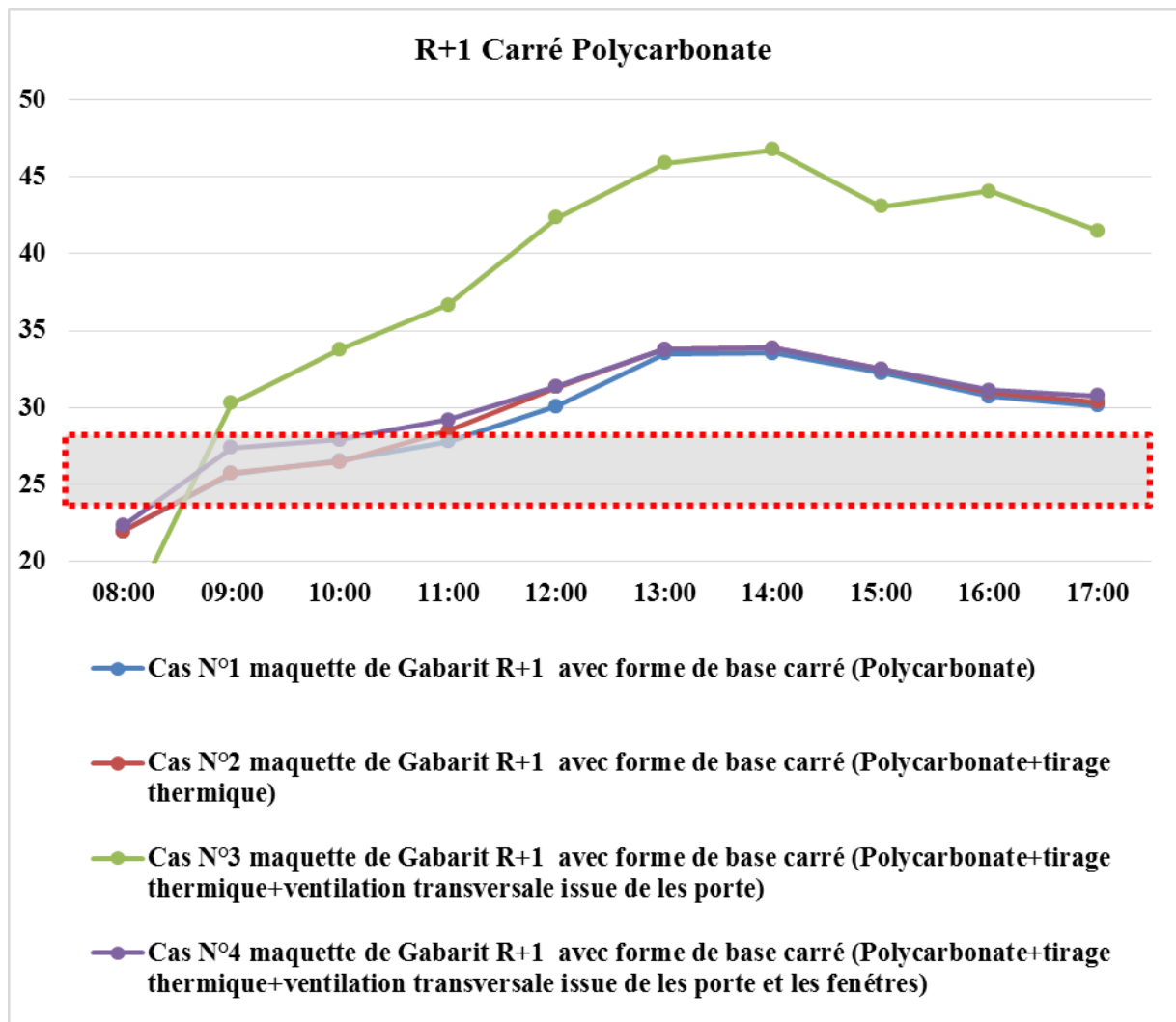


Figure IV. 45 : Comparaison des température de l'air interne des différents scénario (R+1) avec les limites de confort pour le mois de Juin (Humphery) . Source : auteur.

D'après les graphes nous remarquons que la courbe le plus proche à la plage de confort durant la journée est la courbe de scénario où la maquette est isolée hermétiquement.

9.4 Evaluation du confort thermique par TAS AMBIEN :

Ces vérifications sont menées durant la journée la plus chaude des mesures, qui correspond au 22 juin à 15h avec une température max extérieure de 41.5°C.

Cas 01 : gabarit R+3 avec double vitrage (figure A):

La figure A Montre clairement que l'atrium à basse carrée présente de meilleurs résultats que celui de la forme rectangulaire, ceci au niveau de l'atrium. Une stratification thermique importante est remarquée au niveau de l'atrium rectangulaire que celui de la forme carrée.

Pour les températures intérieures, le meilleur scénario est celui d'une forme carrée avec un tirage thermique.

La valeur min de température avoisine les 23 °c, et la valeur moyenne est autour des 30°C au niveau du premier et deuxième niveau, et avec une température max de 40°C au niveau de l'atrium.

Pour l'humidité relative, la ventilation composée entre traversant et tirage thermique a fait descendre l'humidité aux alentours de 13%. Le cas le plus défavorable est celui de la fermeture totale des orifices de ventilation, avec une valeur max de 42 %

Pour la température radiante, les cas hermétiques présentent des valeurs moyennes acceptables et qui avoisinent 29°C. En revanche, les cas ventilés accusent une hausse dans cette température, sachant que les valeurs atteignent 36 °C au niveau des parois des niveaux supérieurs, et dépasse 40°C au niveau des parois de l'atrium.

Cas 02 : gabarit R+3 avec polycarbonate (figure B)

Dans ce cas de figure, le meilleur scénario est celui d'un atrium en forme carré avec une ouverture de la verrière pour la ventilation. La température enregistrée varie entre 23°C au RDC et 29°C au premier et au second niveau. Au niveau du dernier étage, la température avoisine les 36°C.

Pour l'humidité relative, la ventilation composée entre traversant et tirage thermique a fait descendre l'humidité aux alentours de 13%. Le cas le plus défavorable est celui de la fermeture totale des orifices de ventilation, avec une valeur max de 42,9% au niveau du RDC et au deux niveau supérieures.

Pour la température radiante, le cas hermétique de la forme carrée présente des valeurs moyennes acceptables et qui avoisinent 29°C. Le cas hermétique de la forme rectangulaire présente des valeurs supérieures en matière de température radiante, au niveau du premier et deuxième étage, avec des valeurs avoisinantes 33 °C. Pour les cas ventilés, une hausse au niveau de la température radiante est enregistrée, mais avec des valeurs avoisinant les 35°C de moyenne.

Cas 03 : gabarit R+1 avec double vitrage (figure C)

Pour ce gabarit de R+1, le meilleur scénario est celui de l'ouverture de tous les orifices de ventilation, dans le cas d'un atrium de forme carrée. Les deux niveaux accusent une température moyenne au deca des 24°C. Au niveau de l'atrium, la température ne dépasse pas les 31°C, ceci avec une vitesse max de l'aire de 1.07m/s. Ce même cas de figure présente les meilleurs résultats en matière de température radiante, avec des valeurs de 22 à 24°C.

Pour l'humidité, tous les cas ventilés présentent des valeurs au deca des 14%.

Cas 04 : gabarit R+1 avec polycarbonate (figure D)

Dans le cas d'un vitrage en polycarbonate, le meilleur scénario est un atrium de forme rectangulaire avec un tirage thermique. Les résultats obtenus montrent une température de 24°C au niveau des coursives et 28°C au niveau de l'espace central. Au niveau de l'atrium la température enregistrée ne dépasse pas les 30°. Pour la température radiante, les mêmes résultats que la température de l'air sont observés. La vitesse de l'air enregistrée est de 0.30m/s enregistré au niveau de l'orifice de l'atrium, par contre la vitesse max de l'ordre de 1.07m/s, enregistrée au niveau des deux cas carrée et rectangulaire, avec une ouverture de tous les orifices.

L'humidité relative min est enregistrée au niveau des cas ventilés, avec des valeurs inférieures à 14%. La valeur max est enregistrée au niveau des cas hermétiques avec un taux de 30%

FIGURE A

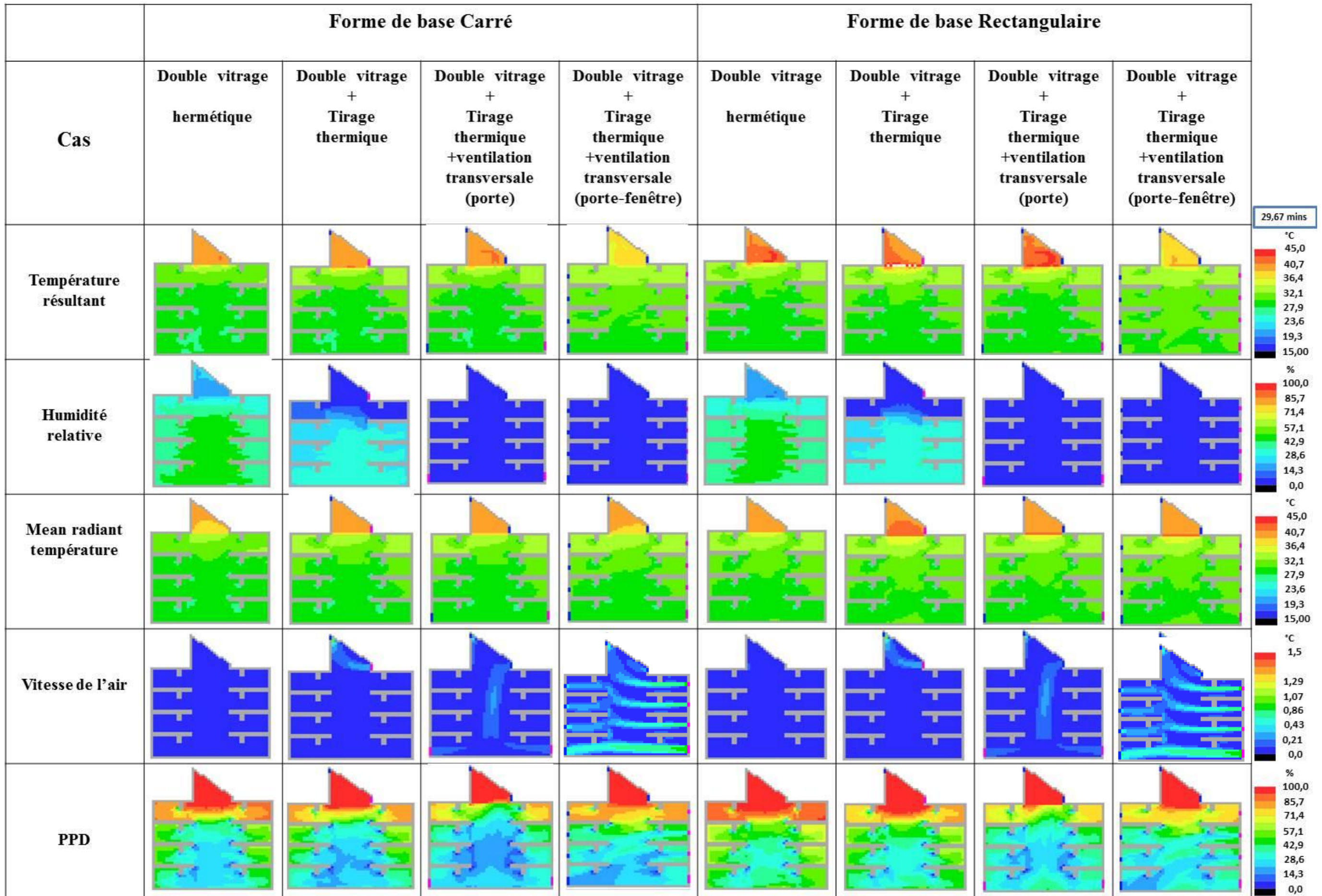


FIGURE B

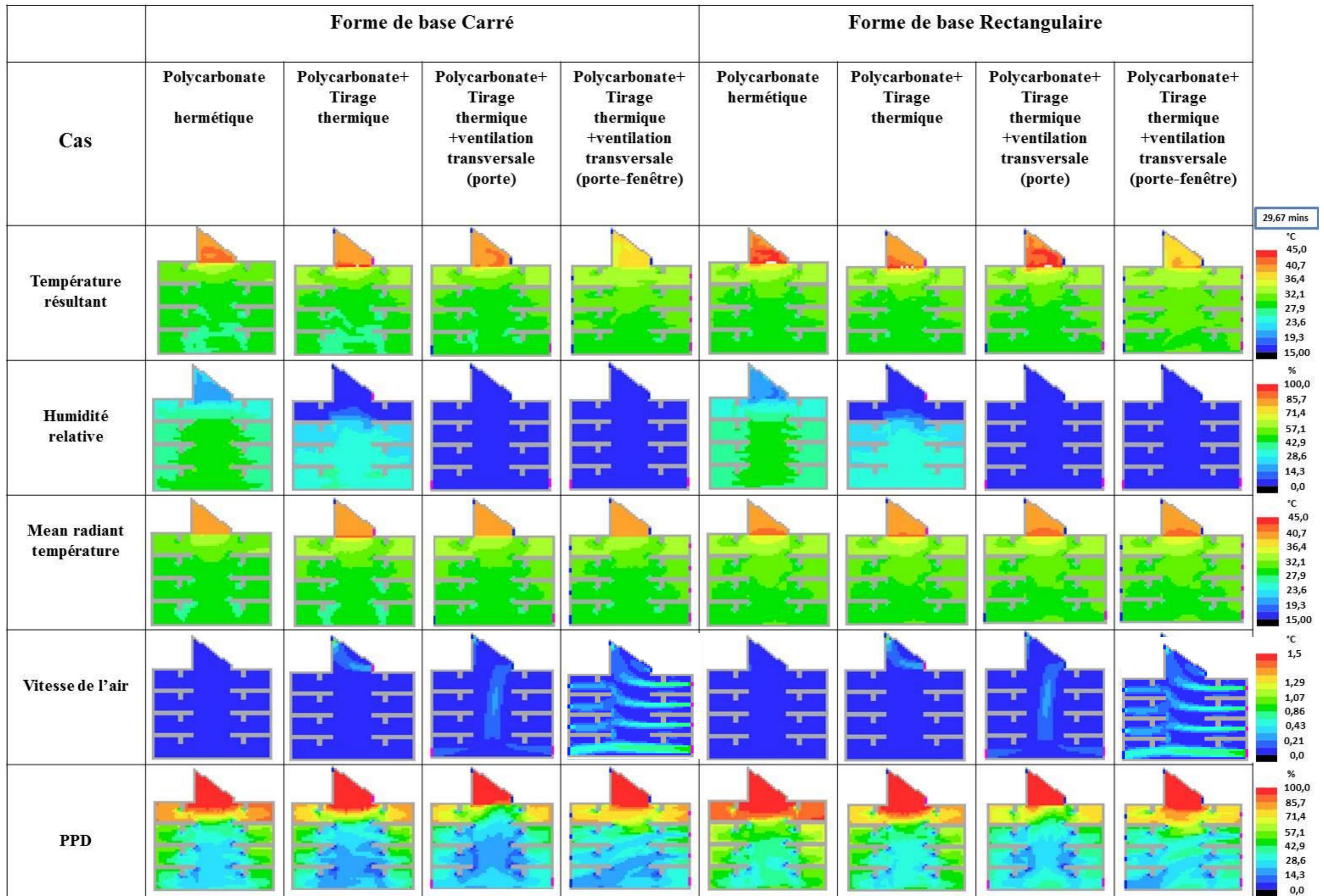


FIGURE C

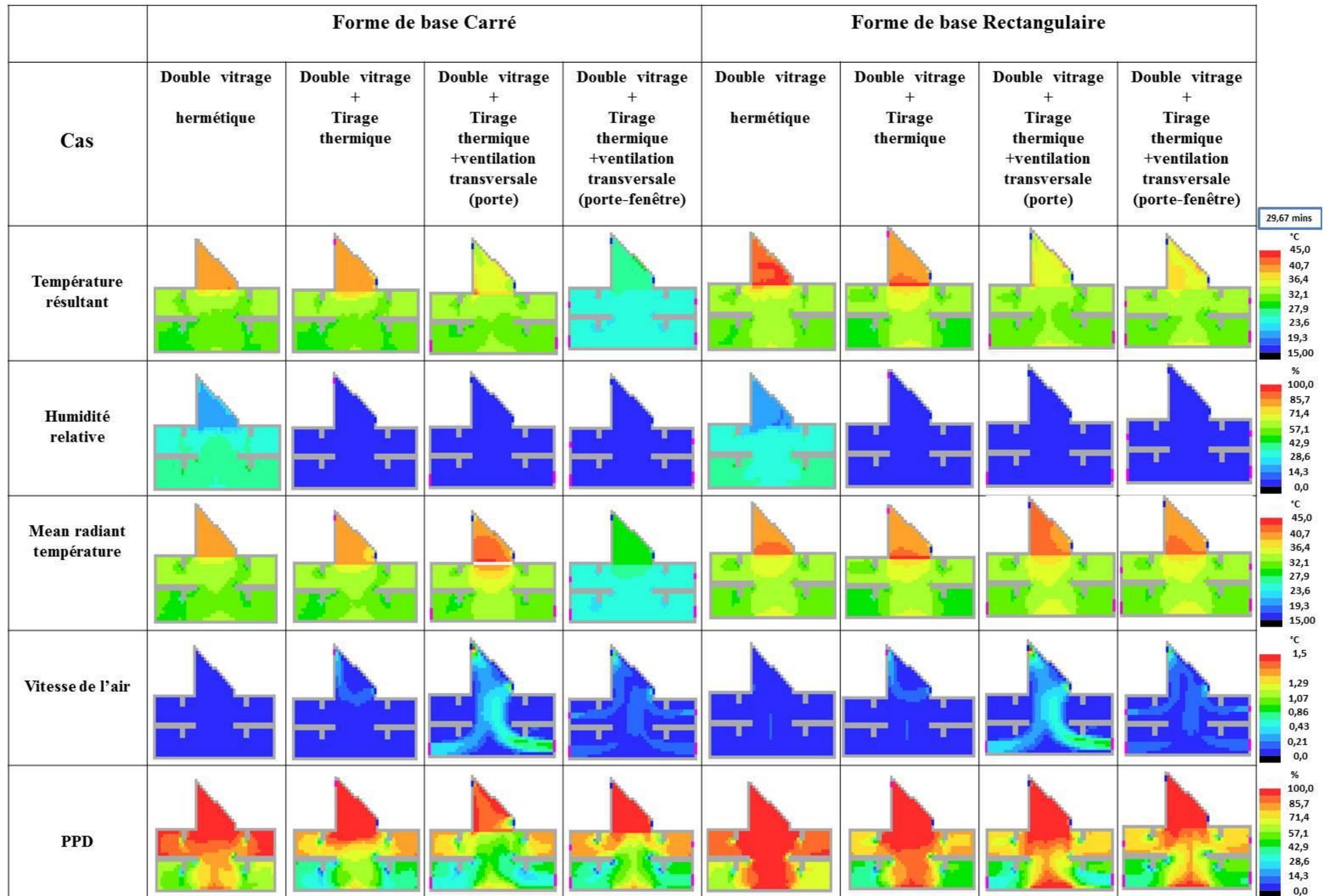
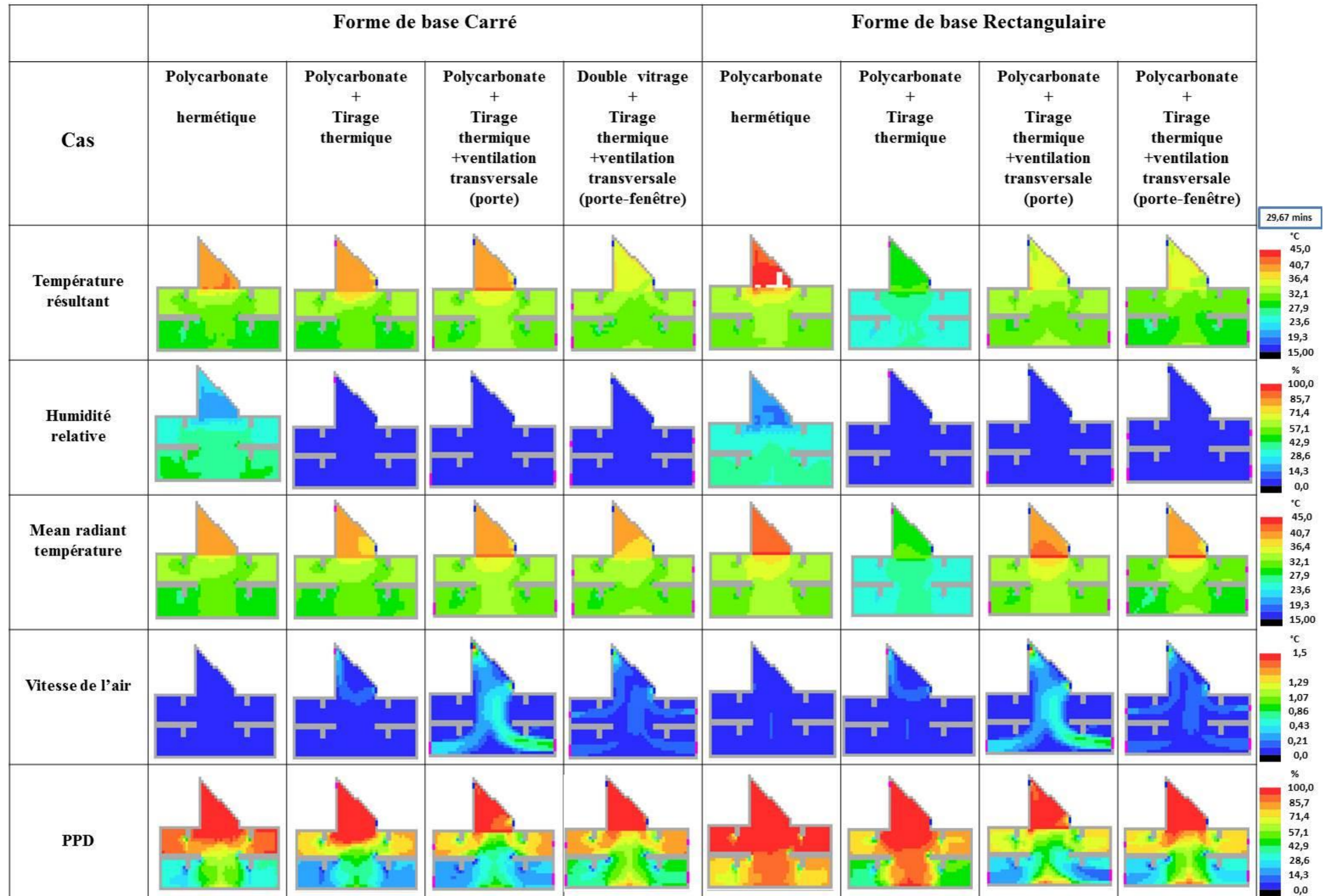


FIGURE D



9.5 L'impact de la ventilation sur le bilan énergétique

Scenario : ventilation diurne de 08:00h à 18:00h :

Gabarit R+1

Les conditions les plus défavorables dans ces gabarits restent les mêmes que ceux du gabarit R+3, c.à.d. la forme rectangulaire de l'atrium avec du polycarbonate ou du double vitrage, et en adoptant une ventilation traversant et par tirage thermique. La consommation enregistrée pour la climatisation dépasse 290kw-h/m².

Les cas hermétiques, avec une forme carrée dotée de polycarbonate et de double vitrage restent les plus favorables en matière de consommation énergétique, ceci en consommant environ 100kwh/m² entre chauffage et climatisation.

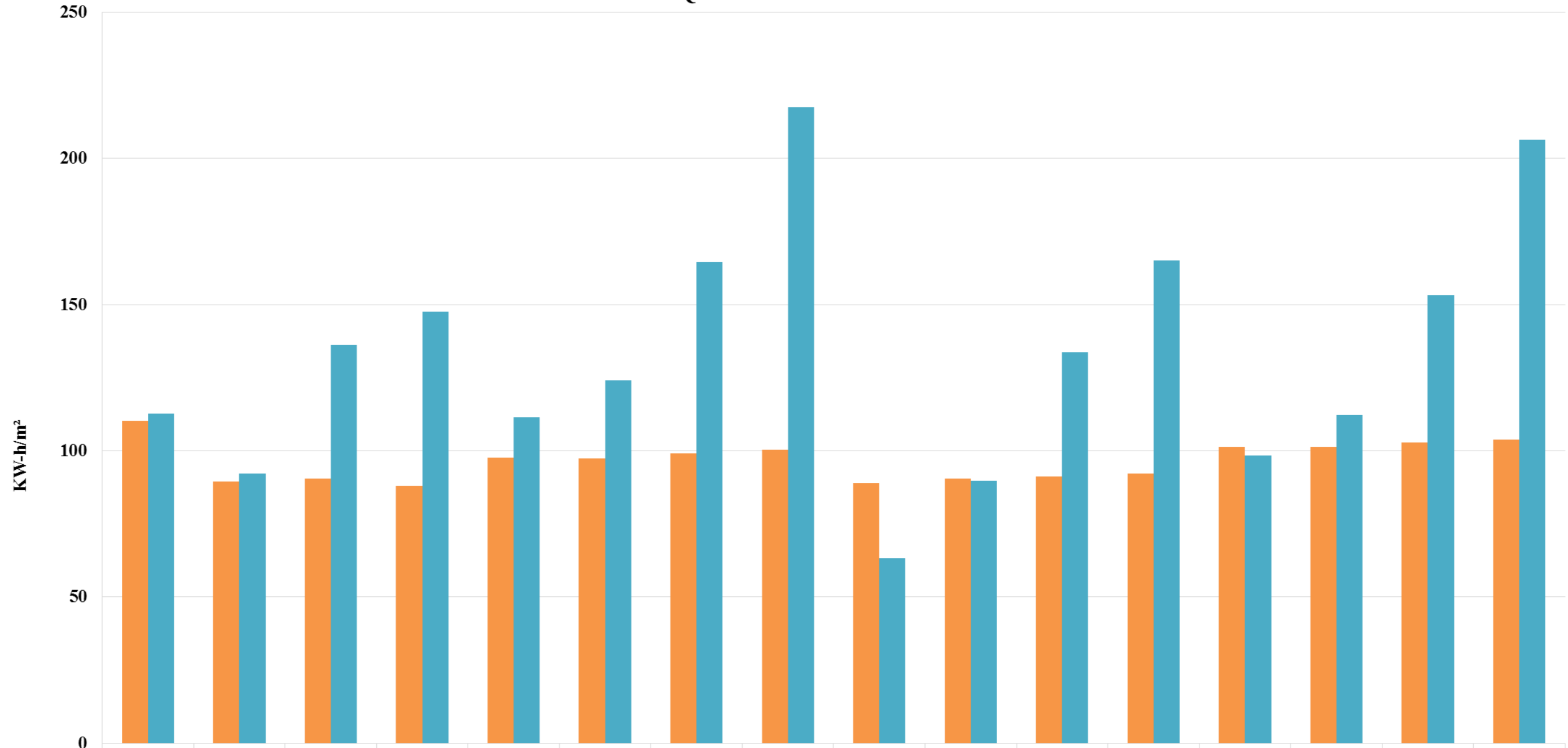
Le scenario le plus favorable pour une consommation minimale de 152kwh/m² est celle d'une ventilation par l'atrium, ceci avec une forme de basse carrée et un vitrage doublé.

Gabarit R+3

Pour le gabarit de R+3, le bilan énergétique présente des valeurs diversifiées. Les cas les plus défavorables demeurent ceux de la forme rectangulaire, dotés d'un double vitrage avec ventilation traversant, et tirage thermique, ainsi que le polycarbonate avec les mêmes conditions. Ces deux cas présentent une consommation maximale pour la climatisation, qui dépasse 200kw-h/m². Excepté le cas hermétique qui présente une consommation moindre, le cas le plus favorable est celui de la forme carrée, dotée de double vitrage ou de polycarbonate, avec une ventilation par l'atrium, qui présente une consommation annuelle inférieure à 182kwh/m² pour chaque cas.

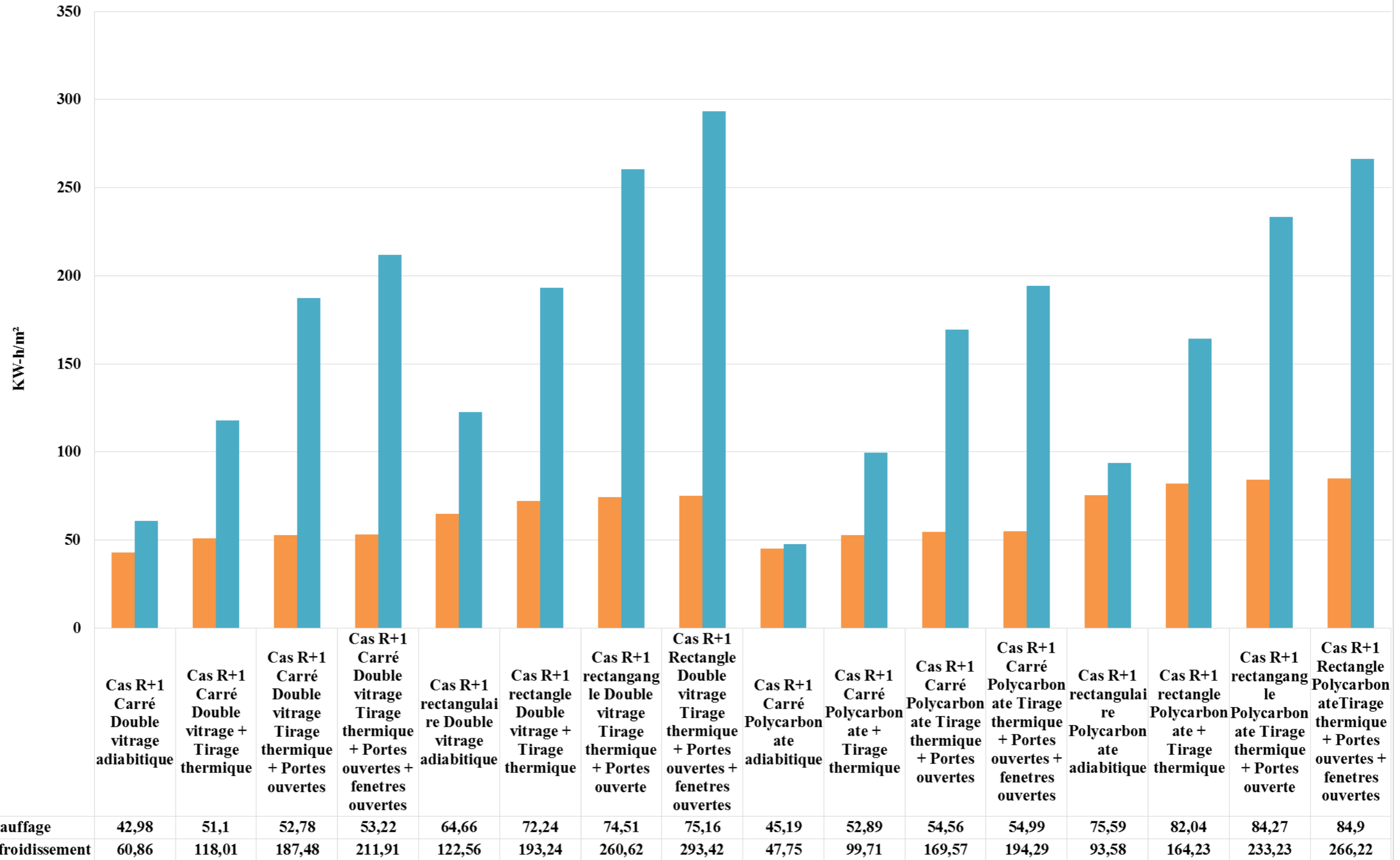
Ces deux cas de figure présentent la consommation annuelle maximale entre chauffage et climatisation, ceci en dépassant les 300kwh/m². Les cas hermétiques su-cités

LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES CAS ESTIVALE DE GABARITS R+3



	Cas R+3 Carré Double vitrage adiabitique	Cas R+3 Carré Double vitrage + Tirage thermique	Cas R+3 Carré Double vitrage Tirage thermique + Portes ouvertes	Cas R+3 Carré Double vitrage Tirage thermique + Portes ouvertes + fenetres ouvertes	Cas R+3 rectangulaire Double vitrage adiabitique	Cas R+3 rectangle Double vitrage + Tirage thermique	Cas R+3 rectangulaire Double vitrage Tirage thermique + Portes ouverte	Cas R+3 Rectangle Double vitrage Tirage thermique + Portes ouvertes + fenetres ouvertes	Cas R+3 Carré Polycarbonate adiabitique	Cas R+3 Carré Polycarbonate + Tirage thermique	Cas R+3 Carré Polycarbonate Tirage thermique + Portes ouvertes	Cas R+3 Carré Polycarbonate Tirage thermique + Portes ouvertes + fenetres ouvertes	Cas R+3 rectangulaire Polycarbonate adiabitique	Cas R+3 rectangle Polycarbonate + Tirage thermique	Cas R+3 rectangulaire Polycarbonate Tirage thermique + Portes ouverte	Cas R+3 Rectangle Polycarbonate Tirage thermique + Portes ouvertes + fenetres ouvertes
Chauffage	110,3	89,39	90,39	87,99	97,65	97,38	99,23	100,28	89,06	90,36	91,3	92,21	101,45	101,44	102,84	103,91
Refroidissement	112,59	92,09	136,17	147,48	111,55	123,97	164,53	217,57	63,39	89,82	133,82	164,98	98,37	112,08	153,17	206,42

LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES CAS ESTIVALE DE GABARITS R+1



9.6 L'essai de ventilation nocturne sur la consommation de l'énergie

Pour l'essai de ventilation nocturne, nous avons choisi le jour le plus chaud qui est le 22/06/2019 avec le changement de temps d'ouverture des orifices de 8h/18h à 18h/11h de matin les résultats deviennent comme les graphes montre.

N.B : l'essai a été fait sur maquette de gabarit R+3 carré avec surface verrière par le polycarbonate.

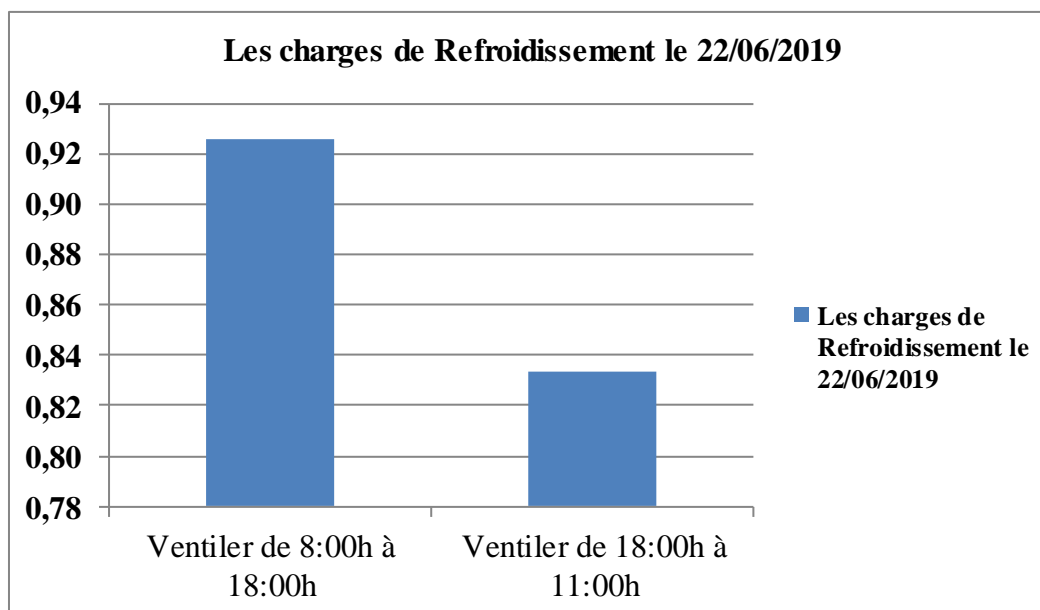


Figure IV. 46 : Les Charges de refroidissements.
Source : auteur.



Partie C

10. Démarche de la simulation

La structure globale du travail de simulation est basée sur les étapes qui suivent :

La première étape : la modélisation des tous cas d'étude qui sont situés à la même contexte la ville de Laghouat par le logiciel 'Revit AUTODESK', Puis l'exportation des fichiers de modélisation en format 'GBXML' sur l'interface de logiciel « TAS 'T3D modeler' ».

Deuxième étape : l'orientation des projets virtuels à la même direction par rapport au réel.

Troisième étape : à l'interface 'Tas building simulator', présentation de tous les cas d'études comme il est isolés hermétiquement.

Quatrième étape : Simuler les cas d'études par rapport le fichier climatique de Laghouat, aux deux jours sollicités de l'année 21 Juin, et le 21 Décembre.

Simulation de premier cas d'étude

Le premier cas est les deux blocs de la faculté des sciences humaines et sociologiques.

Les deux blocs de la faculté sciences humaines et sociologique

Tout d'abord nous avons modélisé les deux blocs sur le logiciel Revit Autodesk, la modélisation pris en charge tous qu'il est plein et vide, technique constructive, matériaux de construction...etc.

10.1. Modélisation sur revit Autodesk

Les matériaux de modélisation pour les murs extérieurs nous avons pris un mur double cloison avec le brique 15 cm de l'extérieur, un l'air d'air de 5cm et brique de 10 cm a 'intérieur plus de couche de finition de plâtre aux bordes de parois, d'épaisseur 34.00 cm, résistance $2.52 \text{ m}^2\text{k/w}$, masse thermique 33.68 KJ/K . Pour les murs intérieurs des murs de brique 10 cm avec des couches de finitions de plâtre de 2 cm, épaisseur total 14 cm, résistance $0.25 \text{ m}^2\text{k/w}$, masse thermique 15.53 KJ/K .

Pour les dalles nous avons utilisé des dalles plus similaires de types corps creux d'épaisseur 20 cm plus les revêtements de côté supérieur un carrelage de 3 cm et de cote inférieure un couche d'enduit de 2 cm. Epaisseur 255.0 cm, résistance $9.05 \text{ m}^2\text{k/w}$, masse thermique 3.84 KJ/k .

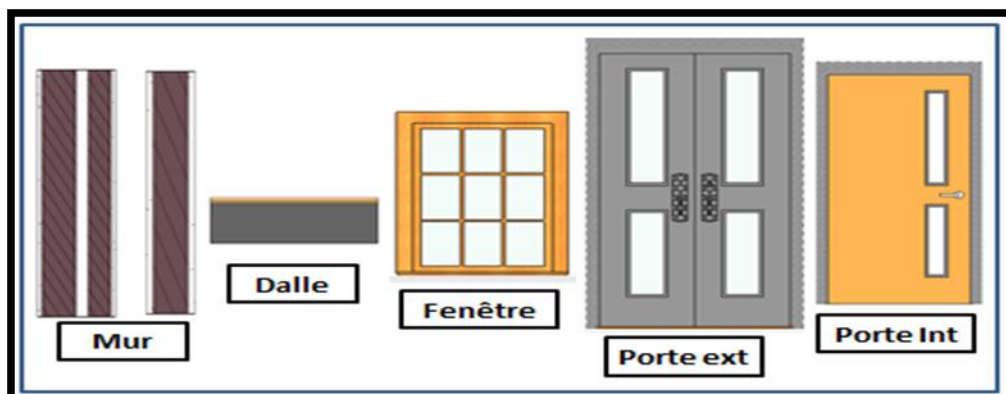


Figure IV. 47 : Les matériaux de modélisation.
Source : auteur.

Pour les ouvertures, les portes sont de matériaux bois avec quelque ouverture en verre simple de 4 mm, les fenêtres en bois avec simple vitrage de 4 mm les dimensions sont prises à partir des plans de construction.

Pour la partie supérieure les atriums sont des surfaces vitrées inclinées, avec des dimensions et angle d'inclinaison, la figure suivant montre ce schéma :

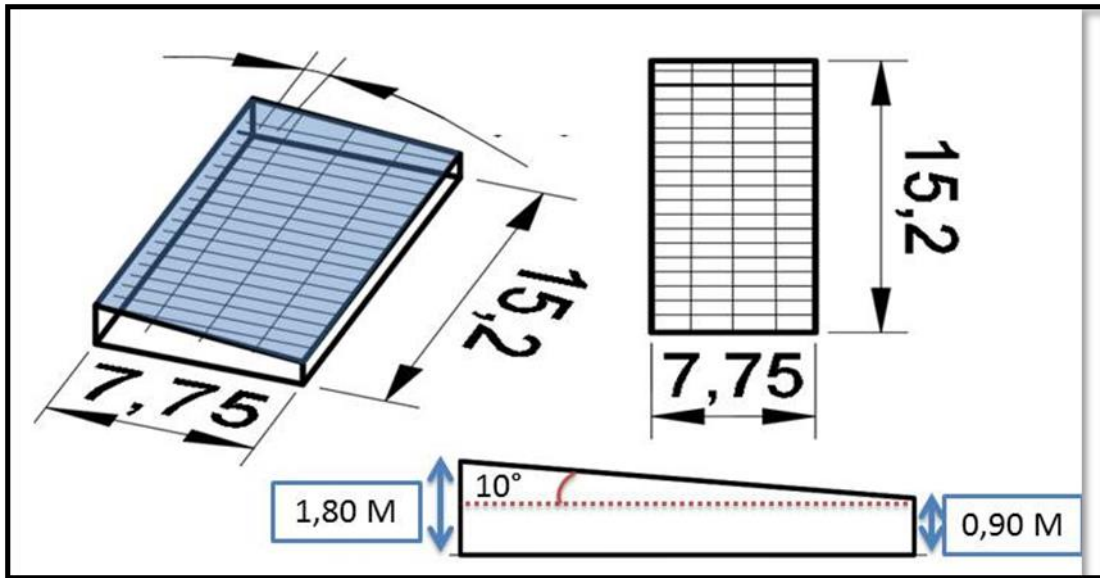


Figure IV. 48 : Dimensions et angle d'inclinaison d'atrium.
Source : auteur.

Les surfaces vitrées inclinée sont traitées par une verrière en polycarbonate qui est supporté par une ossature en charpente métallique simple.

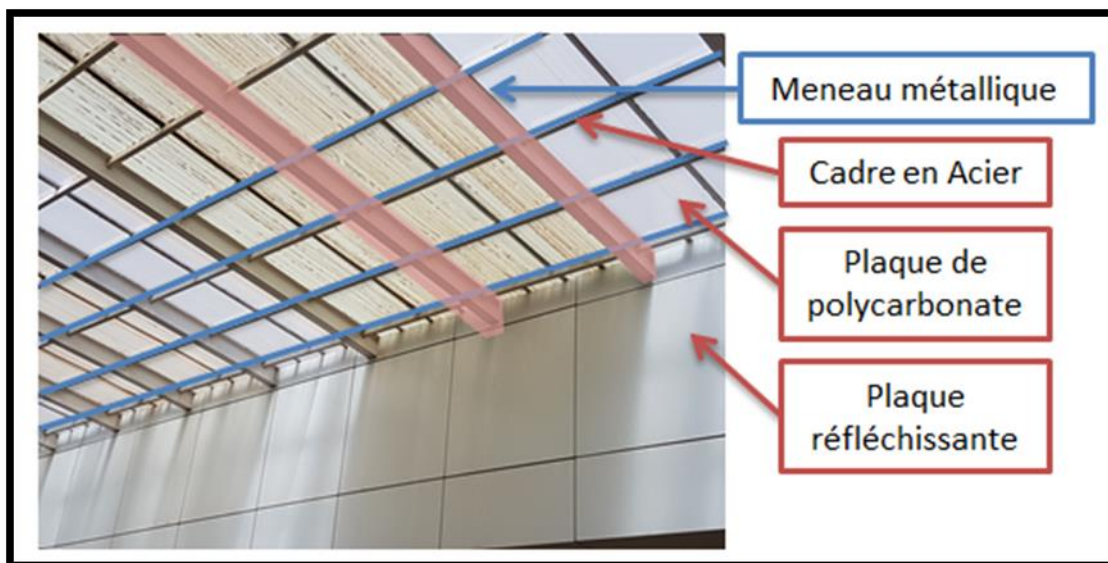


Figure IV. 49 : Détail de fixation d'atrium.
Source : auteur.

Le polycarbonate est un des thermoplastiques techniques, produits ont de meilleures propriétés mécaniques que le polymère renforcé par des fibres de verre ce qui donne de meilleurs propriétés mécaniques à température élevée. (Source)

Le résultat final sur 'Revit Autodesk' est comme suite

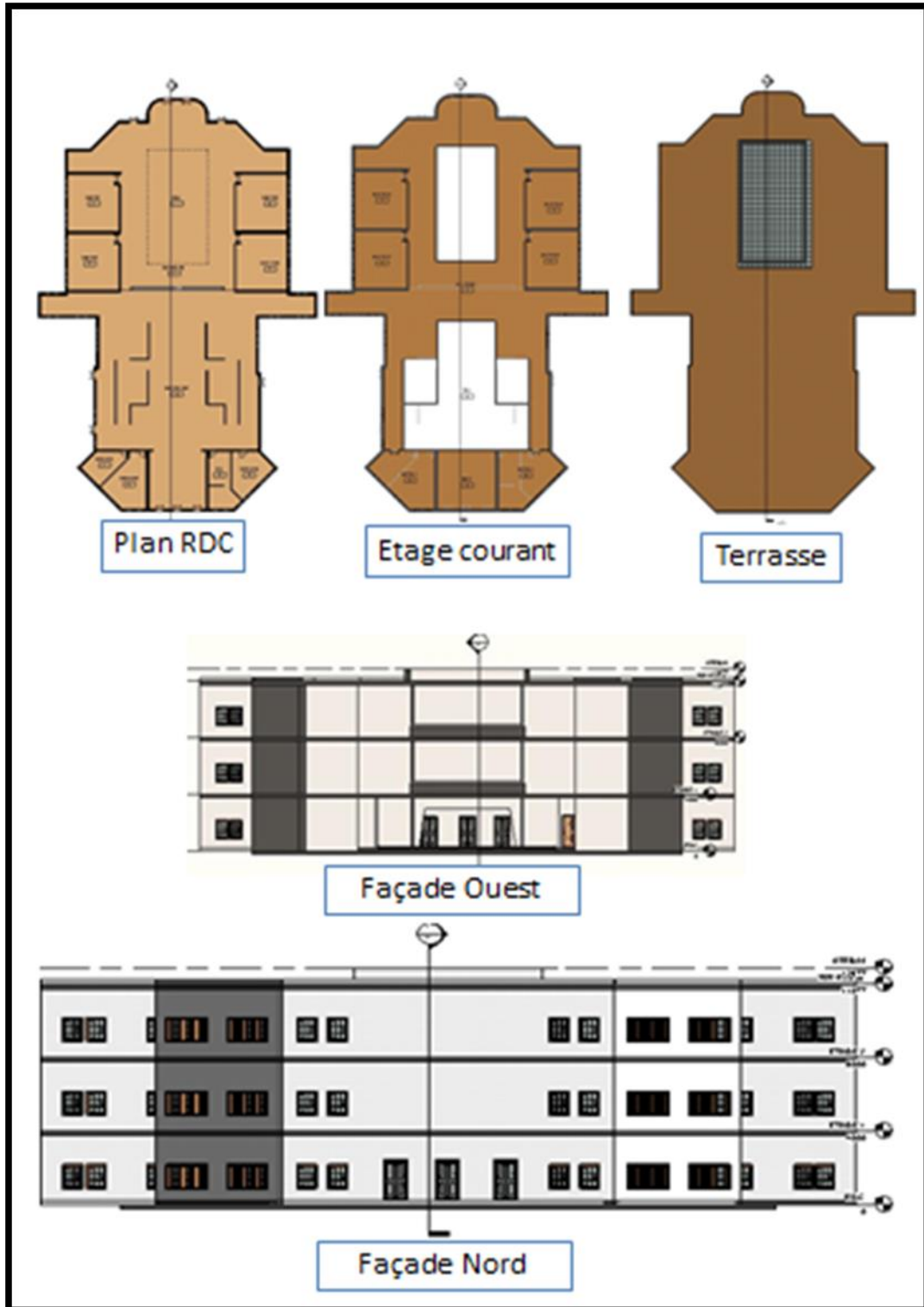


Figure IV. 50 : La modélisation de projet sciences humaines.
Source : auteur.

L'exportation de modélisation en format 'GBXML' c'est-à-dire l'exportation de la géométrie par ces dimensions, ces matériaux, ces caractéristiques complètes vers logiciel 'Tas EDSL' sur l'interface '3D modeler'.

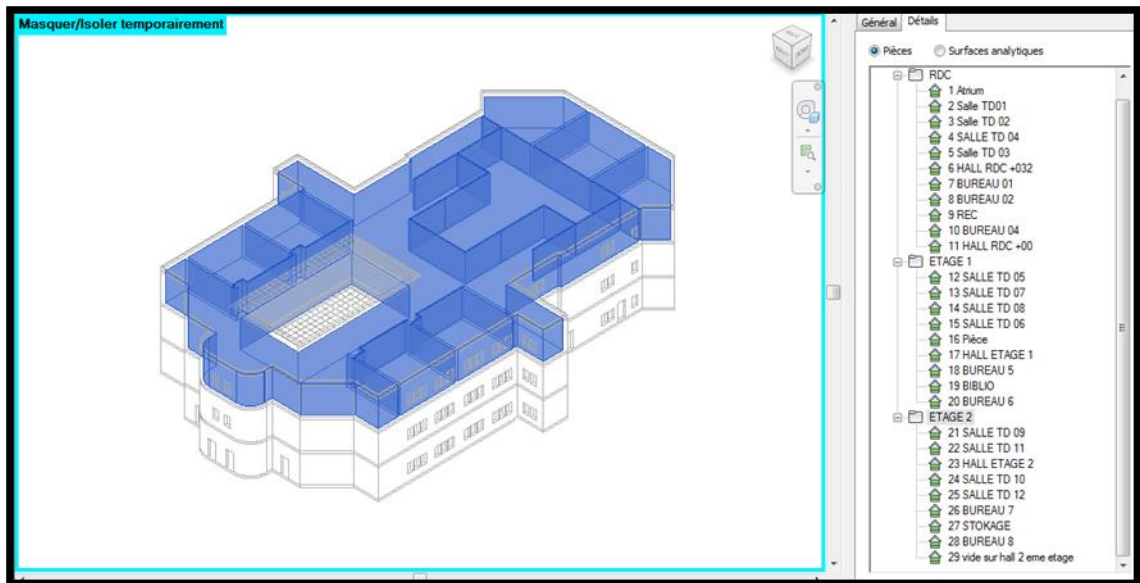


Figure IV. 51 : L'exportation de modélisation en format 'GBXML'.

Source : auteur.

Dans l'interface de « T3D Modeler », nous avons assignée les zones par ces espaces pour préparer la modélisation 3D à la simulation, les figures suivantes montrent cette phase :

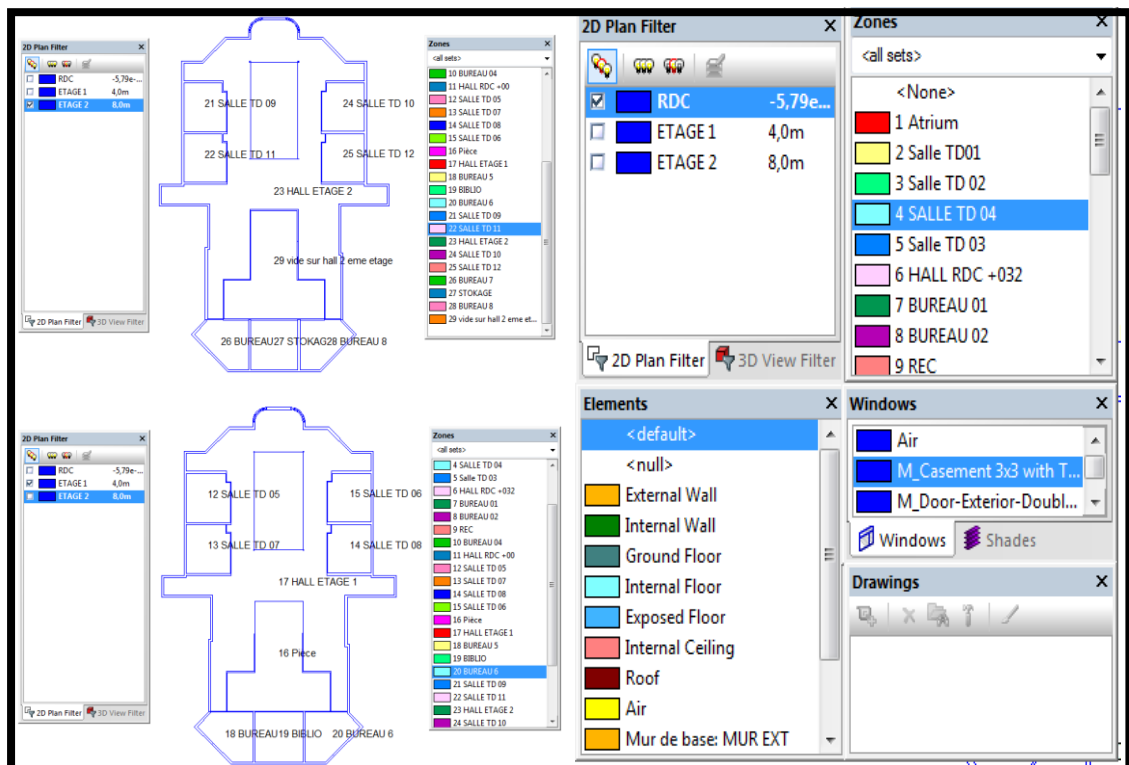


Figure IV. 52 : La modélisation 3D à la simulation.

Source : auteur.

L'orientation des projets virtuels à la même direction par rapport au réel.

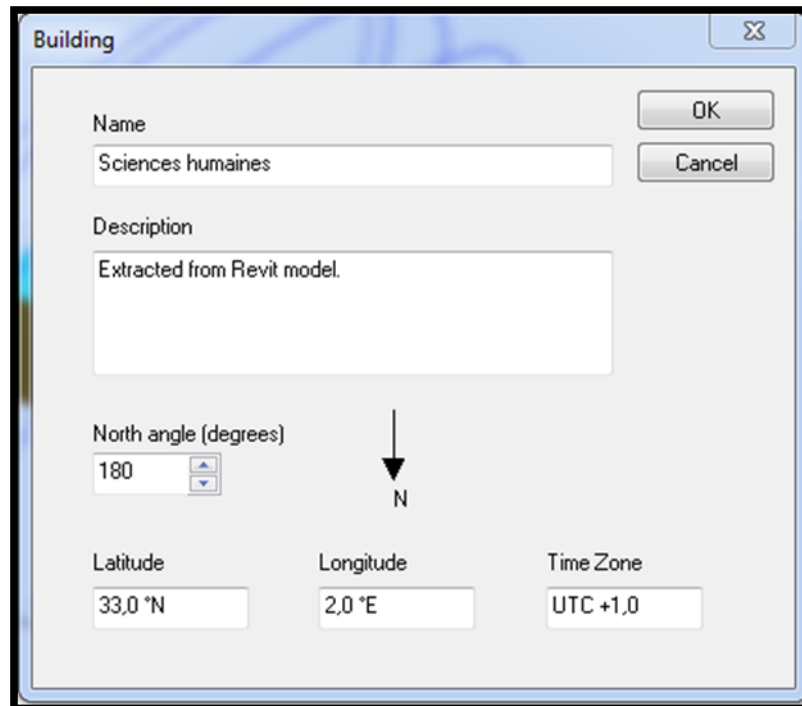


Figure IV. 54 : L'orientation des projets virtuels.
Source : auteur.

Après l'orientation de projet, nous avons relié le projet par sa position par rapport la terre par les coordonnées astronomiques.

Par suite, nous avons exporté le modèle vers l'extension « TBD 'Tas building simulator' » pour relier la géométrie par les matériaux continue la simulation.

Building Elements			
Name	Description	Construction	Building Element Type
External Wall		External Wall	External Wall
Internal Wall		Internal Wall	Internal Wall
Ground Floor		Ground Floor	Internal Floor
Roof		Roof	Roof
atrium		Polycarbonate	Glazing
Internal Floor/Internal...		Internal Floor	Internal Floor
null-floor/Internal Cei...		Internal Floor	Internal Ceiling
Internal Floor/null-cei...		Internal Floor	Internal Floor
Null	Null Building Element		No Type
Window01-frame		Hardwood frame, insulate...	Frame
Window01-pane		4 mm single glazing (clear ...	Glazing
door-frame		Hardwood frame, insulate...	Frame
door-pane		4 mm single glazing (clear ...	Glazing
door int-frame		Hardwood frame, insulate...	Frame
door int-pane		4 mm single glazing (clear ...	Glazing
door class-frame		Hardwood frame, insulate...	Frame
door class-pane		4 mm single glazing (clear ...	Glazing
New Window-frame		Hardwood frame, insulate...	Frame
New Window-pane		4 mm single glazing (clear ...	Glazing

Constructions	
Name	
External Wall	
Internal Wall	
Internal Floor	
Hardwood frame, insulated (warm edge) .	
4 mm single glazing (clear glass)	
Polycarbonate	
Ground Floor	
Roof	

Internal Conditions	
Name	
Unconditioned atrium	
Classroom closed	
Utility	
Office closed	

Zones						
No.	Name	Volume (m ³)	Floor Area (m ²)	No. Surfaces	Internal Condition	IZA
1	Salle TD 05	399,539	105,142	28	Classroom closed	
2	Salle TD 06	398,824	104,954	27	Classroom closed	
3	Salle TD 07	394,507	103,818	28	Classroom closed	
4	Salle TD 08	395,702	104,132	26	Classroom closed	
5	HALL 1er ETAGE	5669,848	1484,779	144	Utility	
6	BUREAU 3	611,796	160,999	20	Classroom closed	
7	BIBLIO	636,237	167,431	18	Utility	
8	Salle TD 01	193,378	52,264	13	Classroom closed	
9	Salle TD 02	195,647	52,878	12	Classroom closed	
10	Salle TD 03	192,062	51,909	13	Classroom closed	
11	Salle TD 04	192,644	52,066	12	Classroom closed	
12	BUREAU 01	99,774	26,966	9	Classroom closed	
13	BUREAU 2	100,725	27,223	9	Classroom closed	
14	HALL RDC	3087,516	825,806	68	Unconditioned atrium	
15	Patio	638,294	163,665	8	Utility	
16	Zone 19	1044,056	277,719	17	Office closed; Utility; Classroom closed	
17	atrium superieur	101,429	106,775	6	Unconditioned atrium	

Figure IV. 55 : Les matériaux utilisés pour la simulation.

Source : auteur.

Pour les éléments constructifs et ces composants en plus les internes conditions et les zones, nous avons établi le bâtiment hermétique.

Tout d'abord nous avons programmé un calendrier pour faire les simulations durant une année afin d'obtenir le bilan énergétique de projet.

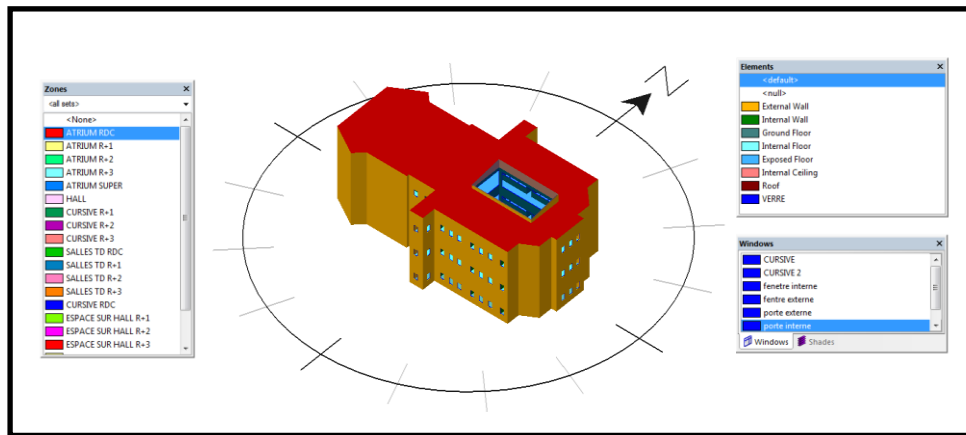


Figure IV. 56 : Cas existant de projet sciences humaines.
Source : auteur.

✚ Cas existant : angle 10° orientée Sud avec surface de verrière

Dans le cas existant du bâtiment, les charges annuelles de consommation de l'énergie en matière de chauffage et refroidissement sont **28.3 KWh/m²**.

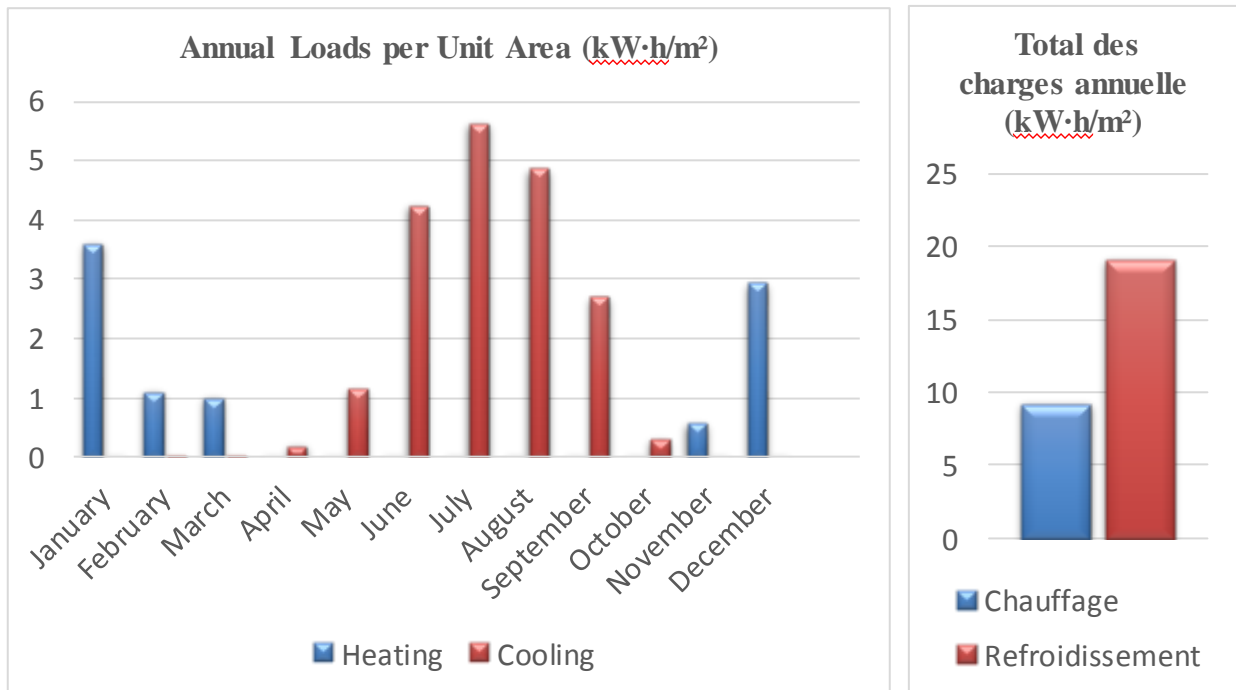


Figure IV. 57 : Le bilan énergétique annuel de projet sciences humaines cas existant.
Source : auteur.

✚ Cas amélioré : angle d'inclinaison 43° et orientation Sud-Ouest avec une verrière en Polycarbonate

L'amélioration du bâtiment avec le changement de l'angle d'atrium de 10° à 43° en plus l'orientation du Sud au Sud-Ouest.

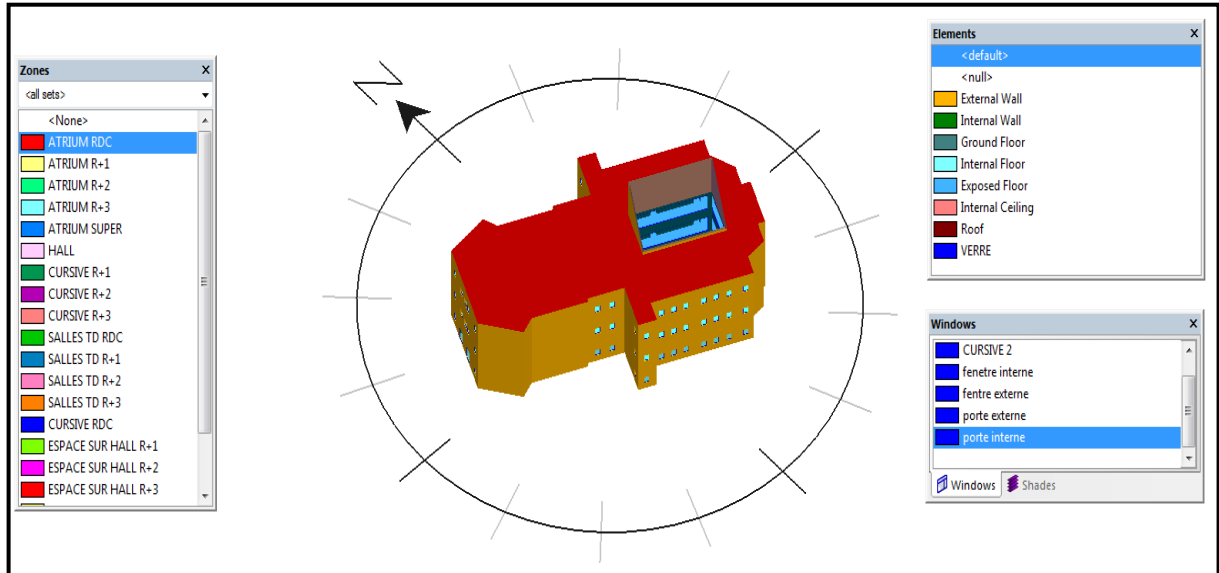


Figure IV. 58 : Cas amélioré de projet sciences humaines.
Source : auteur.

D'après les améliorations sur l'atrium du bâtiment, les charges annuelles du bâtiment en matière consommation énergétique sont changées avec un total des charges de chauffage et de refroidissement de 29.31kw-h/m².

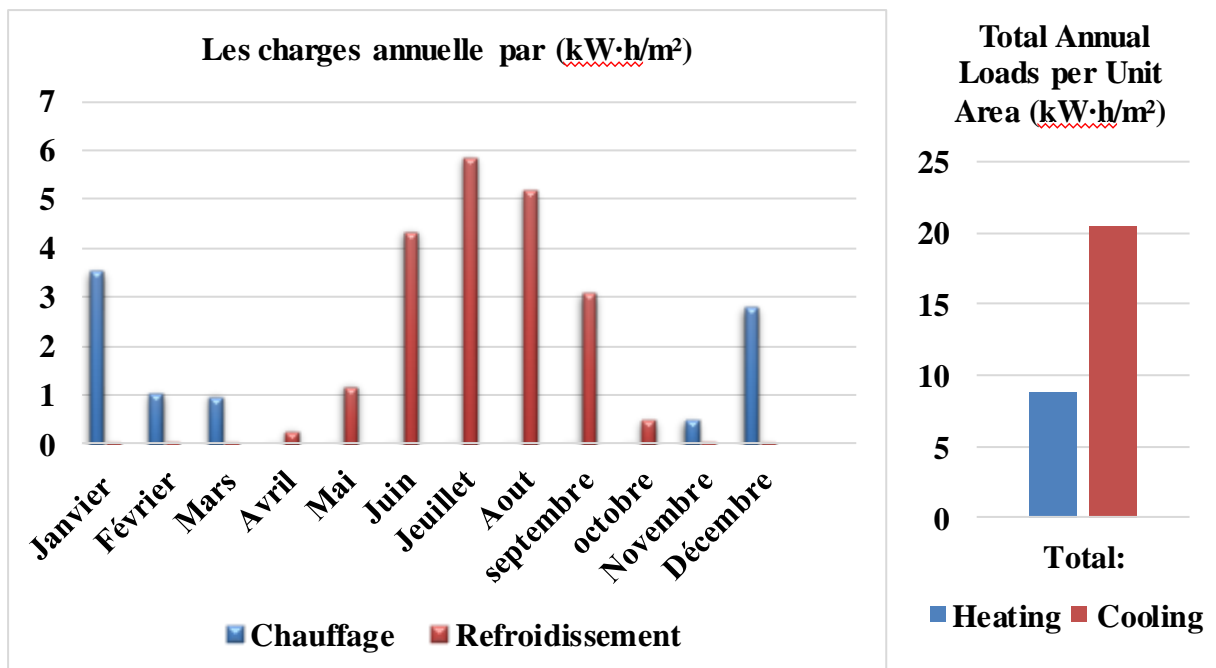
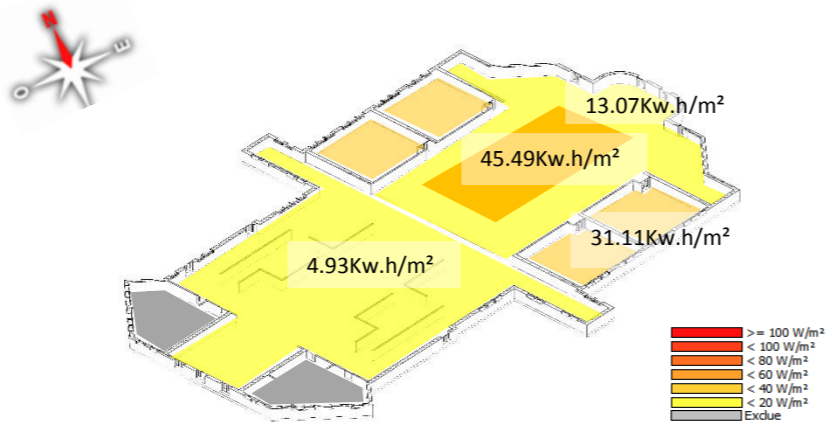
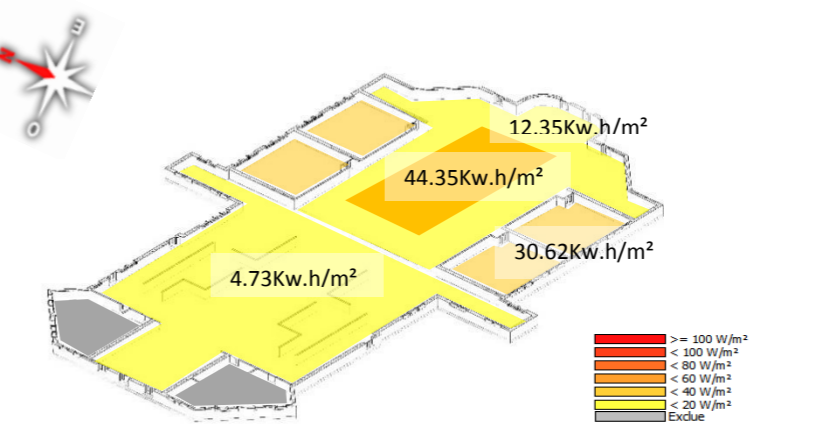
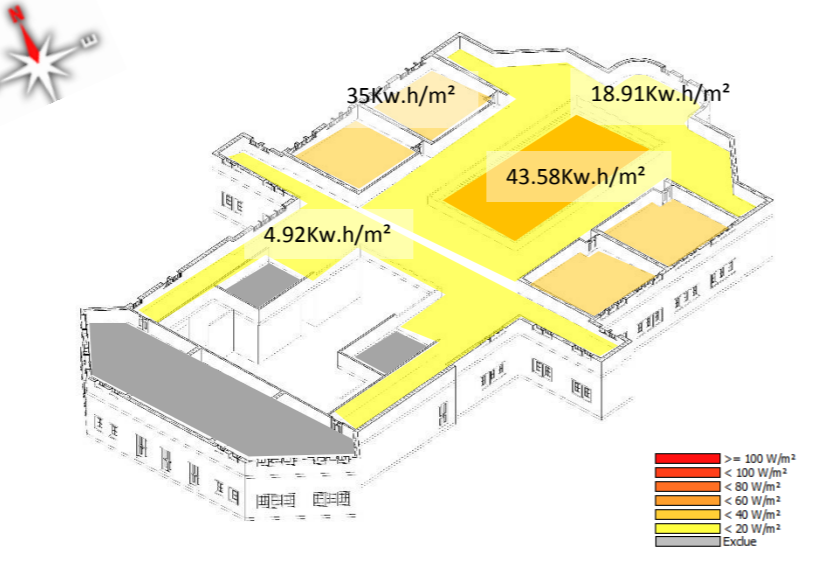
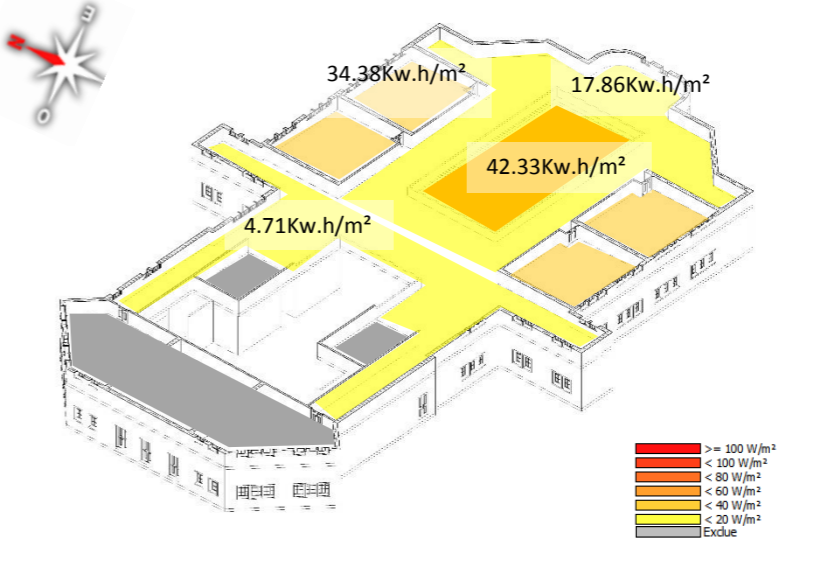
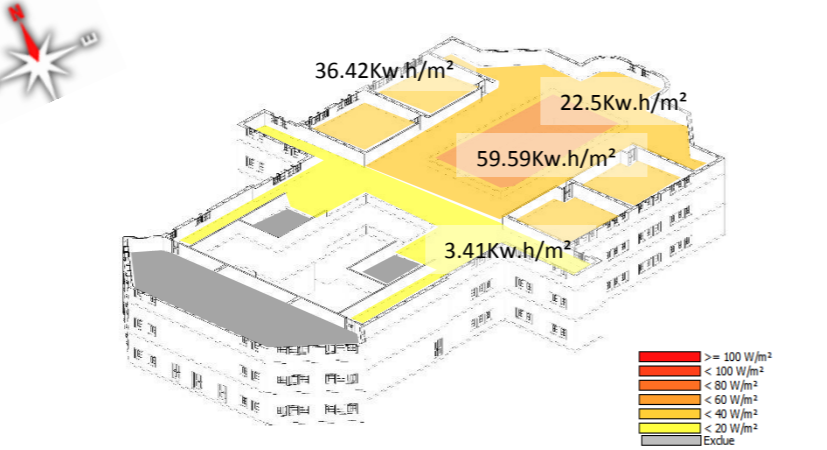
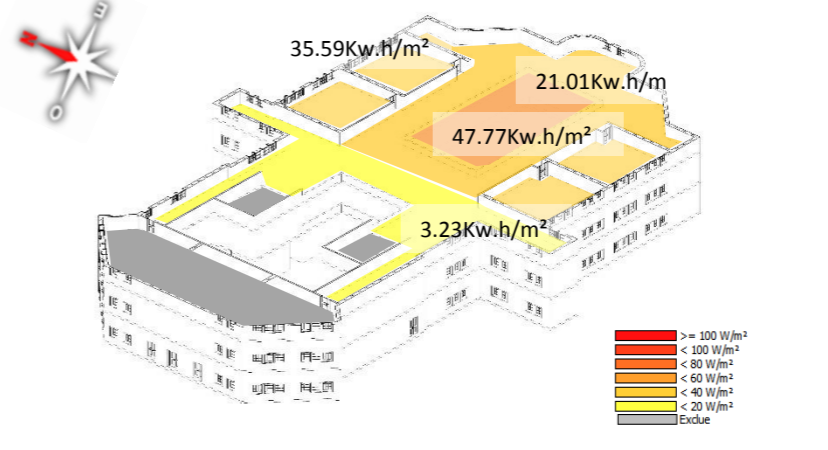


Figure IV. 59 : Le bilan énergétique annuel de projet sciences humaines cas amélioré.
Source : auteur.

Le tableau suivant montre la consommation annuelle de l'énergie de l'atrium du bâtiment de faculté des sciences humaines et ces espaces adjacents en le cas existant et le cas améliorer.

D'après les améliorations, la consommation de l'énergie est régressée dans tous les espaces adjacents de l'atrium, lorsqu'on prend les cursives comme exemple de comparaison, dans le cas existant la consommation énergétique dans les cursives R+1 et R+2 baissé respectivement par **0.72 KWh/m²** et **1.05 KWh/m²**.

Dans l'espace atrium les améliorations optées permis d'économiser la consommation de l'énergie par **1.14 KWh/m²** dans le niveau RDC et **1.25 KWh/m²** dans le premier étage et **11.87 KWh/m²** dans le deuxième étage.

	Cas existant	Cas amélioré avec angle d'inclinaison 43° et orientation Sud-Ouest
PLAN RDC	 <p>Energy performance map for the existing ground floor (RDC). The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 4.93Kw.h/m², 13.07Kw.h/m², 45.49Kw.h/m², 31.11Kw.h/m²</p>	 <p>Energy performance map for the improved ground floor (RDC) with a 43° slope and SW orientation. The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 4.73Kw.h/m², 12.35Kw.h/m², 44.35Kw.h/m², 30.62Kw.h/m²</p>
PLAN 1 ^{er} étage	 <p>Energy performance map for the existing first floor (1^{er} étage). The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 4.92Kw.h/m², 35Kw.h/m², 18.91Kw.h/m², 43.58Kw.h/m²</p>	 <p>Energy performance map for the improved first floor (1^{er} étage) with a 43° slope and SW orientation. The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 4.71Kw.h/m², 34.38Kw.h/m², 17.86Kw.h/m², 42.33Kw.h/m²</p>
PLAN 2 ^{ème} étage	 <p>Energy performance map for the existing second floor (2^{ème} étage). The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 3.41Kw.h/m², 36.42Kw.h/m², 22.5Kw.h/m², 59.59Kw.h/m²</p>	 <p>Energy performance map for the improved second floor (2^{ème} étage) with a 43° slope and SW orientation. The map shows energy consumption in Kw.h/m² across different zones. A legend indicates energy intensity ranges in W/m²: >= 100 (red), < 100 (orange), < 80 (yellow), < 60 (light yellow), < 40 (pale yellow), < 20 (very pale yellow), and Exclue (grey). A north arrow is present.</p> <p>Values: 3.23Kw.h/m², 35.59Kw.h/m², 21.01Kw.h/m², 47.77Kw.h/m²</p>

10.2 Conclusion

Dans cette partie, nous avons vues les évaluations de la consommation énergétique sur plusieurs cas d'étude de différent paramètre afin d'estimer l'impact de l'intégration des atriums de surface verrière inclinée sur la consommation énergétique dans les bâtiments dans un contexte chaud et aride et prévoir les combinaisons adéquates ensuite faire les essais des résultats conclus sur des projets existants avant l'intégrer dans notre conception de laboratoire d'architecture et de génie civile.



Partie D

11. Comparaison énergétique entre les différents scenarios

11.1. Pour un gabarit (R+1)

11.1.1. Les charges de chauffage

D'après les évaluations de la performance énergétique des cas de gabarit R+1, la combinaison la plus favorable au contexte climatique de Laghouat en matière d'économie d'énergie, est le cas N°02 avec une forme de base d'atrium carré et une surface de verrière par le double vitrage, cependant la combinaison la plus défavorable ou bien le plus consommateur des énergies de chauffage est le cas N°04 avec une forme d'atrium rectangulaire et une surface vitré par le polycarbonate.

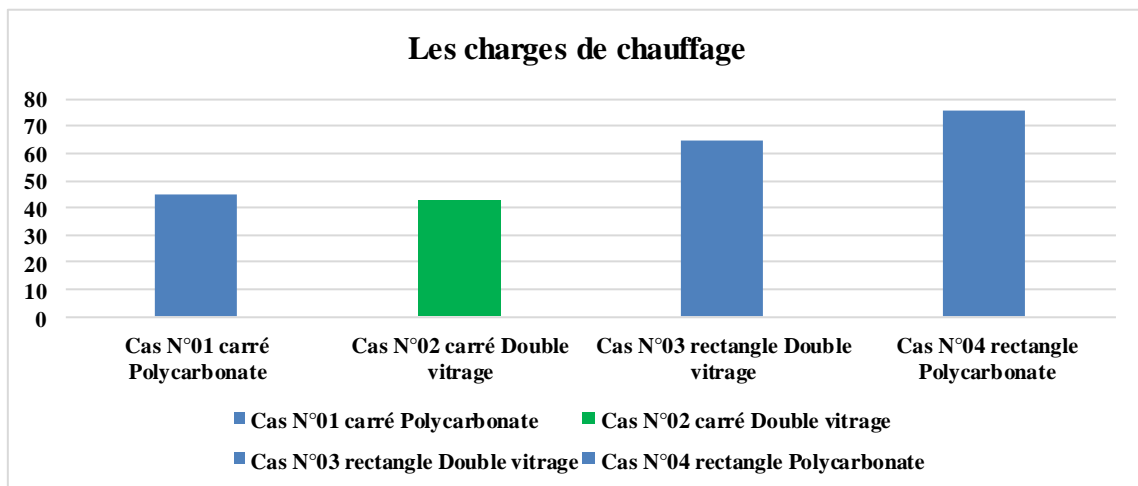


Figure IV. 60 : Les charges de chauffage cas de gabarit R+1.
Source : auteur.

11.1.2. Les charges de refroidissement

La combinaison la plus favorable au contexte climatique de Laghouat en matière d'économie est le cas N°01 avec une forme de base d'atrium carré et une surface de verrière par le polycarbonate, cependant la combinaison la plus défavorable ou bien le plus consommateur des énergies de refroidissement est le cas N°03 avec une forme d'atrium rectangulaire et une surface vitré par le double vitrage.

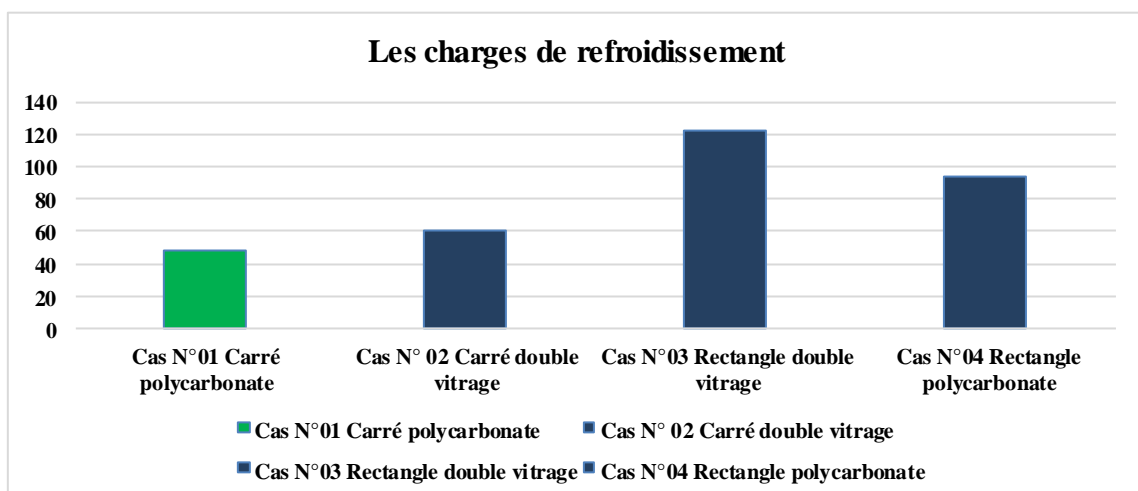


Figure IV. 61 : Les charges de refroidissement cas de gabarit R+1. Source : auteur.

11.1.3. Les charges annuelles des cas de gabarit R+1

Afin de comparer entre les quatre cas d'étude de gabarit R+1, les graphes suivants montrent la somme des différents cas, le cas le plus favorable est le cas N°02 avec un atrium de section de base carré avec le polycarbonate ; le cas le plus défavorable est la combinaison N°04 avec une forme de base rectangulaire et surface de verrière par le polycarbonate.

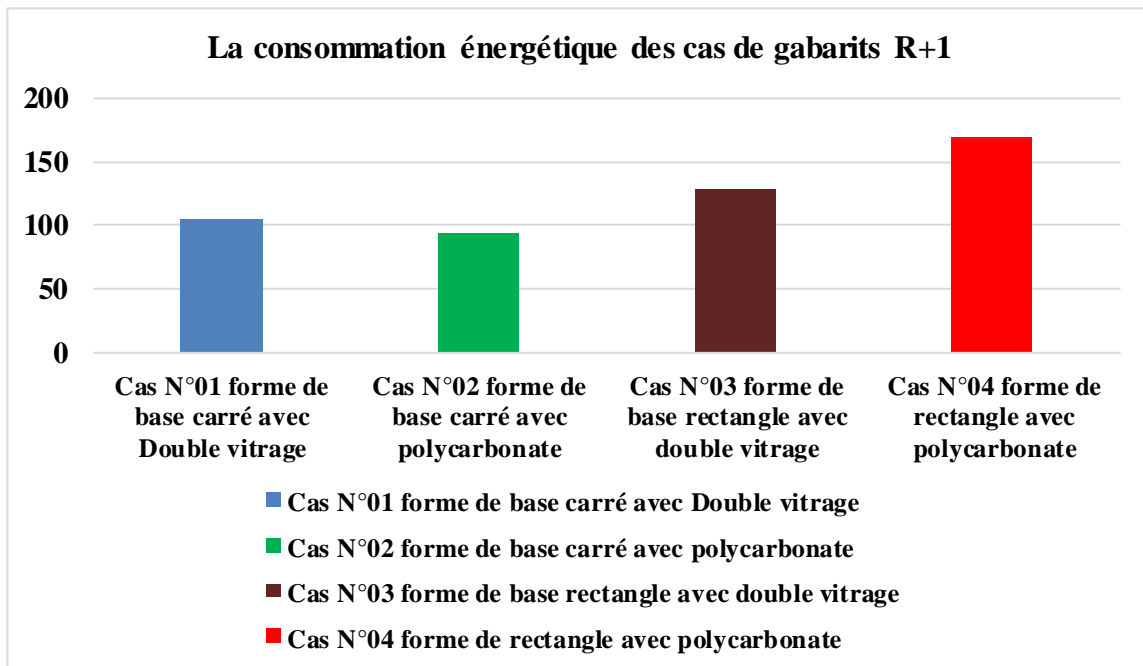


Figure IV. 62 : Les charges annuelles cas de gabarit R+1.
Source : auteur.

11.2. Pour un gabarit (R+3)

11.2.1. Les charges de chauffage

D'après les évaluations de la performance énergétique des cas de gabarit R+3 la combinaison la plus favorable au contexte climatique de Laghouat en matière d'économie est le cas N°01 avec une forme de base d'atrium carré et une surface de verrière par le polycarbonate, cependant la combinaison la plus défavorable ou bien le plus consommateur des énergies de chauffage est le cas N°02 avec une forme d'atrium carré et une surface vitré par le double vitrage.

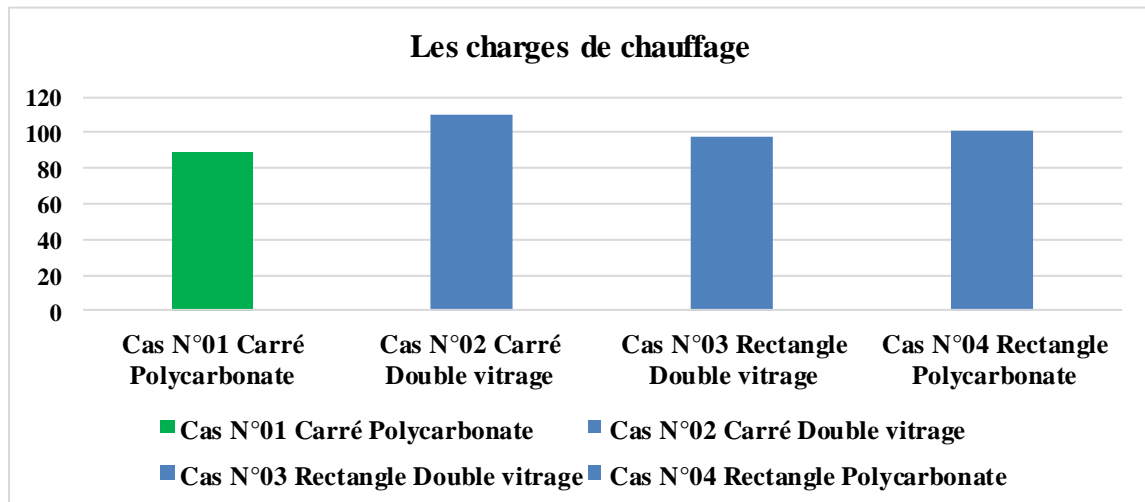


Figure IV. 63 : Les charges de chauffage cas de gabarit R+1.
Source : auteur.

11.2.2. Les charges de refroidissement

La combinaison la plus favorable au contexte climatique de Laghouat en matière d'économie est le cas N°01 avec une forme de base d'atrium carré et une surface de verrière par le polycarbonate, cependant la combinaison la plus défavorable ou bien le plus consommateur des énergies de refroidissement est le cas N°02 avec une forme d'atrium carré et une surface vitré par le double vitrage.

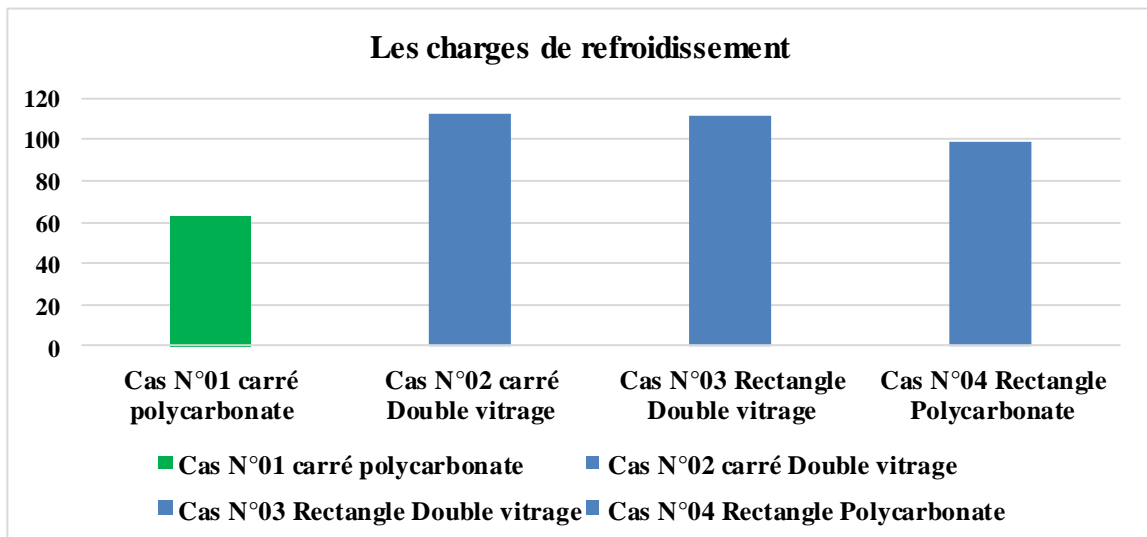


Figure IV. 64 : Les charges de refroidissement cas de gabarit R+1.
Source : auteur.

11.2.3. Les charges annuelles des cas de gabarit R+3

Afin de comparer entre les quatre cas d'étude de gabarit R+3, les graphes suivants montrent la somme des différents cas, le cas le plus favorable est le cas N°02 avec un atrium de section de base carré avec le polycarbonate ; le cas le plus défavorable est le combinaison N°01 avec une forme de base carré et surface de verrière par le double vitrage.

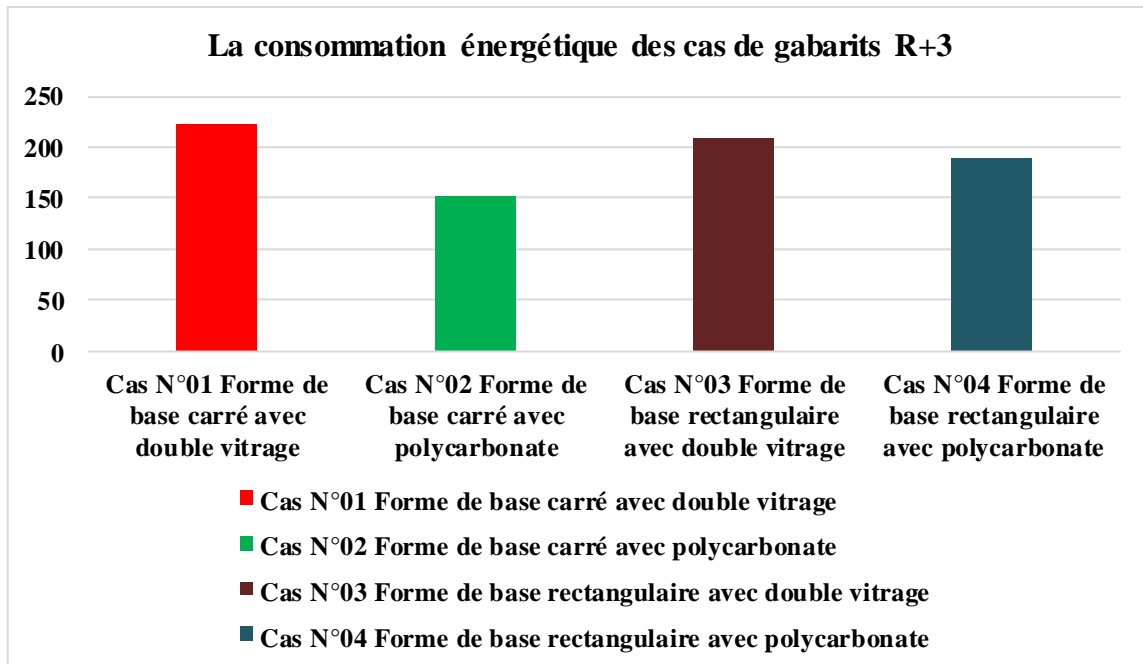


Figure IV. 65 : Les charges annuelles des cas de gabarit R+1.
Source : auteur.



CHAPITRE V
ÉTUDE CONCEPTUEL

Introduction

Chaque conception architecturale est basée sur des principes et concepts, ainsi qu'une idée conceptuelle compatible avec des données relatives à la typologie du projet, au contexte, à la référence thématique afin de prévoir et réaliser un projet original et fonctionnel et rationnel en matière de consommation énergétique.

1.Principes et concepts

1.1.Concepts liées au site

Perméabilité le projet architectural doit être facilement accessible, facile à contrôler de tous les accès, c'est la notion de la sécurité.

Notion de repère le projet architectural doit être un élément de repère afin que les gens puissent se repérer par rapport à ce dernier que ce soit par sa forme, son gabarit.

1.2.2.Concepts liées à l'architecture

Symbolisme : l'utilisation du symbolisme afin d'exprimer la fonction du projet par sa géométrie, Ainsi pour valoriser notre projet par un aspect formelle important.

Géométrie : La géométrie pour maîtriser l'espace, le moyen de transcription formelle et organisationnelle du projet. « *Les formes primaires sont les plus belles formes car elles se lisent clairement* » le Corbusier une encyclopédie monographique 1987.

Articulation : « *elle accentue l'autonomie de parties et met en valeur l'existence et le rôle particulier des différents entités* » (Pierre van Mies de la forme au lieu 20 Septembre 2012). Ce terme désigne les relations existantes entre plusieurs composantes autonomes d'un système donné, elle se définit dans notre projet par l'articulation du projet avec son environnement immédiat, l'articulation entre les deux blocs architecture et génie civile, l'articulation de fonctionnement de du projet par sa géométrie.

Monumentalité : notre projet voient assignes de plus en plus un rôle déterminant dans la composition urbaine universitaire, traditionnellement repère dans l'université ils doivent accentuer aujourd'hui leur lisibilité. « Ce qui appelle à une certaine monumentalité de l'édifice ».

Continuité : elle exprime une corrélation et complémentarité entre les deux entités architecture et génie civile

Transparence : pour la continuité visuelle entre les différents espaces à l'extérieur du projet.

2.Genèse du projet

La genèse de notre projet est divisée par plusieurs étapes, qui sont comme suite :

Un axe fort de visibilité : Un axe majeur à partir lequel on aura une vue globale sur notre projet.

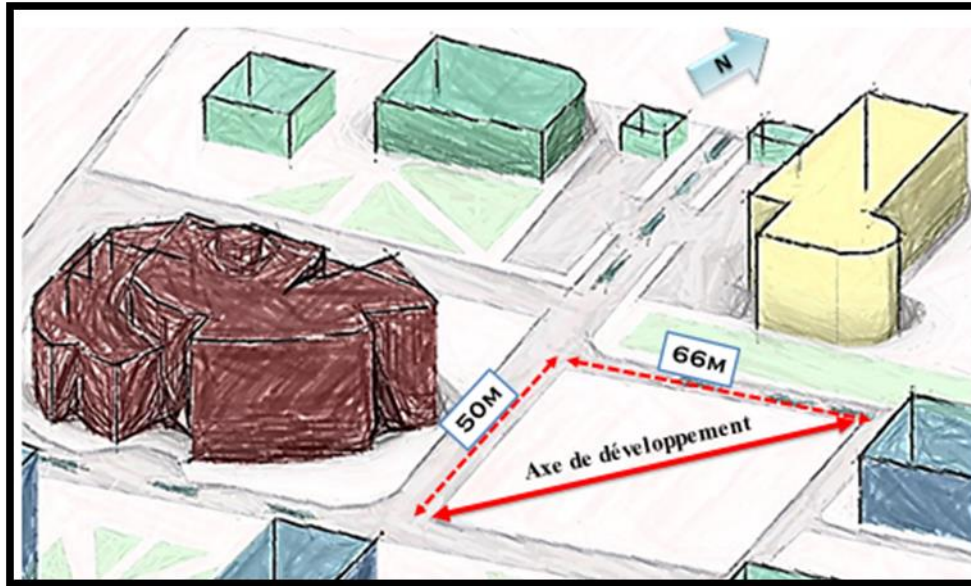


Figure V. 1 : L'emplacement de l'axe de visibilité sur le site.
Source : auteur.

2.1.L'accessibilité

Le recule : 5 m pour matérialiser notre projet, et réduire la propagation du bruit et assurer la sécurité, et pour donner une valeur d'importance à notre projet.

L'accès principale piétonne: se situe sur l'axe principale pour qu'il soit visible et l'autre accès se situer en face de département de Génie civil.

L'accès mécanique et le parking : sont placés sur la voie Nord- Ouest et à l'Ouest, qui seront caractérisés par un faible flux mécanique, parce qu'ils se situent à proximité de l'entrée postérieure de l'université.

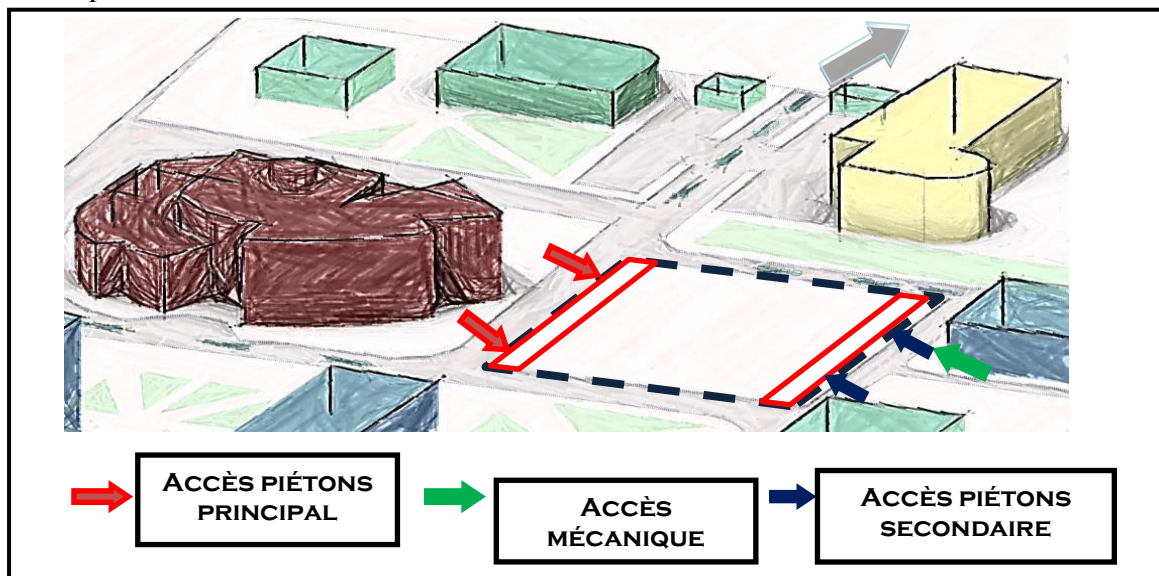


Figure V. 2 : L'accessibilité au site.
Source : auteur.

La masse bâtie du projet : est implantée au centre du terrain et sur l'axe majeur de la composition.

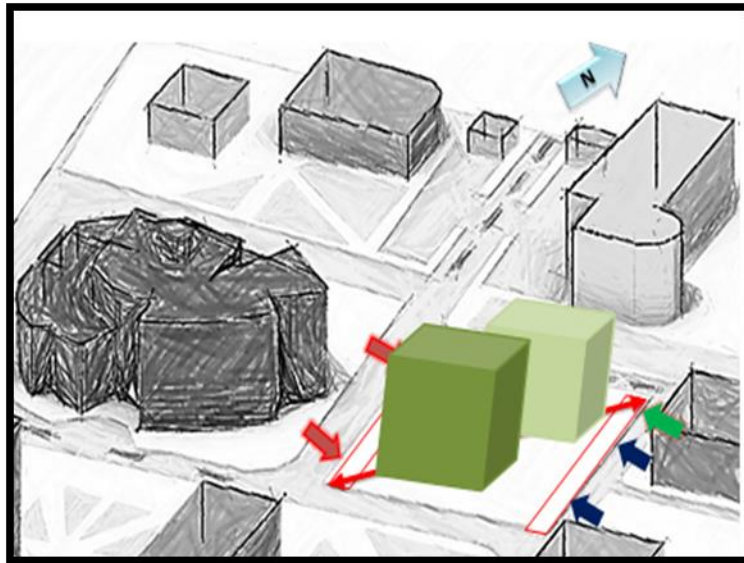


Figure V. 3 : La surface bâtie et non bâtie.
Source : auteur.

2.2.L'organisation spatiale

L'organisation spatiale de notre projet, c'est l'aboutissement de l'organigramme fonctionnel afin d'assurer le bon fonctionnement du projet (L.A.G). Et nous avons pris en considération plusieurs facteurs parmi ces facteurs, la facilité d'accessibilité et de circulation, la sécurité, l'échange, la complémentarité.

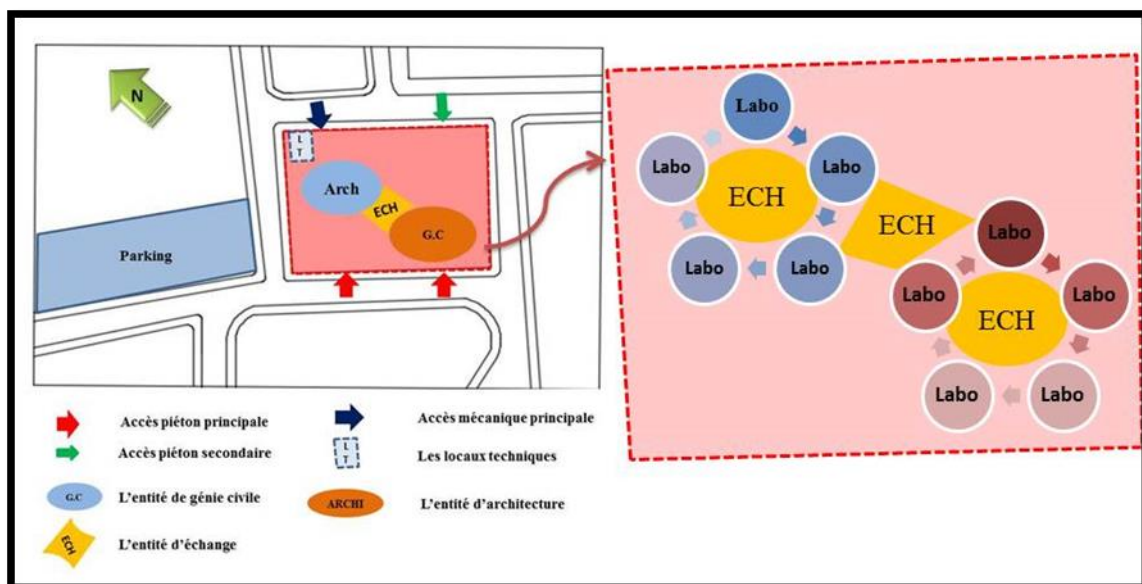


Figure V. 4 : L'organigramme spatiale.
Source : auteur.

2.3.L’organigramme fonctionnel

La figure suivante montre l’organigramme fonctionnel, où nous avons aboutis à une organisation spatiale qui assure le fonctionnement de projet.

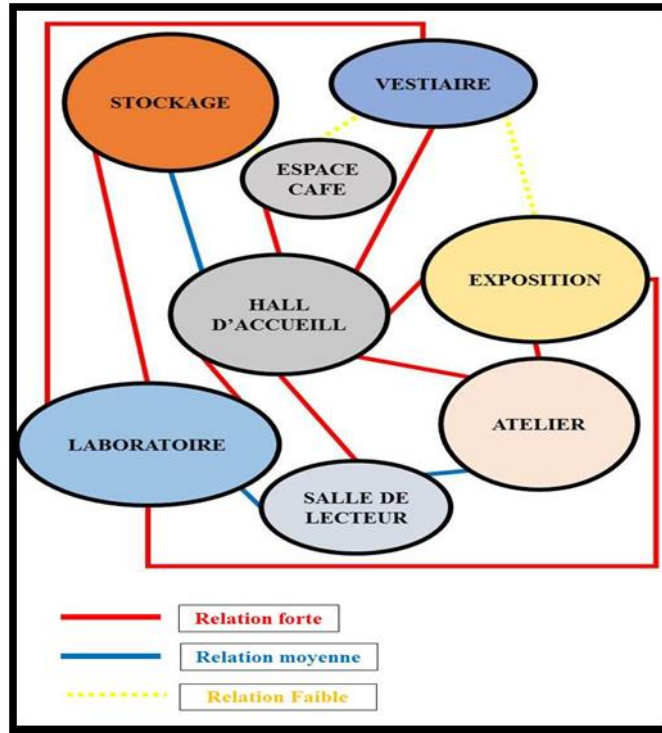


Figure V. 5 : L’organigramme fonctionnel.

Source: auteur.

N.B : Nous avons pris en considération le poids (décent des charges) des équipements composants des laboratoires lors d’affectation des espaces verticalement, où les espaces équipés par des machines lourdes sont aux niveaux inférieurs.

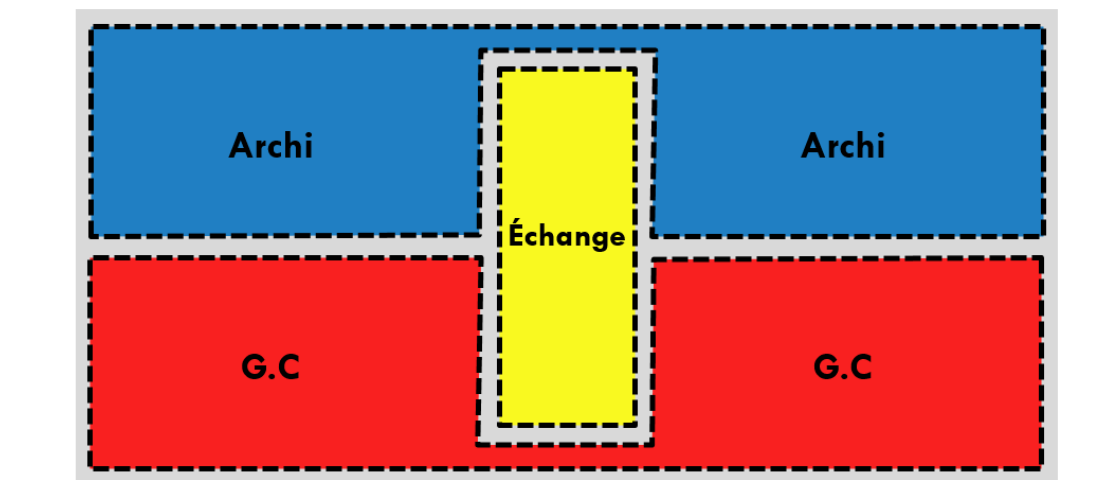


Figure V. 6 : coupe schématique montre l'organisation spatiale verticale.

Source : auteur.

3.Schéma des principes

Pour réussir la conception du laboratoire de recherche d'architecture et de génie civil à l'université de la ville du Laghouat, nous devons prendre en considération les quatre volés conceptuels qui jouent le rôle des lignes directrices du projet ; contextuel, l'art (architecture et Génie civil), durabilité, fonctionnalité.

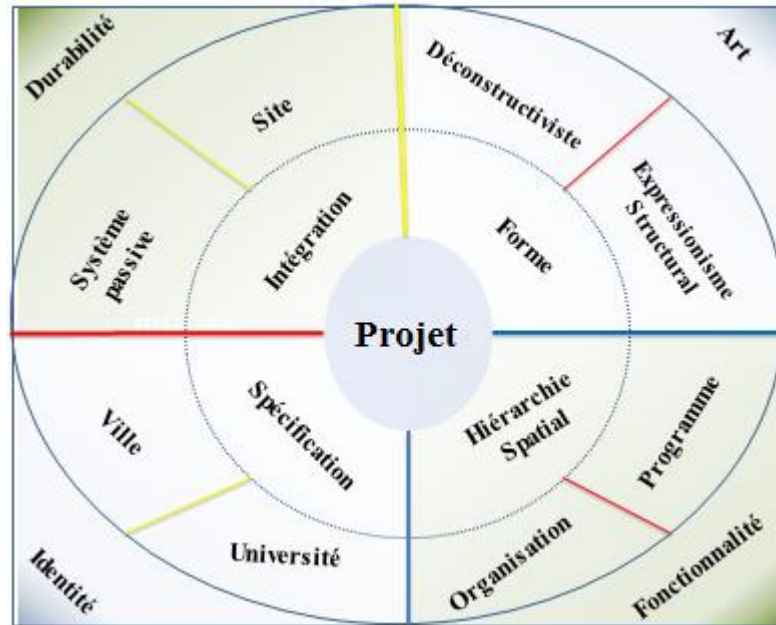


Figure V. 7 : Schéma des principes.
Source : auteur.

3.1.Contextuel

Pour le contexte nous avons pris en considération la ville et l'université.

3.2.La ville

Lorsque on parle de la ville de Laghouat, on évoque une identité matérielle qui se réside dans un patrimoine architectural, parmi ces caractéristiques, une organisation spatial compact et introvertie autour d'un patio centrale (vise versa).

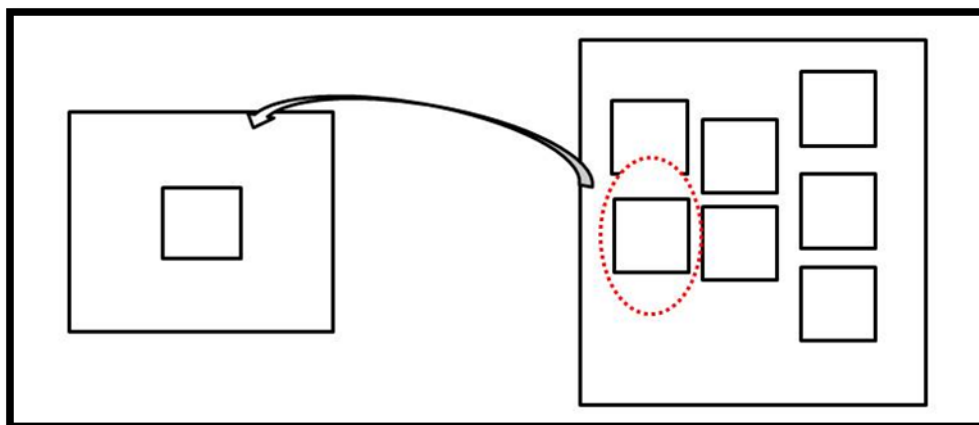


Figure V. 8 : schéma sur un tissu urbain traditionnel à Laghouat.

Source: auteur.

3.3. L'université

La composition urbaine dans le campus universitaire de Laghouat caractérisé par une spécification d'organisation des bâtiments d'une manière des formes monobloc compact.

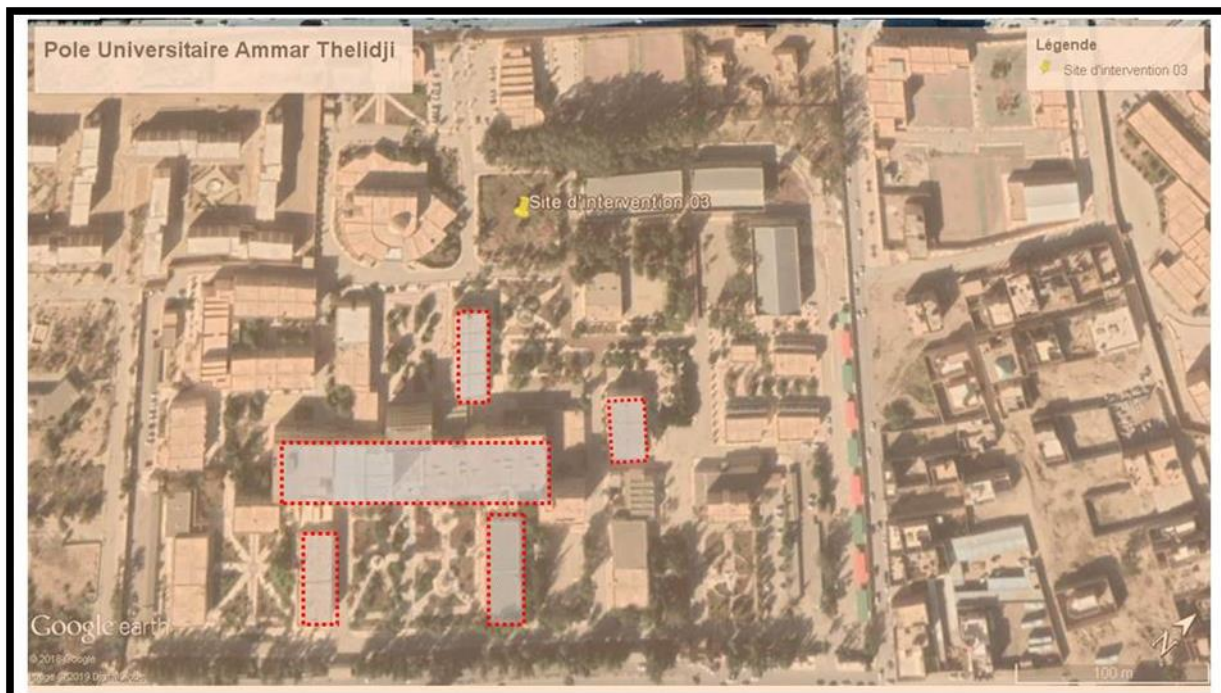


Figure V. 9 : Photo satellite sur le pôle universitaire Ammar Thelidji.

Source : Google maps.

Afin de valoriser notre projet, Laboratoire de recherche d'architecture et de Génie civil, nous avons choisi deux formes parallélépipédiques inspirées directement de la typologie de la ville ancienne, des formes parallélépipédiques, introvertie autour d'un patio, et cette typologie s'inscrit dans la spécification de l'université (qui exige des formes monoblocs).

3.4. L'art

Chaque projet architectural s'inscrit dans une typologie artistique spécifique, donc nous avons cherchés une volumétrie qui symbolise d'une part l'architecture, et d'autre part le Génie civil. Alors nous avons cherchés deux traitement différents mais complémentaires pour refléter les deux entités (Architecture et génie civil).

Comme on a cherché à symboliser l'idée de projet, la réponse se trouve dans le courant post-modernisme qui est caractérisé par une obsession de symbolisme.

Pour le génie civil nous avons trouvés que le courant le plus compatible avec ce domaine qui est l'ensemble des techniques de bâtiment est le High-tech (expressionnisme structurale) car ce courant est basé sur :

- Glorifications des éléments techniques
- Incorporation des éléments industriels hautement technologique
- Parois lisse animées par les éléments constructifs

Pour l'architecture, l'art de construire les bâtiments, alors nous avons trouvés que le courant le plus compatible est le déconstructivisme, car ce courant est caractérisé par une grande liberté conceptuelle et :

- Architecture proche d'une sculpture.
- Organisation chaotique par des volumes brisés et tronqués, avec une opposition entre structure et enveloppe, entre plancher et mur.
- La fin de l'angle droit et un design non linéaire.

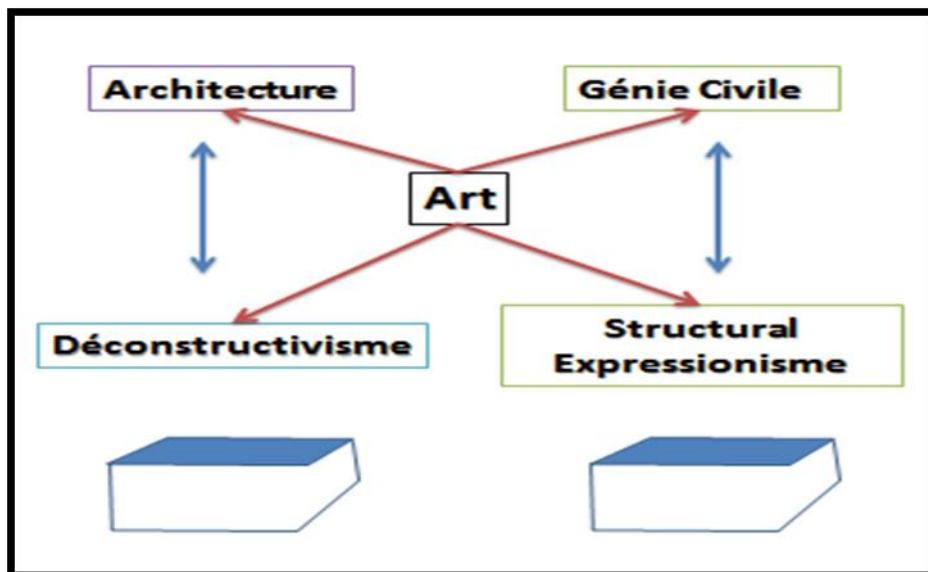


Figure V. 10 : Les volumes composent en l'état initial.
Source : auteur

4. Développement de la volumétrie

Pour bien définir la forme finale de notre projet (Laboratoire de recherche d'architecture et de génie civil) qui présente notre idée conceptuelle, la volumétrie a été passée sur six étapes :

Premier étape, nous avons choisi deux formes parallélépipédiques inspirées directement de la typologie de la ville ancienne, des formes parallélépipédiques, introverties autour d'un patio, une symbolise l'architecture et l'autre symbolise le génie civil

Avant tout notre conception est guidée par l'objet de notre étude sur l'impact d'intégration des atriums dans les zones chaudes et arides, alors au départ nous avons intégré les atriums à la place des patios. Et pour des raisons de méthodologie expérimentales évoquées préalablement, nous avons intégré deux atriums à forme différente, un atrium de section carrée et l'autre de section rectangulaire, ce qui justifie notre choix d'un patio de section carrée et d'un patio de section rectangulaire.

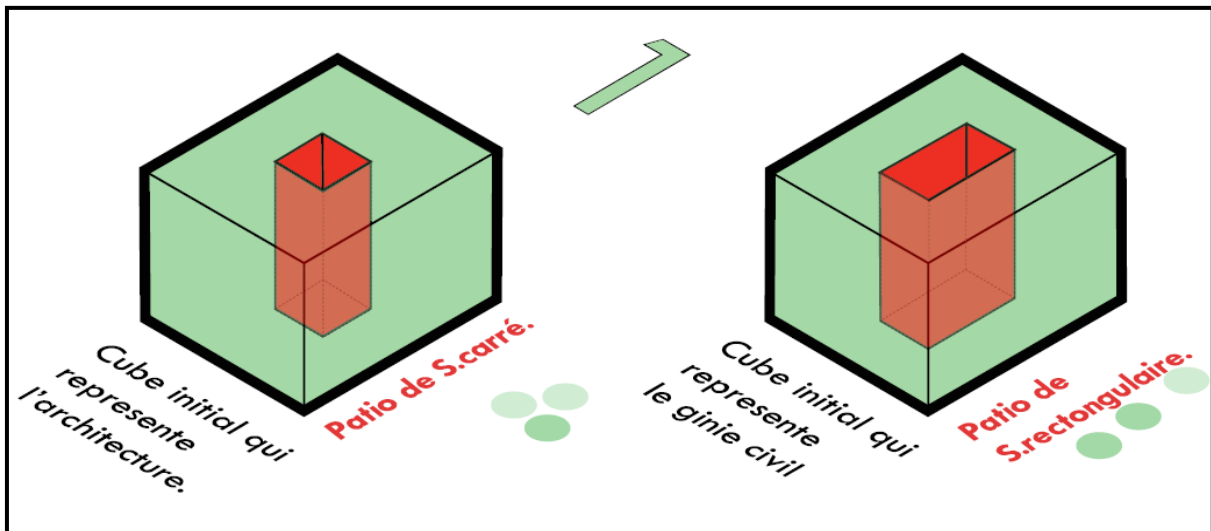


Figure V. 11 : Premier étape.
Source : auteur

Deuxième étape, cette étape est une phase intermédiaire et explicative, où nous avons traité les volumes à partir de l'idée conceptuelle, dans cette étape nous avons essayé de faire la projection de nos principes de base et concrétisé l'idée en matière des volumes, un volume traité à la manière de déconstructivisme, et l'autre à celle du high-tech.

Pour le déconstructivisme nous avons dessiné dans une face une silhouette chaotique et puis nous l'avons rétréci dans l'autre face, est puis nous les avons reliés par extrusion en révolution.

Pour le high-tech nous avons décidé de mettre en avant l'aspect du mouvement (dynamique), alors nous avons créé des faces avec relief topographique.

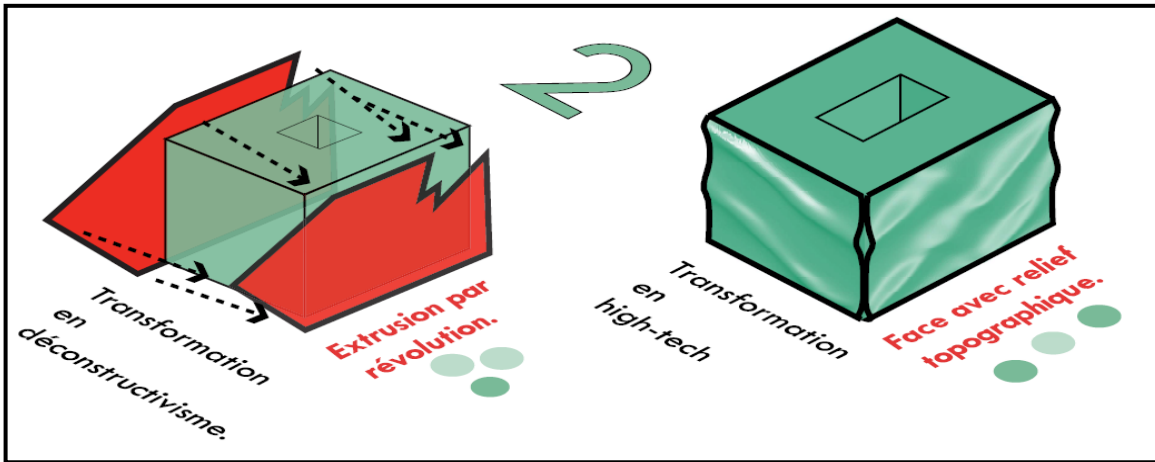


Figure V. 13 : Deuxième étape.
Source : auteur

Troisième étape, pour le volume qui symbolise le déconstructivisme nous avons créé un jeu de volume en retrait et en saillie, afin de créer une richesse volumétrique. Et ainsi nous avons profité des espaces tampons pour limiter le réchauffement des locaux.

Pour le volume qui symbolise le high-tech nous avons conçu des éléments répétitifs verticaux en gardant le même relief pour un effet d'ombrage permanent, et aussi afin de renforcer le principe de high-tech où les parois sont animées par les éléments constructifs préfabriqués.

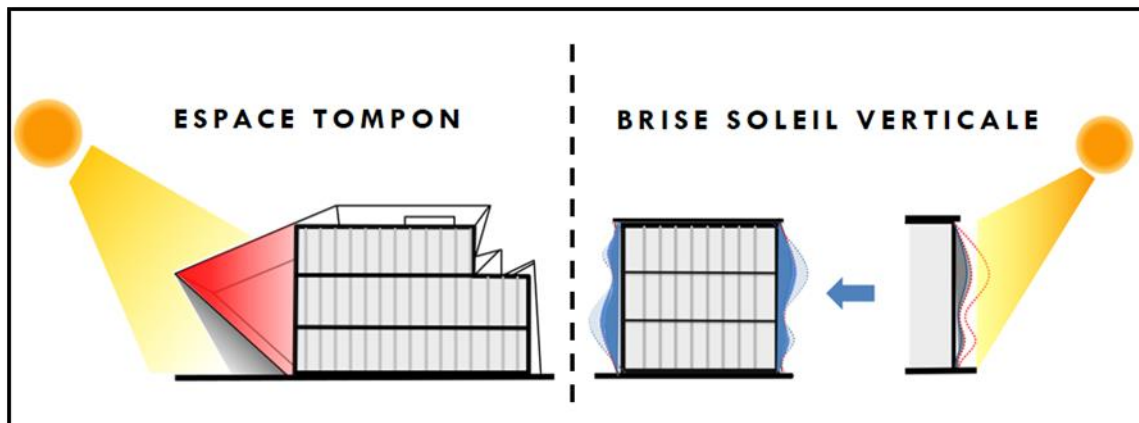


Figure V. 14 : Traitement des façades. Source : auteur.

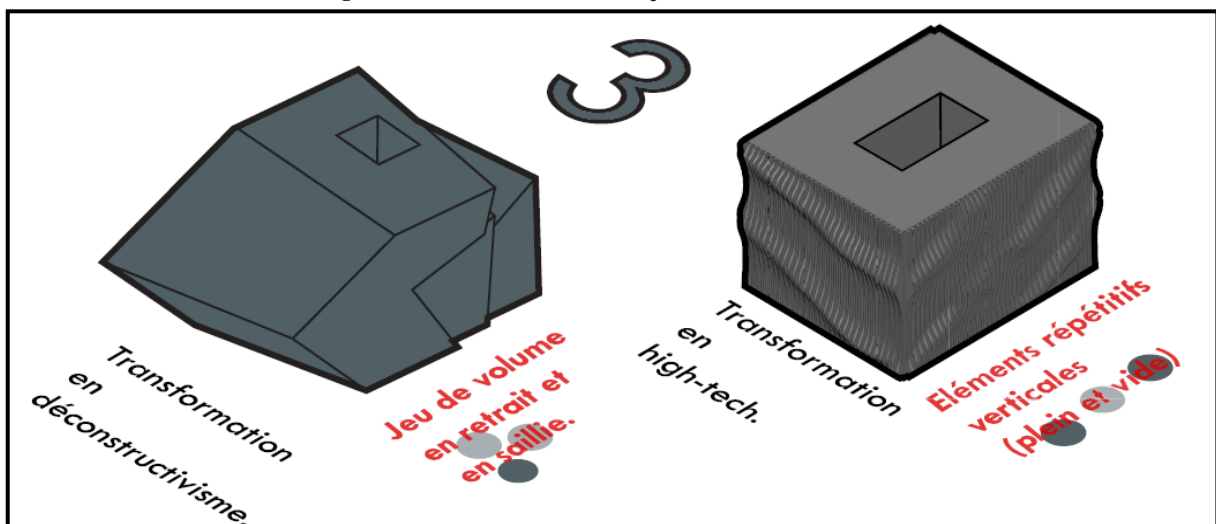


Figure V. 15 : Troisième étape.
Source : auteur

Quatrième étape, dans cette étape nous avons cherché à intégrer un élément central dans la composition, un élément unificateur et d’articulation des deux volumes, alors nous avons engendré une forme prismatique régulière simple stable par sa géométrie aux milieux des deux formes, cet élément exprime l’échange.

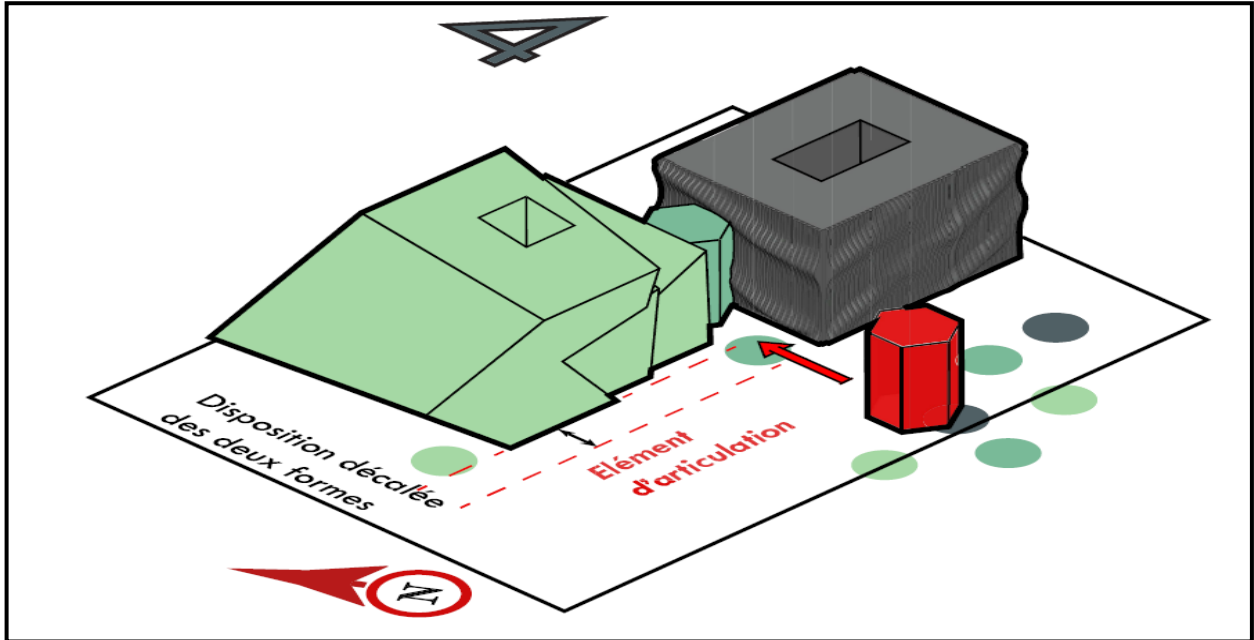


Figure V. 16 : Quatrième étape.
Source : auteur.

Cinquième étape, cette étape montre l’utilisation des éléments de captation du rayonnement solaire, et nous avons décidé de les affiché dans la façade principale et d’imposé les deux atriums, qui signent l’appel et renvoient à leur existence. Après des études techniques nous avons démontré que l’angle idéal d’inclinaison est 43° .

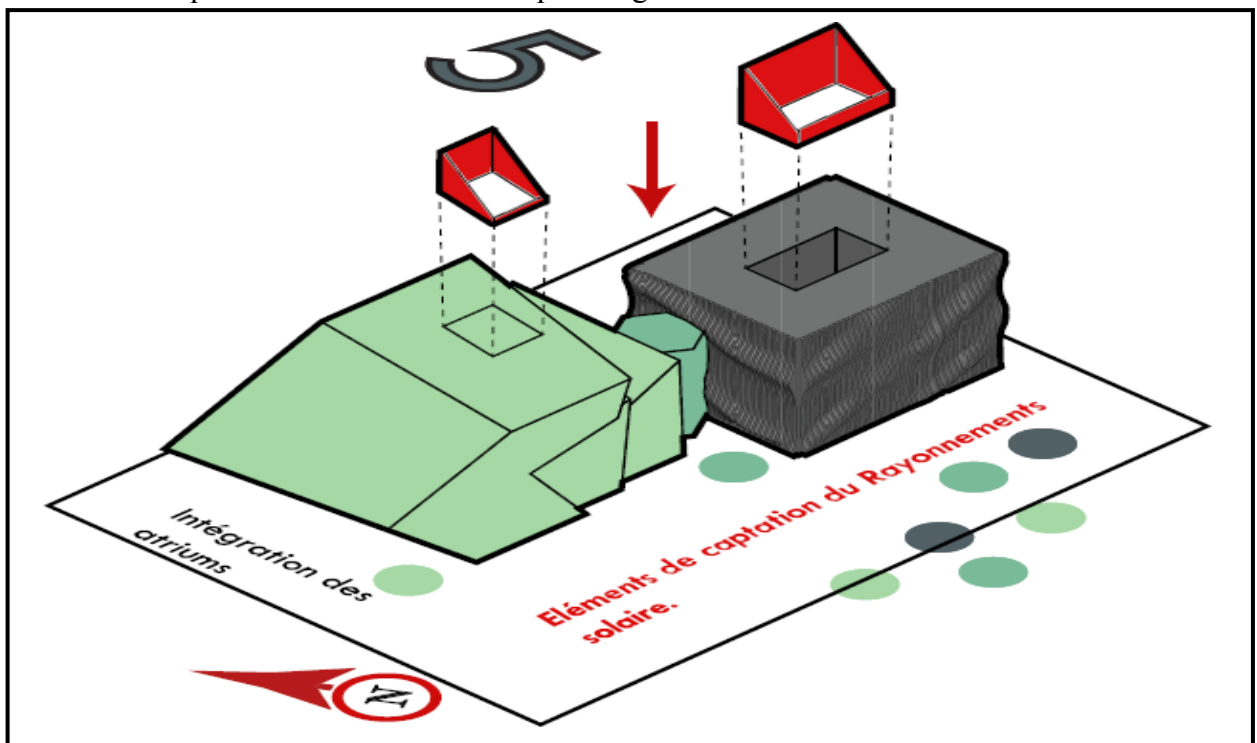


Figure V. 17 : Cinquième étape.
Source : auteur.

Sixième étape, cette étape est l'étape finale où nous avons montré le résultat final de notre projet qui est deux volumes différents et complémentaires, l'un qui représente l'architecture traité par les principes de l'architecture déconstructiviste, et l'autre traité par les principes de l'architecture high-tech avec un élément d'articulation.

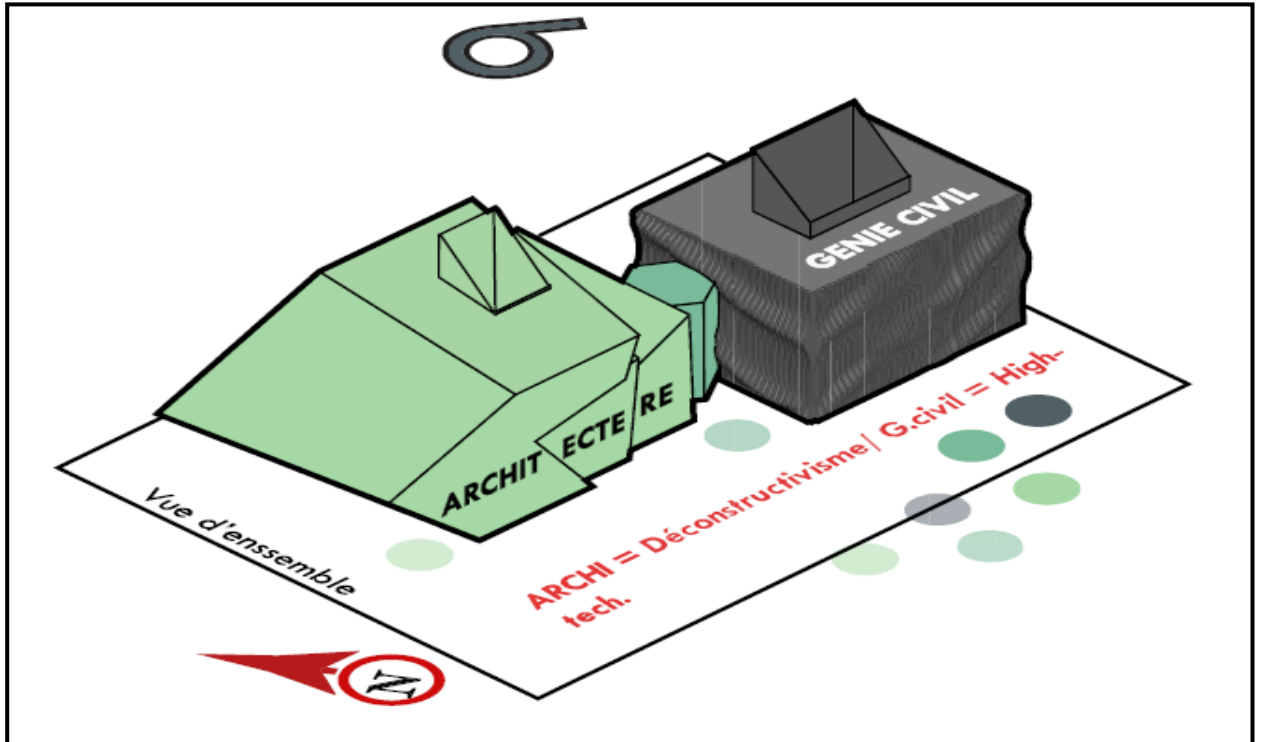


Figure V. 18 : Sixième étape.
Source : auteur.

Nous avons traité le plan de masse d'une manière bioclimatique, par la présence de végétation variée de type massique et linéaire et ponctuelle pour créer un microclimat autour du projet.

Le rapport bâti non bâti est 30% bâti, 70% non bâti pour permettre la présence des points d'eau avec la végétation pour rafraîchir l'air et diminuer la poussière.

L'accessibilité, l'accessibilité est hiérarchisée où l'accès principal de premier degré est piéton au côté du flux majeur de la façade principale Sud-Ouest, marqué par deux grands passages, les petits passages sont des accès de deuxième degré. Et l'accès mécanique est sur le côté Nord-Est (façade postérieure).

L'implantation de notre projet est sur l'axe de développement, et fait d'une manière où on peut orienter les atriums vers le Sud-Ouest, qui est l'orientation favorable pour capté le maximum des rayons solaires dans la région de Laghouat.

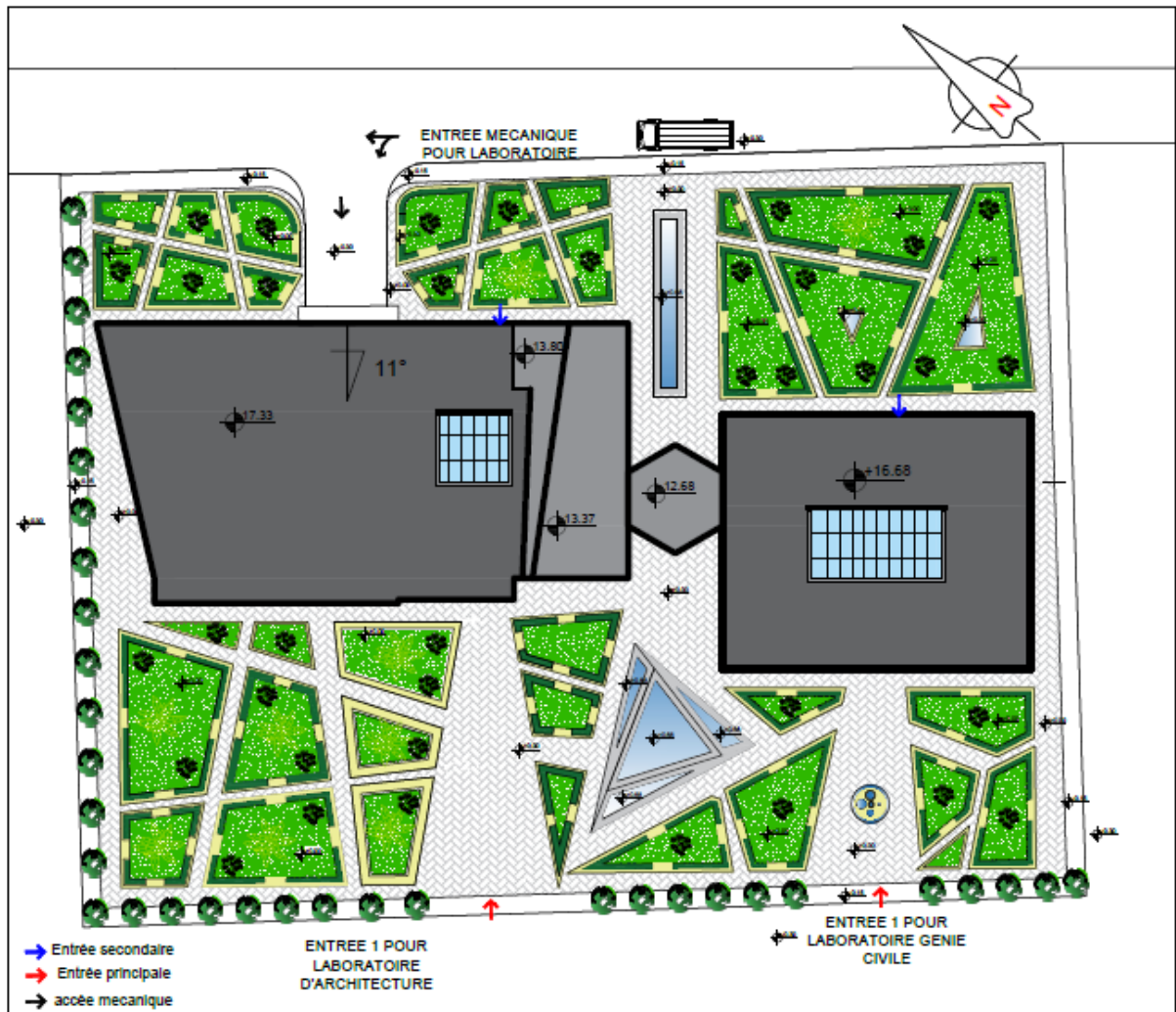


Figure V. 19 : Plan de masse.
Source : auteur.

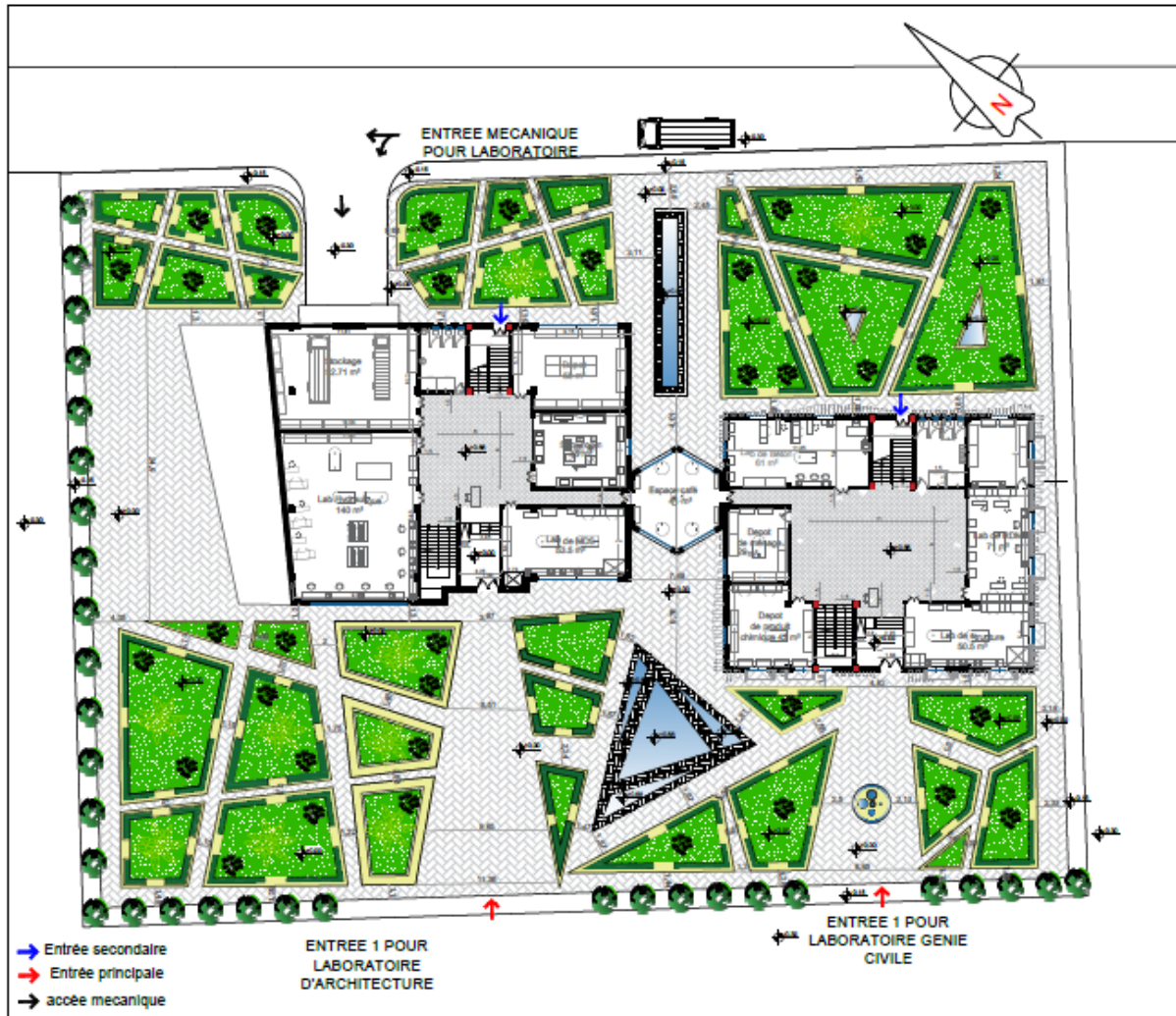


Figure V. 20 : Plan d'assemblage.
Source : auteur.

5.L'organisation spatiale

Nous avons opté dans l'affectation des espaces pour un modèle d'organisation spatiale simple, afin de minimiser les paramètres influents sur les ambiances de confort, pour but de vérifier l'impact d'intégration des atriums dans Laghouat. Alors nous avons choisi une organisation centrale autour des atriums.

Pour l'affectation des différents espaces nous avons pris l'organigramme fonctionnel comme guide, ou la nature de relation entre espaces été déterminante, afin d'assurer le bon fonctionnement du L.A.G.

Plan du Rez de chaussés

Le rez-de-chaussée est dédié à l'entité de génie civile, où nous avons affecté tous les laboratoires avec un équipement lourd, et nous avons aussi intégré les garages de stockage à proximité de l'accès mécanique. Ce niveau est caractérisé par des espaces d'échange et de circulation centrale dans chaque bloc.

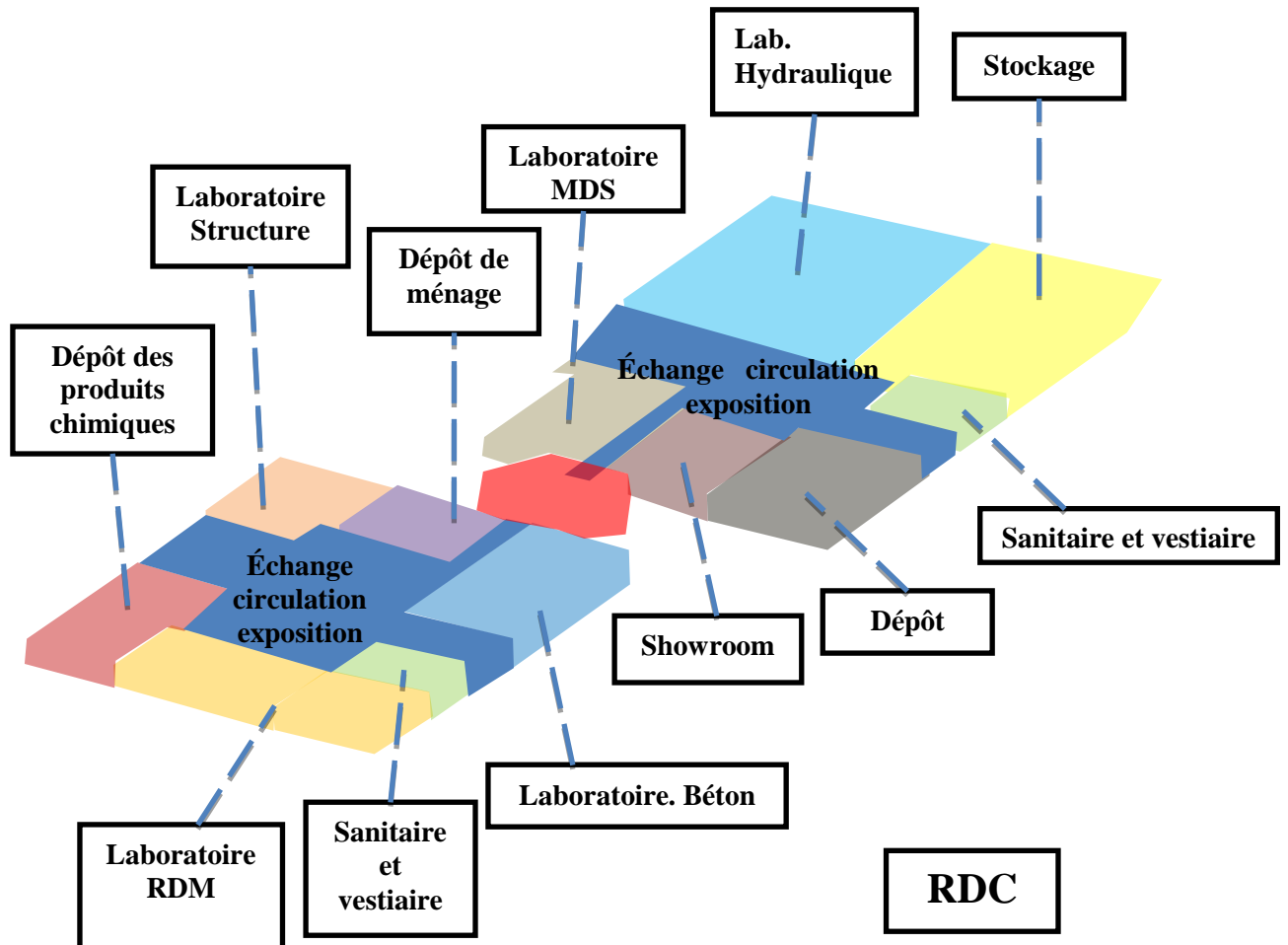
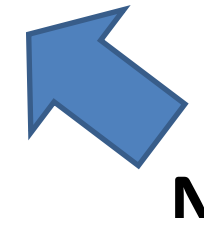


Figure V. 21 : L'organisation spatiale RDC.
Source : auteur.



Plan du Rez de chaussées Ech 1/200

Plan du 1^{er} Etage

Le premier étage est partagé entre les deux disciplines l'architecture, et le génie civil, dont on a consacré chaque bloc a une discipline, et nous les avons reliés par une salle de lecture centrale dans l'élément d'articulation.

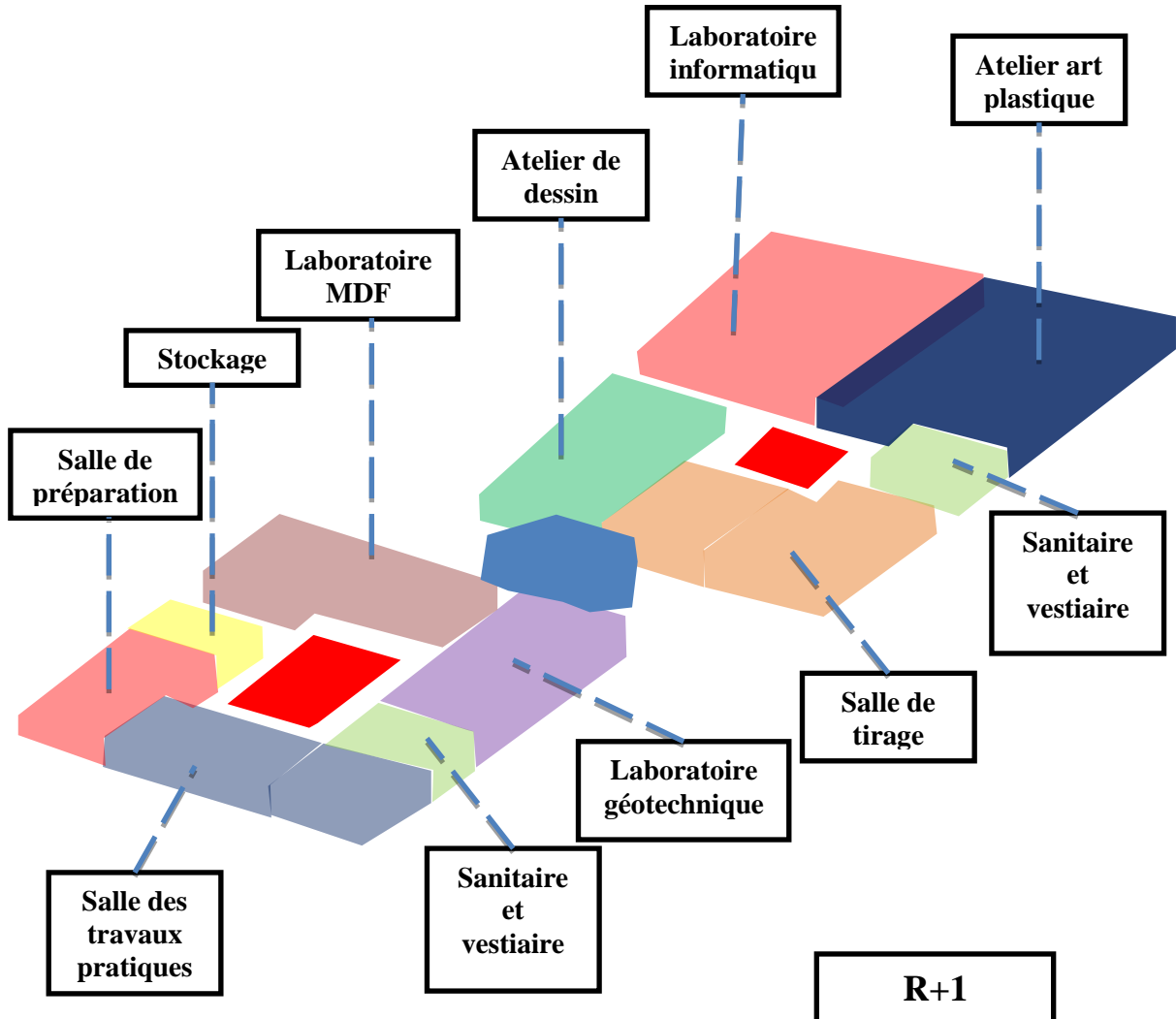
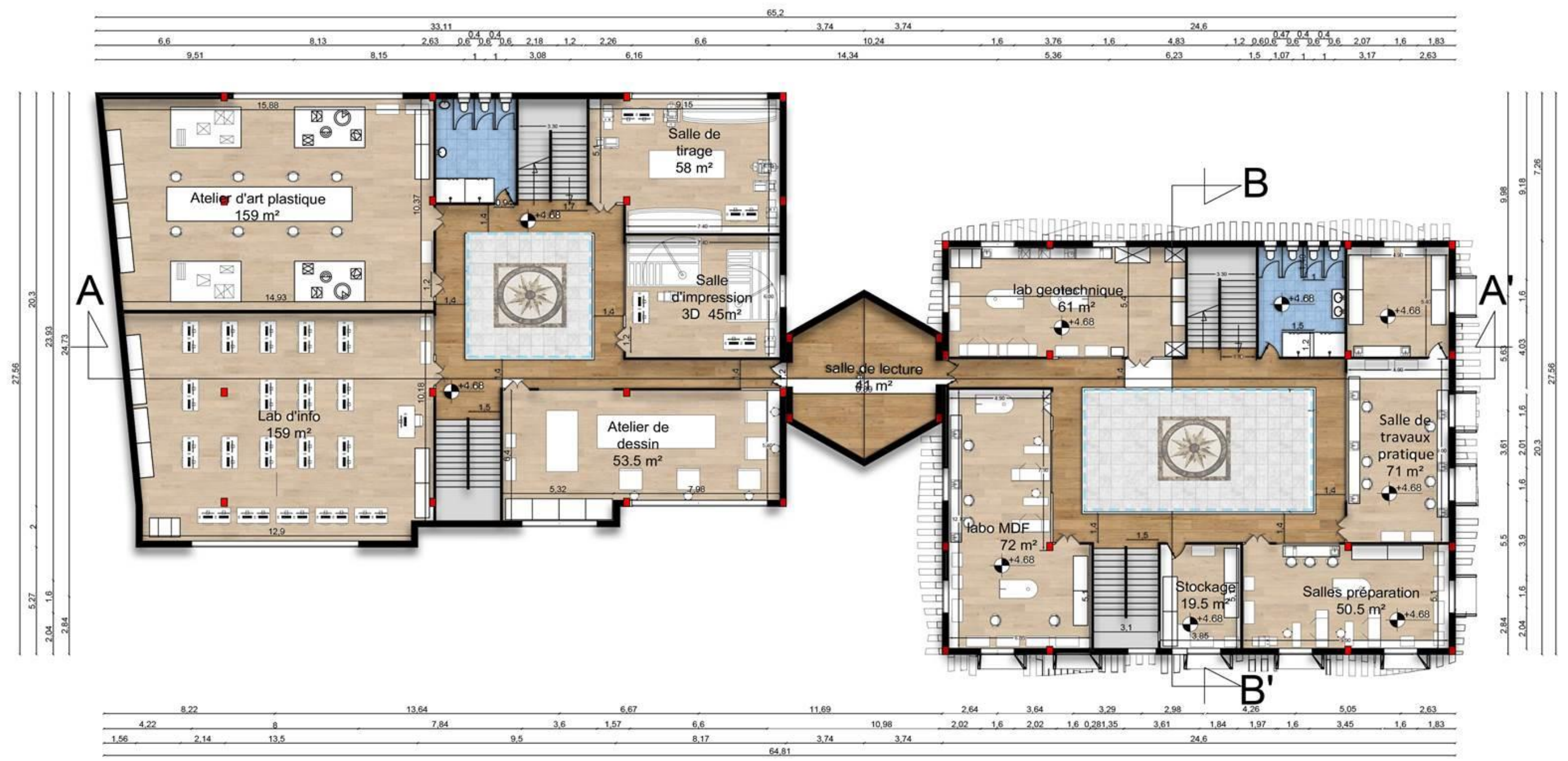
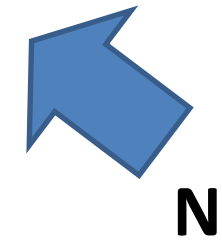


Figure V. 22 : L'organisation spatiale 1^{er} étage.
Source : auteur.



Plan du 1^{er} Etage Ech 1/200

Plan du 2^{ème} Etage

la deuxième étage est consacré à l'architecture, et nous avons affecté tous les espaces clefs de la discipline à ce niveau, ainsi nous avons assuré l'articulation des deux blocs par une salle de lecture.

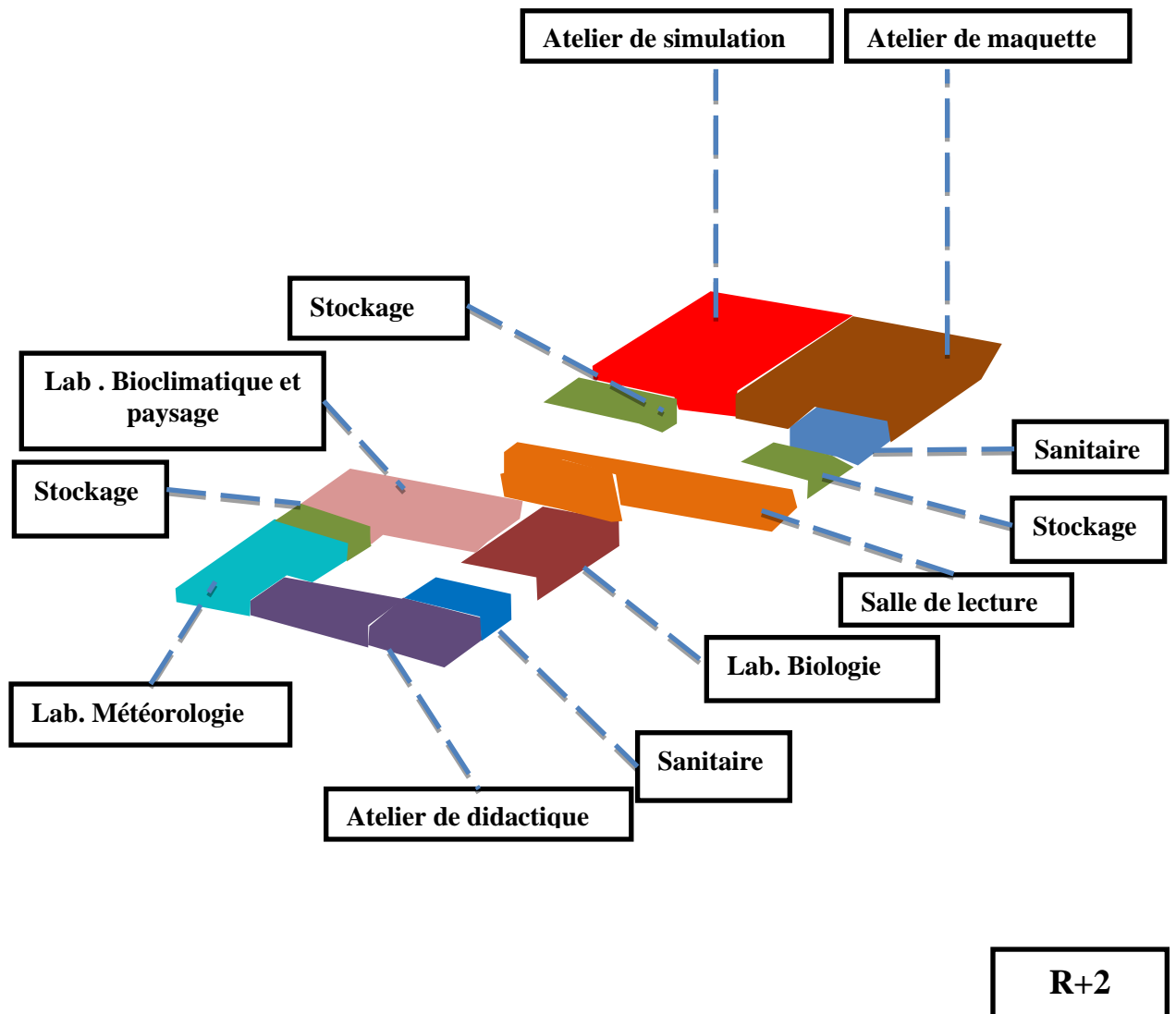
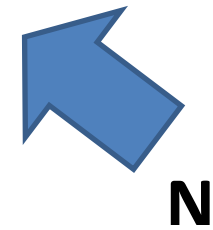


Figure V. 23 : L'organisation spatiale 2^{ème} étage.
Source : auteur.



Plan du 2^{ème} Etage Ech 1/200

Plan du 3ème Etage

le troisieme étage est le niveau supérieur, et nous avons décidé de le réserver au chercheurs et avec tous les espaces néssésaires, cette entité est répartie sur les deux blocs.

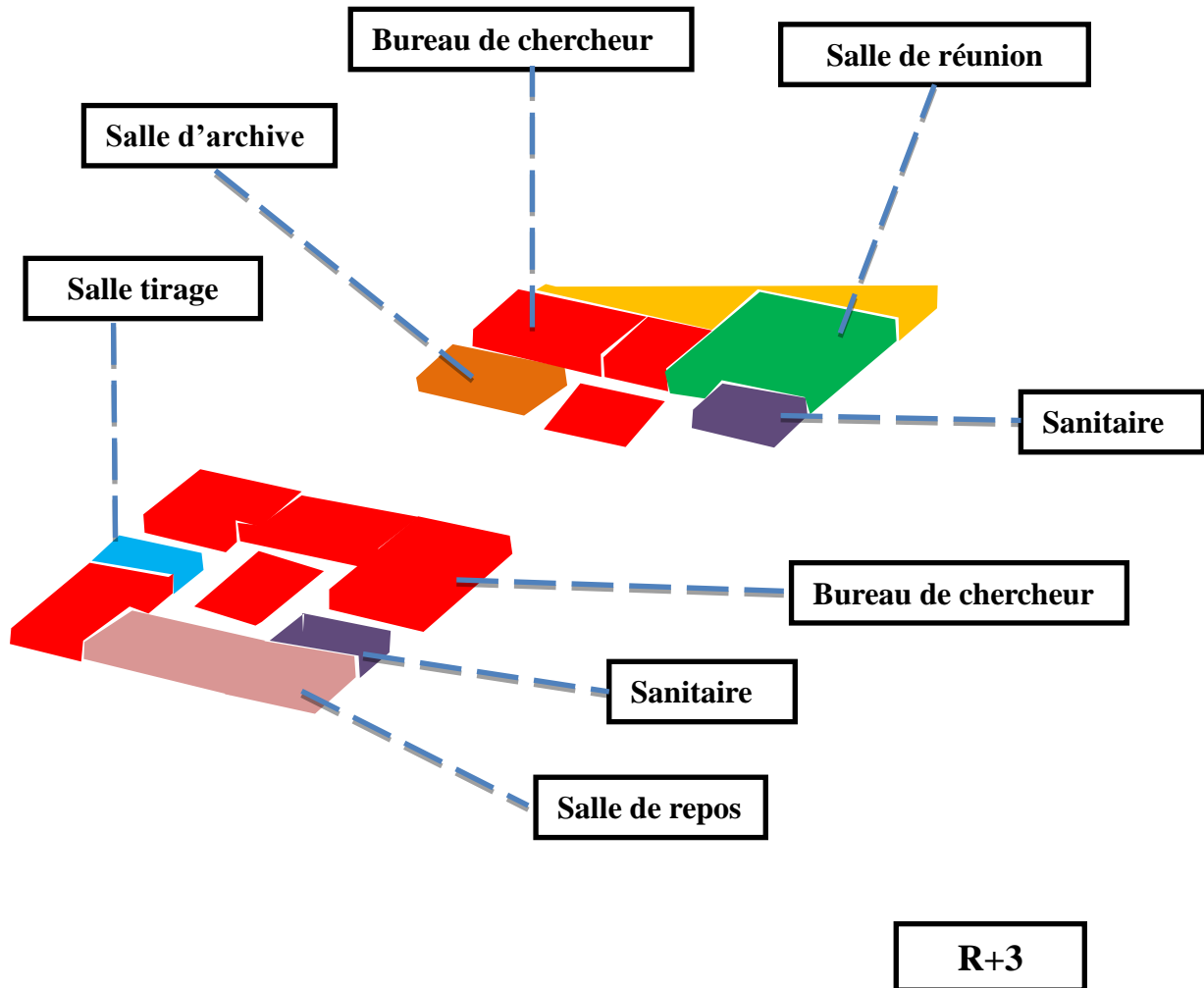
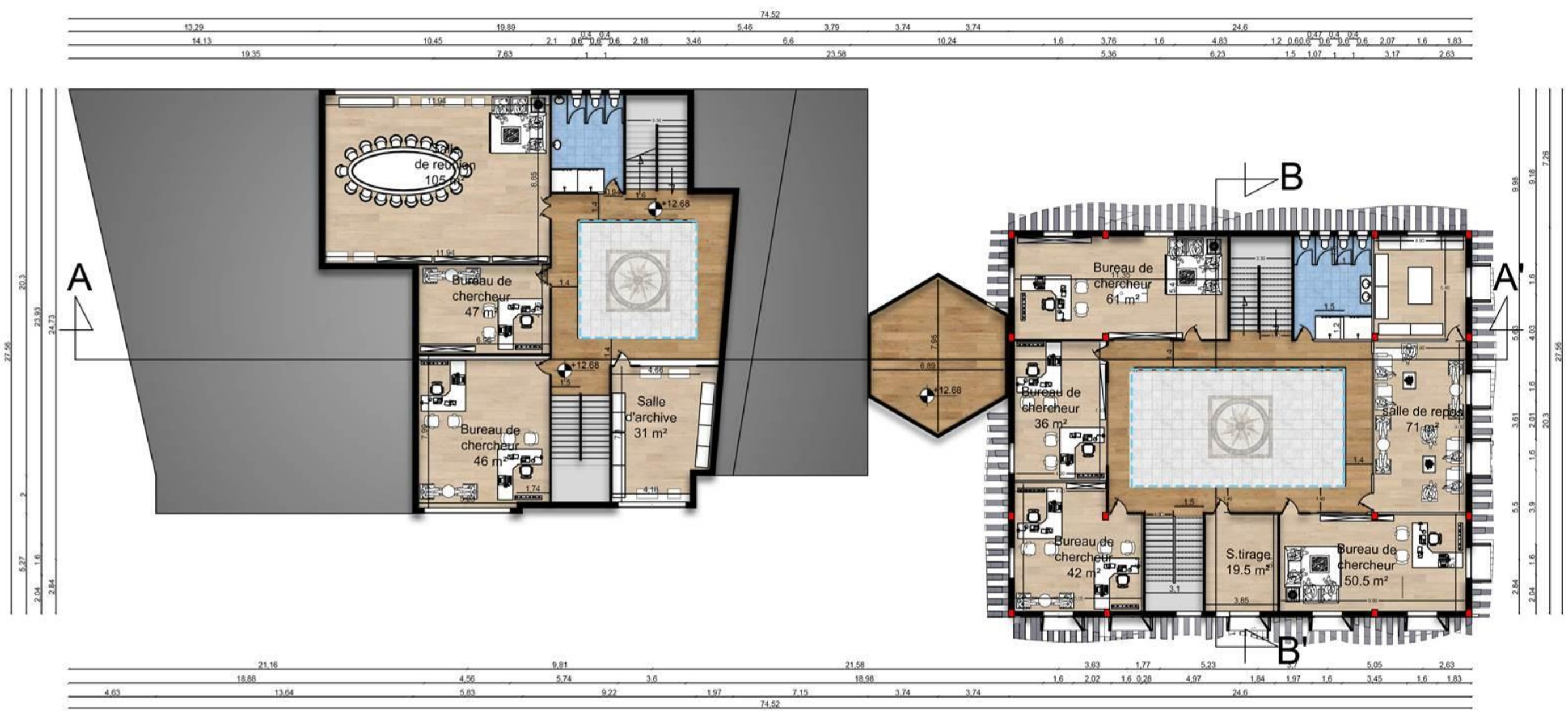
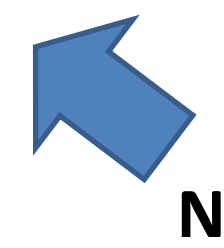


Figure V. 24 : L'organisation spatiale 3ème étage.
Source : auteur.



Plan du 3^{ème} Etage Ech 1/200

6. Circulation

Dans notre projet la circulation est de deux types, une circulation horizontale et l'autre type vertical, la circulation est un espace servant qui serve les locaux dit servis ; dont la circulation horizontale se fait autour de l'atrium par un couloir qui dessert et serve tous les locaux, et la circulation verticale assure l'articulation et relie les différents niveaux par quatre escaliers, dont deux dans chaque entité à proximité des entrées.

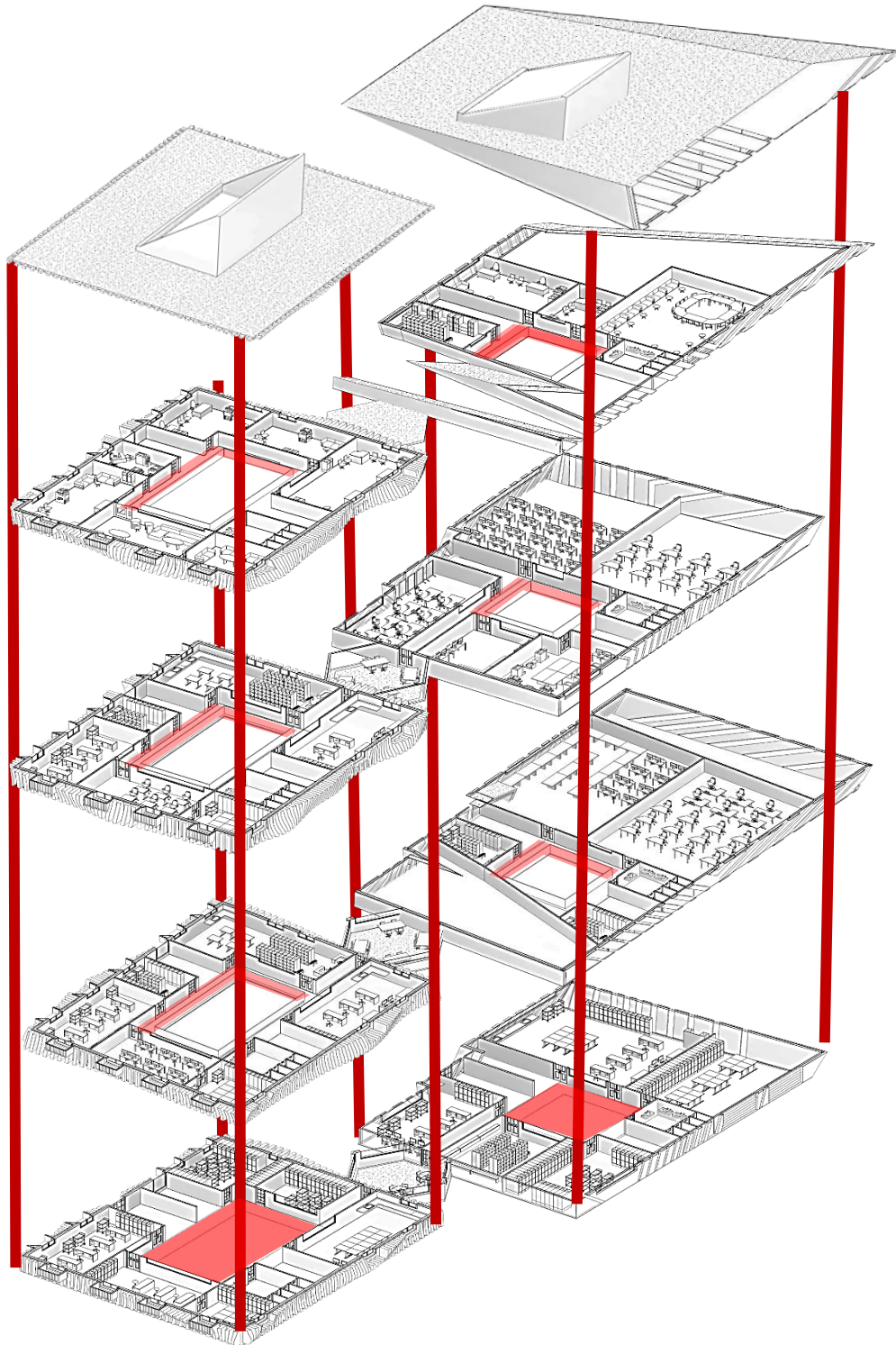


Figure V. 25 : la circulation horizontale et verticale.
Source : auteur.

7. Les façades

Pour la conception des façades, nous avons opté pour la stratégie bioclimatique de froid, propre au contexte climatique de Laghouat, caractérisé par un climat chaud et aride ; une stratégie fortement basée sur **la protection contre les apports solaires**, afin de minimiser le réchauffement de l'enveloppe du L.A.G.

Toutes les façades sont traitées par des brises soleil horizontales, pour générer un ombre permanent dans toutes les faces, à tout moment de la journée.

7.1. Façade principale

La façade principale est orienté Sud-Ouest, caractérisée par un sky-line en mouvement qui atterri par une silhouette brisée. Dans cette façade nous avons imposés les deux atriums, qui signent l'appel et renvoient à leur existence.

Le traitement d'angle est spécifique à chaque volume, pour le volume qui symbolise le high-tech l'angle est fluide avec une certaine souplesse, et pour le volume qui symbolise le déconstructivisme l'angle est brisé, où le toit se confronte avec le mur (un des principes fondamentaux du courant de déconstructivisme).

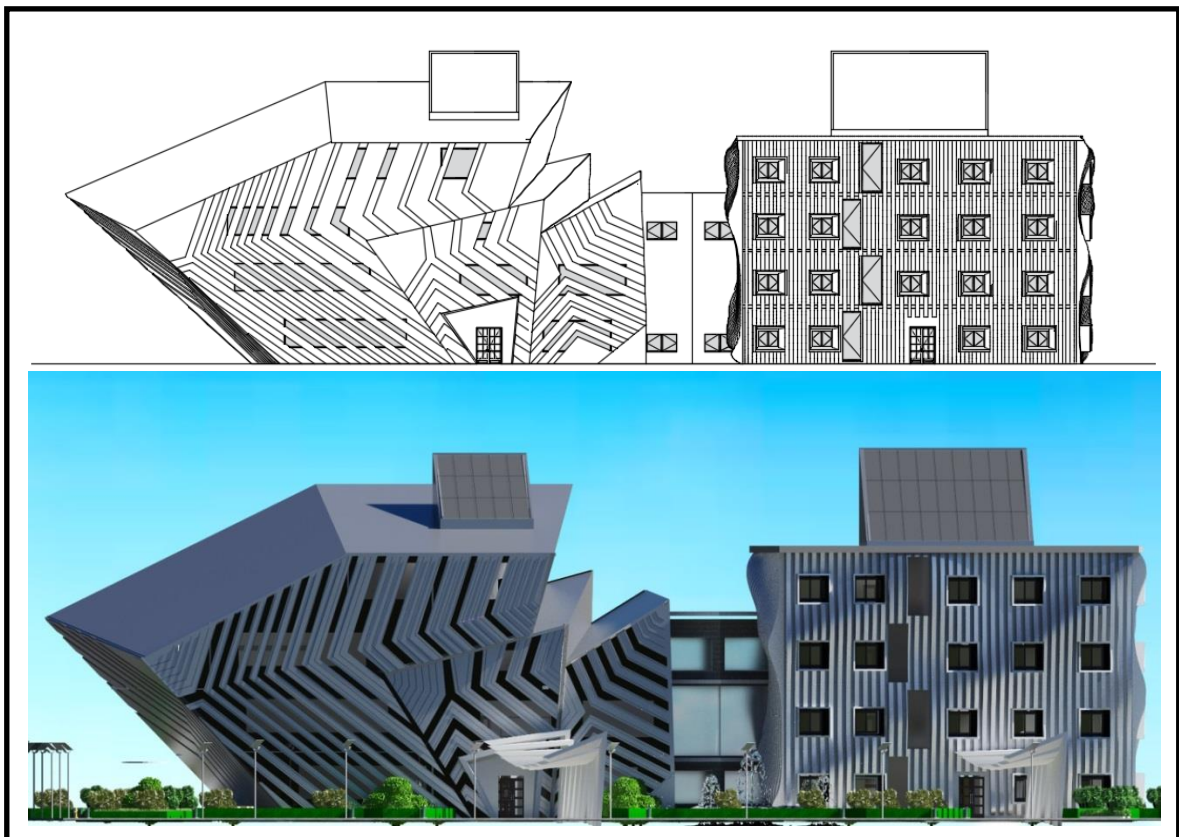


Figure V. 26 : Façade principale.

Source : auteur.

Pour le traitement des entrées nous avons évité l'approche classique dont les entrées sont marquées par la concavité ou la convection. Alors nous avons marqué les entrées par l'escale des éléments constructeurs de la façade.

Pour les ouvertures de cette façade orientée principalement sud, nous avons opté pour le camouflage par des éléments brise soleil verticales pour le volume qui symbolise le déconstructivisme qui limitent la pénétration des rayons solaires; et pour le volume qui symbolise le high-tech nous avons conçu un prisme autour des fenêtres qui favorise la pénétration des rayonnements solaires l'hiver et les limite l'été.

Afin de lier les deux volumes nous avons engendrés un élément unificateur centrale dans la composition avec des bi vitrés où la transparence exprime la continuité et la complémentarité entre les deux entités de recherche.

Et finalement, nous avons choisi une palette de couleur contemporaine basée sur les nuances de gris, avec un aspect sobre.

7.2.Façade postérieure

La façade postérieure est orientée Nord-Est, elle est le reflet de la façade principale, caractérisée par un sky-line en mouvement qui atterri par une silhouette brisée.

Pour les ouvertures de cette façade orientée principalement Nord, nous avons décidé de s'ouvrir afin de maximiser la pénétration de la lumière. Et l'accès de la salle de stockage se fait au niveau de cette façade par deux garages, et on note aussi deux entrées secondaires.

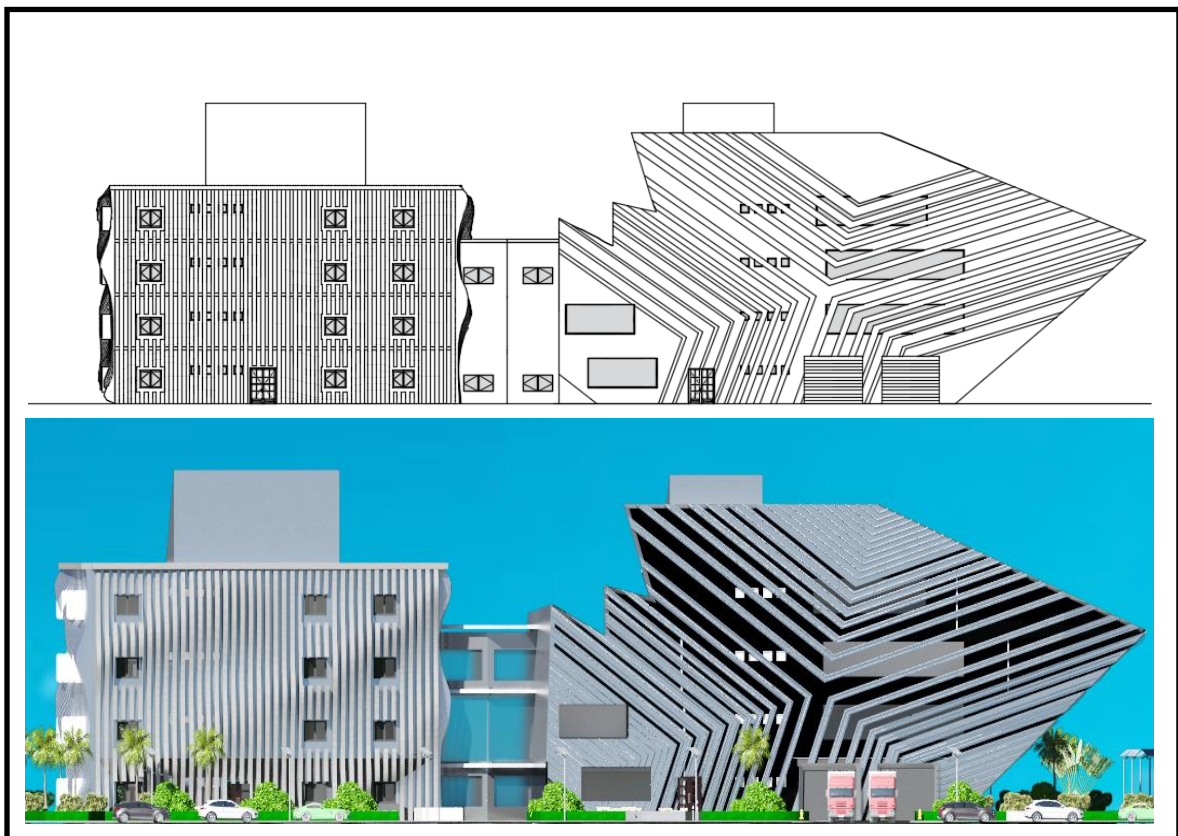


Figure V. 27 : Façade postérieure.

Source : auteur.

7.3.Façade latérale droite

La façade latérale droite est orienté Sud-Est, animée par les éléments verticaux

(brises soleil verticales) qui donnent un effet de mouvement. Et qui limitent le réchauffement des locaux due à l'exposition aux rayons solaires.

Pour les ouvertures de cette façade orientée principalement est, nous avons opté pour des stores à lamelles verticales, intelligents qui interagissent avec l'ensoleillement directe à l'est qui est contraignant et difficile a contrôlé, l'application de ces stores s'inscrit dans le principe du high-tech (l'incorporation des éléments industriels hautement technologique).

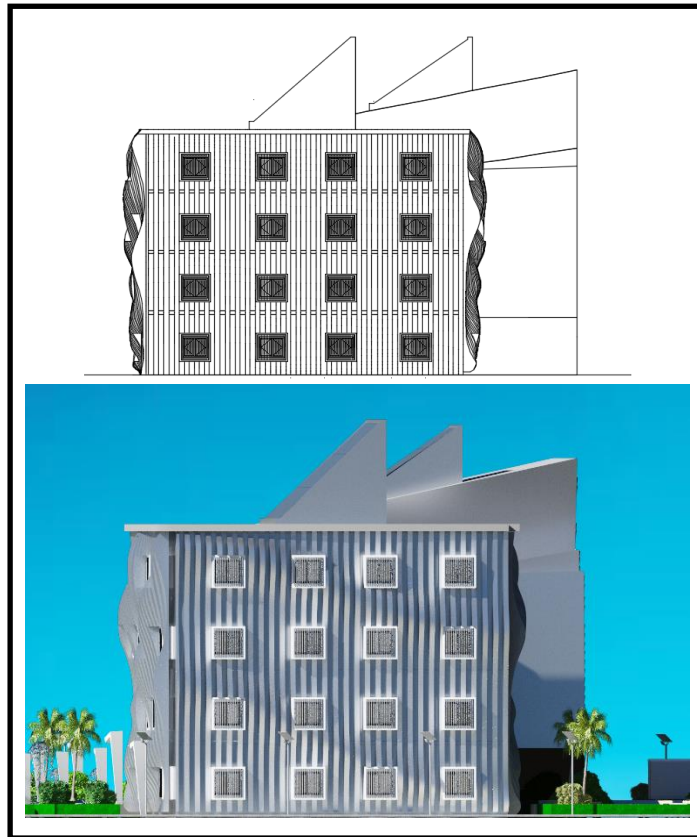


Figure V. 28 : Façade postérieure.
Source : auteur.

7.4.Façade latérale gauche

La façade latérale gauche est orienté Nord-Ouest, caractérisée par l'opposition entre plancher supérieure (dalle) et le mur extérieur, due à l'effet de l'organisation chaotique par le volume brisé et tronqué, un principe déconstructiviste.

Pour cette façade orientée principalement Ouest, nous avons décidé de limité les apports solaires, d'après-midi trop contraignants l'été dans la région de Laghouat par l'absence des ouvertures, et ainsi pour limiter le réchauffement des locaux a ouest nous avons utilisé les espaces tampons au niveau du volume brisé et tronqué.

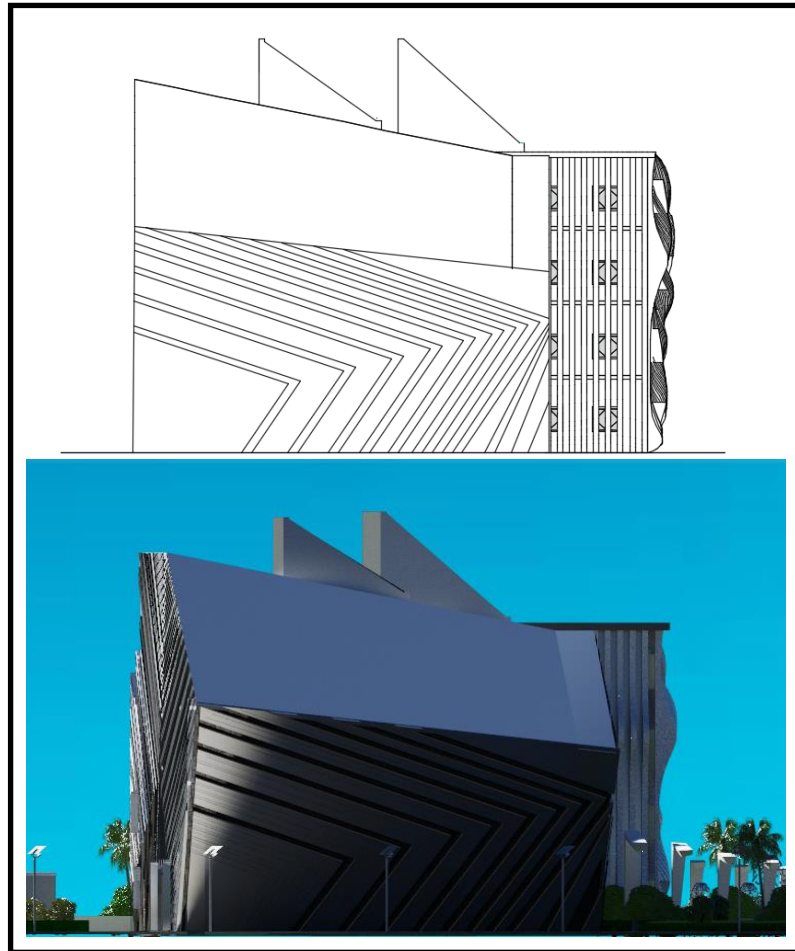


Figure V. 29 : Façade latérale gauche.
Source : auteur.

Vues 3D du projet

Les figures suivantes montrent les vues 3D sur notre projet en différents angles.



Figure V. 30 : Vues global sur notre projet. Source : auteur.

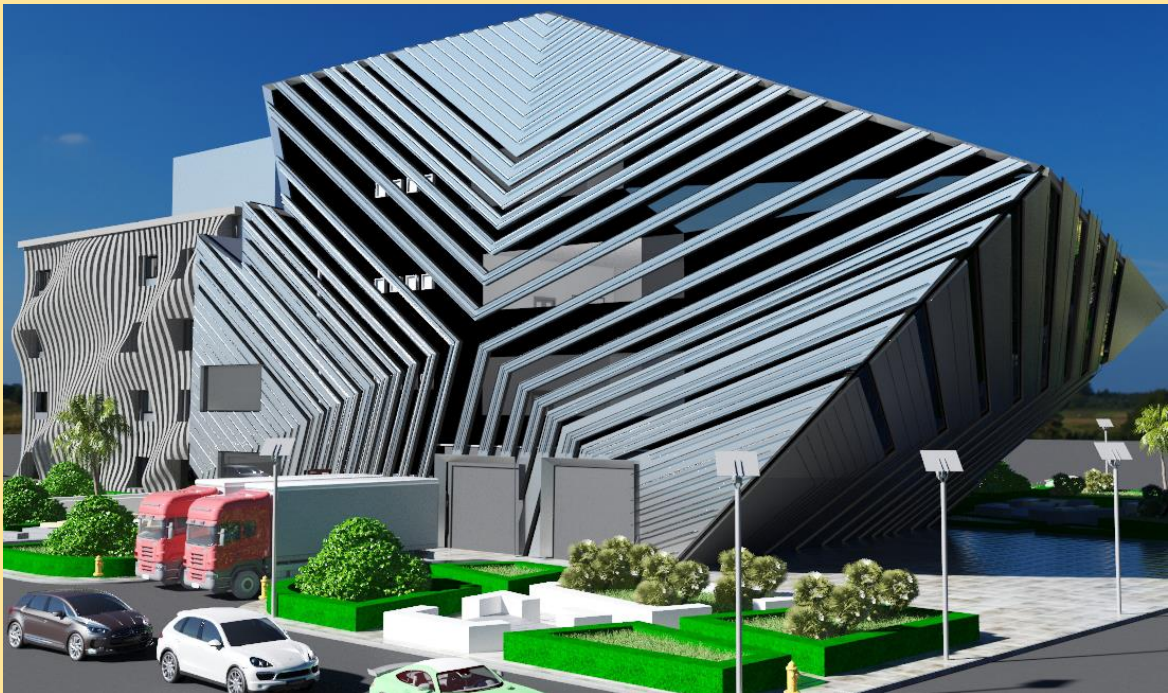


Figure V. 31 : vues 3D sur le projet



Figure V. 32 : Vues 3D sur le projet.
Source : auteur.

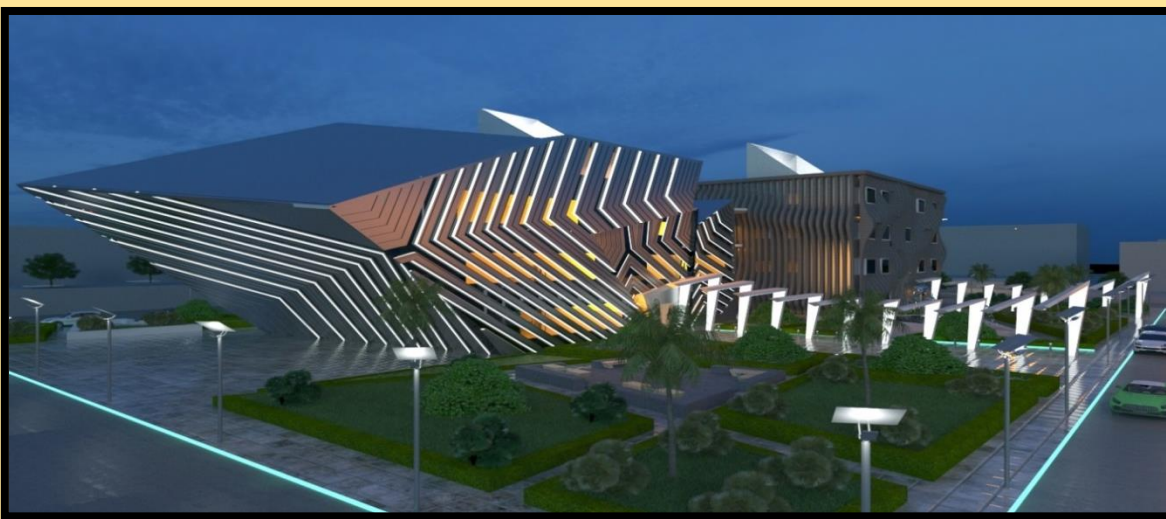
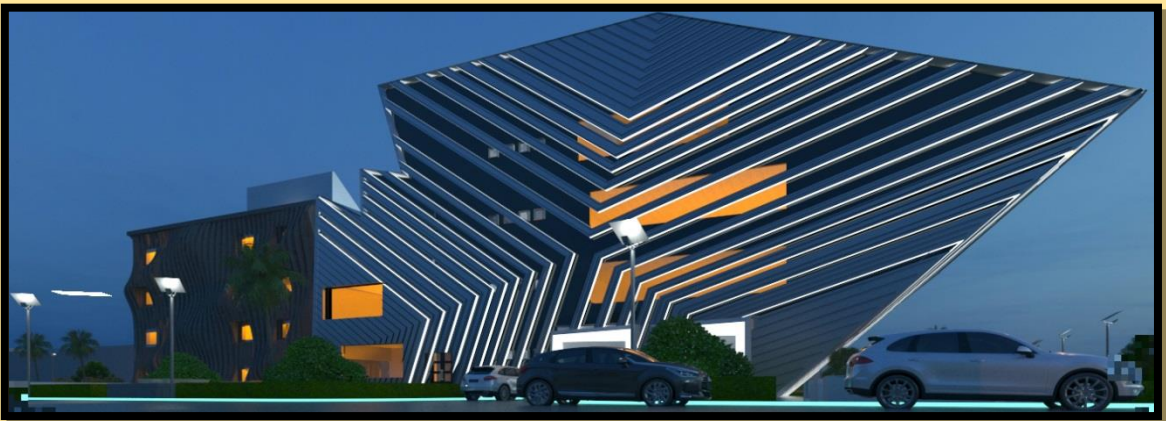
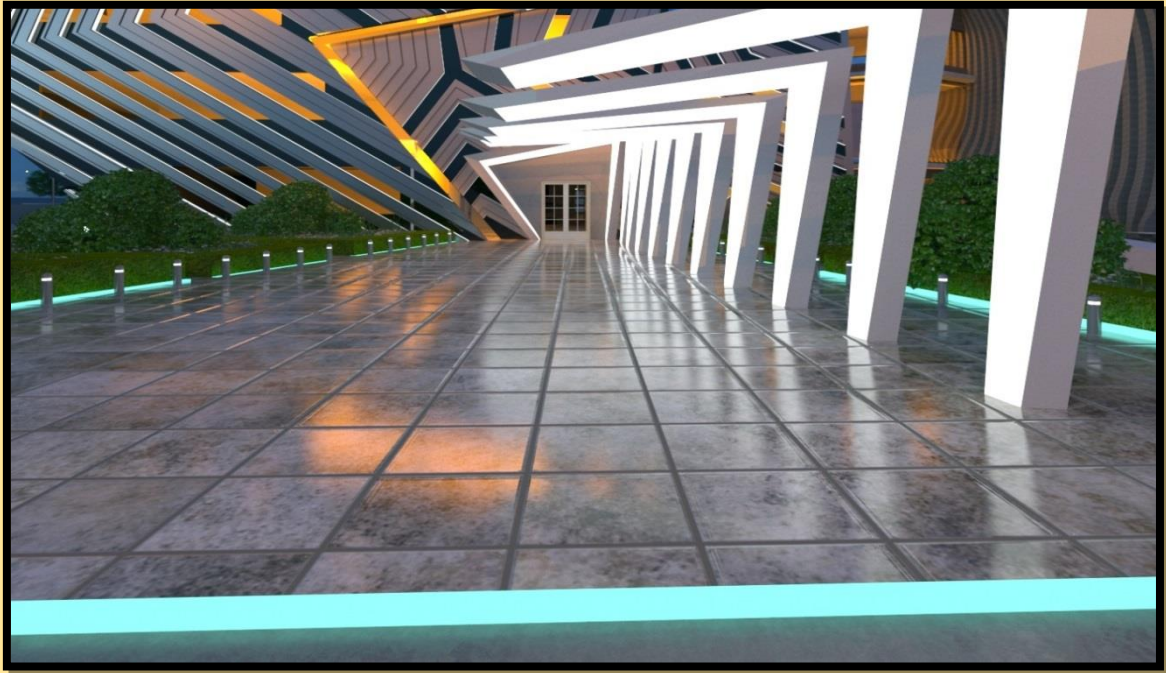


Figure V. 33 : Vues 3D sur le projet.
Source : auteur.

8. Partie technique

Dans cette phase nous avons montré les différentes techniques appliquées dans notre projet, le système structurel utilisé, les systèmes et procédés bioclimatique (passive), ainsi nous avons montré quelque détail constructif. Ces choix dépendaient du contexte dans lequel le projet s'inscrit, et la nature des espaces, la portée, la légèreté et la flexibilité.

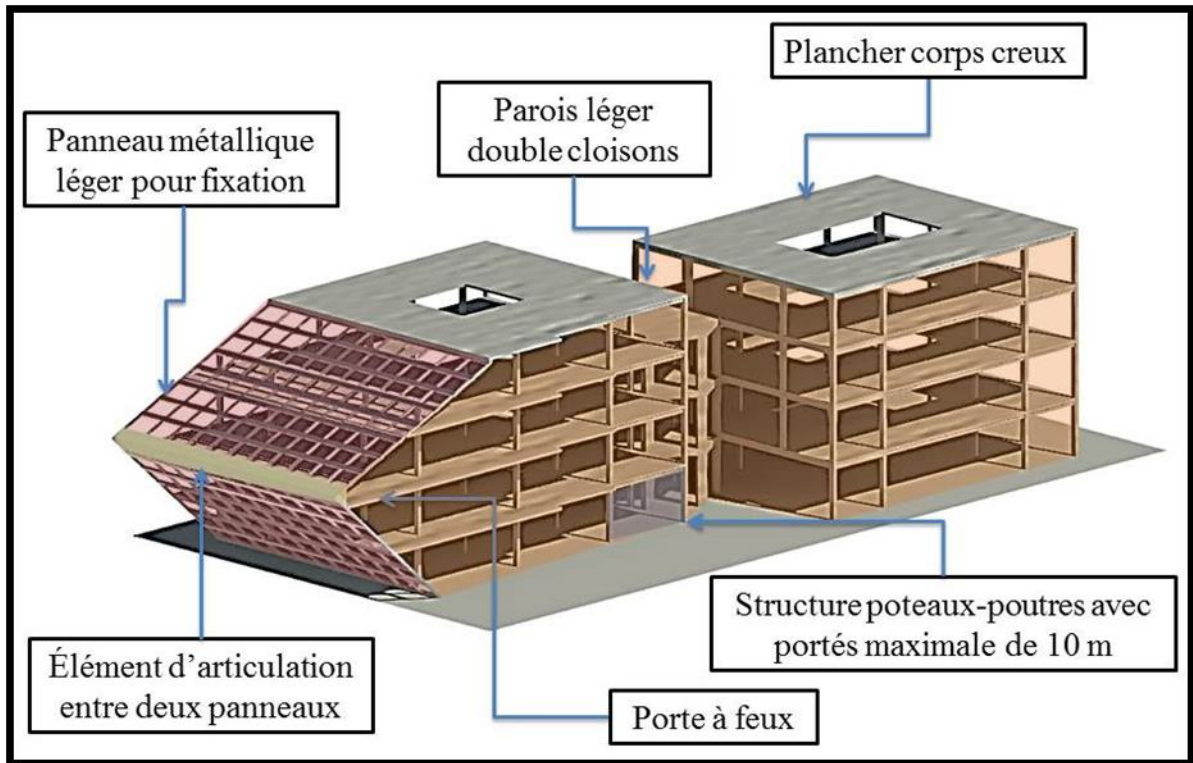


Figure V. 34 : le système structurel utilisé.
Source : auteur.

8.1. Le choix de système structurel

Pour assurer la stabilité du projet, nous avons adapté un système structurel simple poteaux-poutres avec un dimensionnement raisonnable, et capable de supporté toute charge, avec une organisation spatial vertical hiérarchisée par l'effet pyramidale, établie lors dans la phase de programmation, avec une logique structurelle pour faciliter le décent des charges.

Pour les plans inclinés, nous avons choisi des panneaux métalliques légers avec un angle de 43° fixé sur terre, et reliés avec les planchers, ainsi pour assurer la stabilité de ces panneaux nous avons utilisé un élément d'articulation et de fixation entre les deux panneaux.

8.2.Éléments techniques des façades

Pour les éléments qui sont utilisés dans les façades c'est des panneaux en aluminium légers préfabriqués traités pour protéger les parois des rayonnements solaires afin de minimiser le réchauffement à l'intérieur. Ces panneaux sont fixés par l'imbrication de l'un sur l'autre verticalement avec un emplacement de fixation comme la figure ci-dessous le montre, puis ils sont fixés sur la paroi.

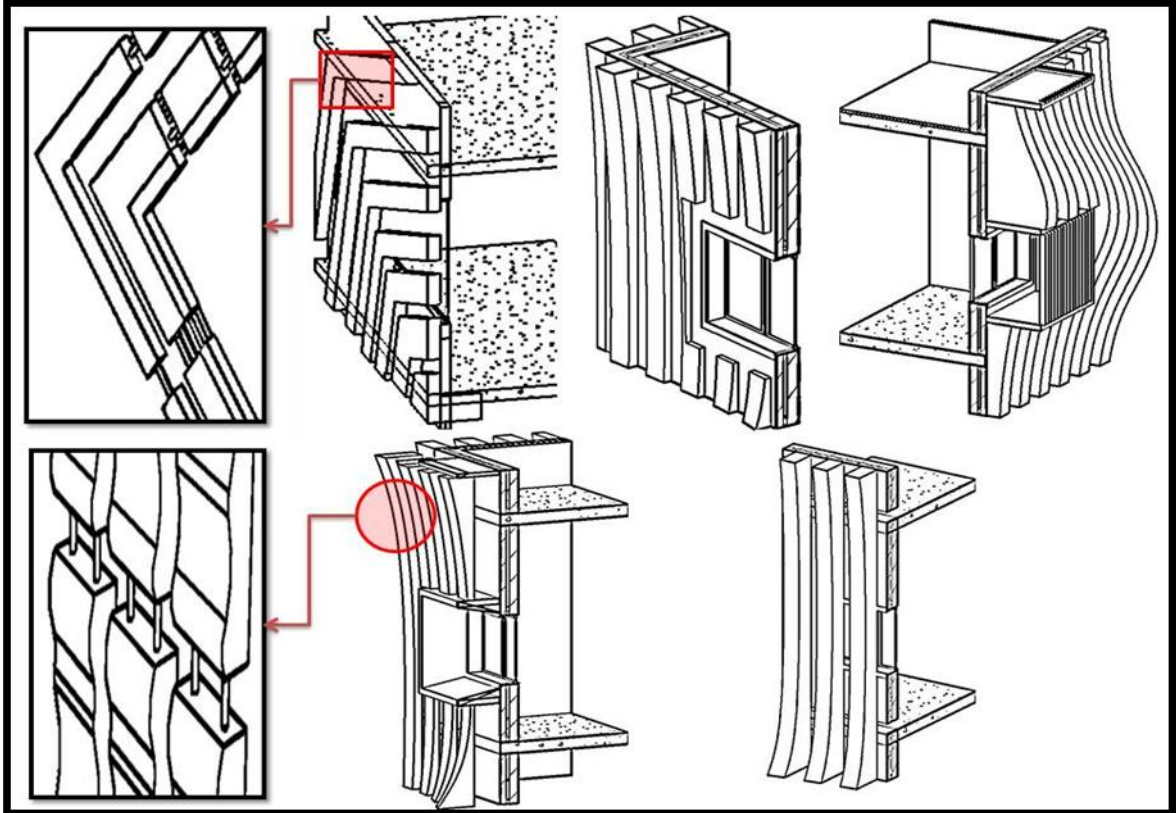


Figure V. 35 : détail constructif.
Source : auteur.

8.3.Les stratégies bioclimatiques

Au niveau de plan de masse

Le plan de masse contient trois (03) types de végétations différentes :

- ✚ La végétation massique afin de rafraîchir l'air qui entoure le projet en plus pour éliminer la poussière.
- ✚ La végétation ponctuelle pour créer l'ombre au site et minimiser la vitesse des vents.
- ✚ La végétation linière pour marquer les parcours, et créer une diversité végétale à différentes hauteurs.

La présence de l'eau pour rafraîchir l'air et créer un micro climat.

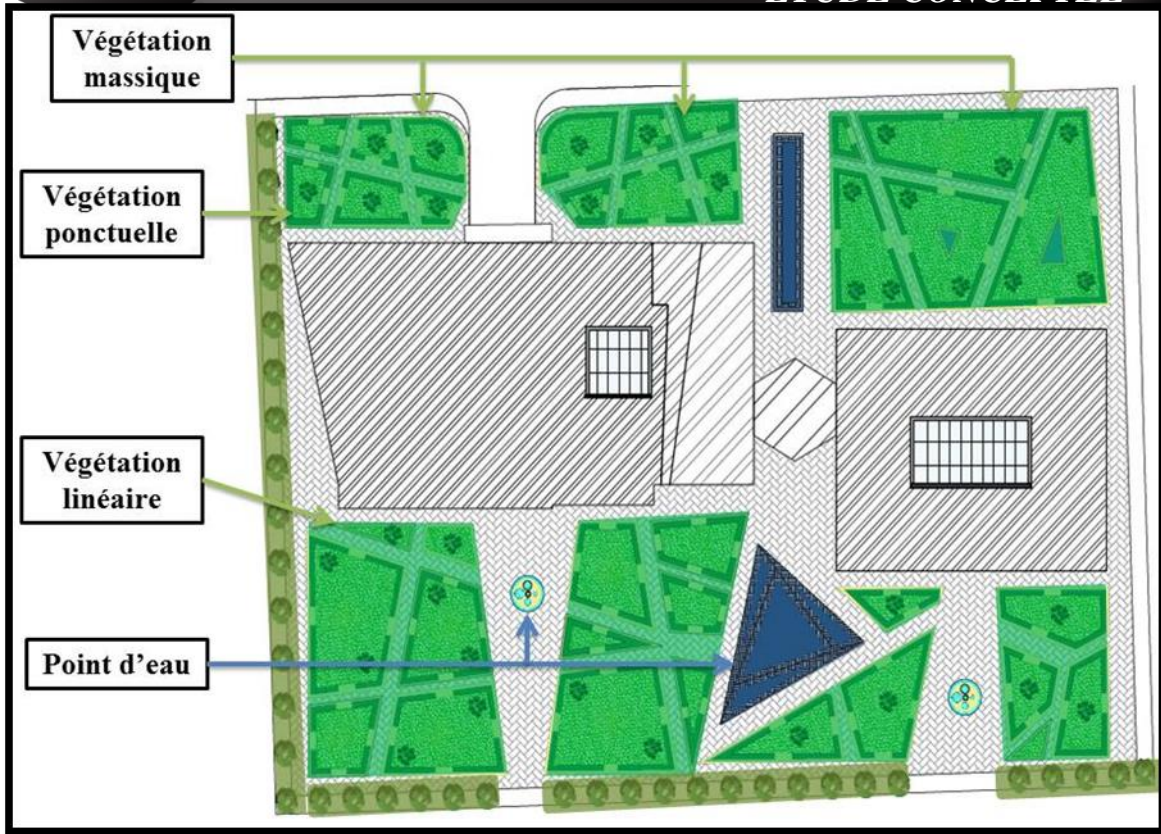


Figure V. 36 : Les stratégies bioclimatiques au niveau de plan de masse.
Source : auteur.

8.4.L'enveloppe

La compacité de la volumétrie est l'un des principes de base de notre conception pour minimiser la surface d'échange thermique avec l'extérieur, et nous avons opté pour une stratégie de protection contre le rayonnement solaire, donc nous avons intégré des éléments de camouflage par l'effet d'ombrage pour réduire le réchauffement des locaux.

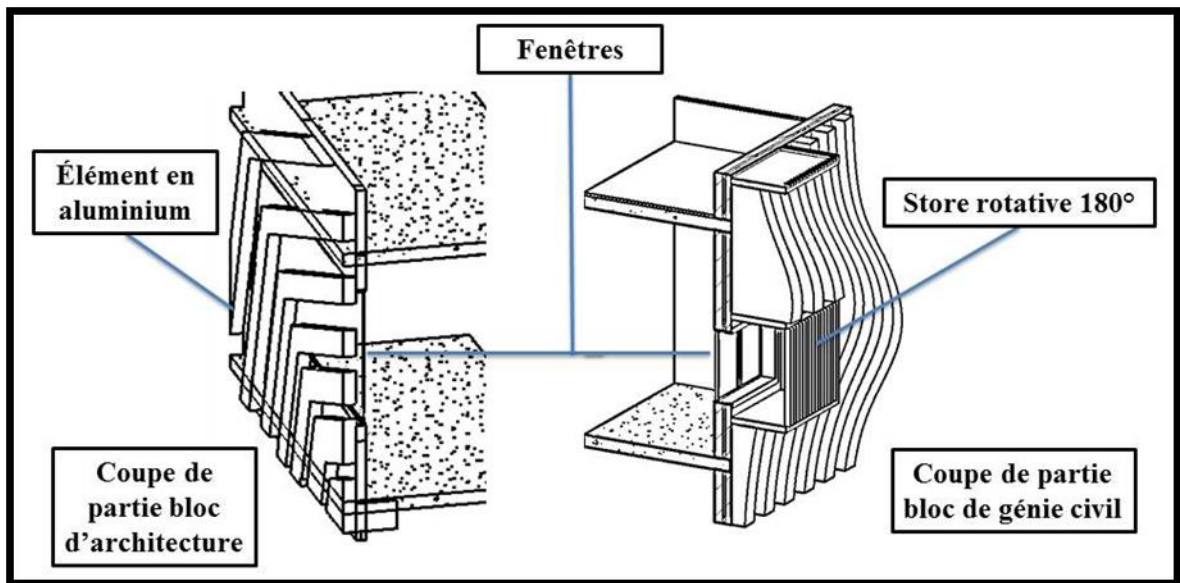


Figure V. 37 : détail sur traitement d'enveloppe.
Source : auteur.

8.5. L'adaptation des atriums

Nous avons glorifié les atriums dans notre projet exprimé par l'importance des surfaces vitrées zénithales, et afin de capter les rayons solaires pour assurer l'éclairage naturelle. Une grande ouverture zénithale permet aux espaces adjacents de bénéficier de la lumière naturelle.



Figure V. 38 : coupe schématique présente l'adaptation des atriums.
Source : auteur.

8.5.1. L'ambiance thermique des atriums

Les rayonnements solaires qui traversent les atriums, lui procure des espaces tempérés avec une température supérieure ou inférieure à celle à l'extérieur. En hiver les atriums jouent le rôle d'une serre, où la température intérieure augmente par l'effet de serre, et puis elle réchauffe les locaux adjacents par convection. Et la partie supérieure de l'atrium elle sert à garder la surchauffe indésirable par le phénomène de stratification.



Figure V. 39 : coupe schématique présente l'ambiance thermique des atriums.
Source : auteur.

En été, il faut contrôler la surchauffe provoquée par l'effet de serre, et pour éviter ce phénomène, avons intégré des solutions efficaces et adéquate de ventilation.

La ventilation est un des principaux paramètres à prendre en considération dès la conception. En effet l'atrium comme tout lieu occupé, a besoin d'un renouvellement d'air pour éliminer les odeurs, les fumées.

Quand l'atrium est ventilé, il joue le rôle d'une cheminé solaire, dont l'importance de son hauteur qu'on a conçue ; de ces faits nous avons créé des ouvertures au niveau supérieure des atriiums (pour la dépression), avec une ventilation latérale (pour la surpression).

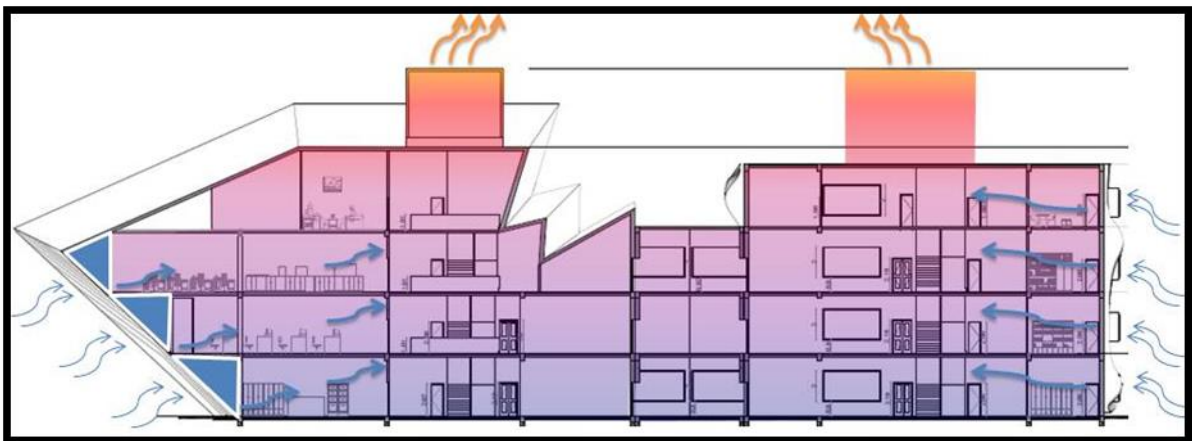


Figure V. 40 : coupe schématique présente l'ambiance thermique des atriiums.
Source : auteur.

8.6.2. Traitement des ouvertures

Pour le traitement des ouvertures de notre projet L.A.G, nous avons opté pour différents procédés et solutions, dont nous avons pris en considération le style de façade (déconstructivisme/high-tech), et l'orientation de l'ouverture ; et comme nous avons évoqué précédemment nous avons opté pour la stratégie de protection contre les apports solaires, et pour arriver à nos fins, nous avons choisi le camouflage des ouvertures.

Pour le bloc qui symbolise le déconstructivisme, au Sud nous avons intensifié le rythme des éléments de camouflage dont nous avons glissé les ouvertures au-dessous de ces brises soleil qui limitent les apports solaires ; et à l'Est et l'Ouest nous n'avons pas intégré des ouvertures ; et au Nord nous avons placé des ouvertures sans camouflage pour capté les rayons indirects du soleil qui servent à l'éclairage naturel.

Pour le bloc qui symbolise le high-tech, nous avons conçu pour chaque façade une solution adaptée et adéquate à son emplacement et son orientation.

Au Sud nous avons conçu un prisme avec un extérieure convexe par apport à la fac, et un intérieure concave semblable à un entonnoir, qui favorise la pénétration des rayonnements solaire l'hiver et les limite l'été, et qui laisse pénétré le rayonnement matinale et limite celui de l'après-midi contraignant dans la région de Laghouat.

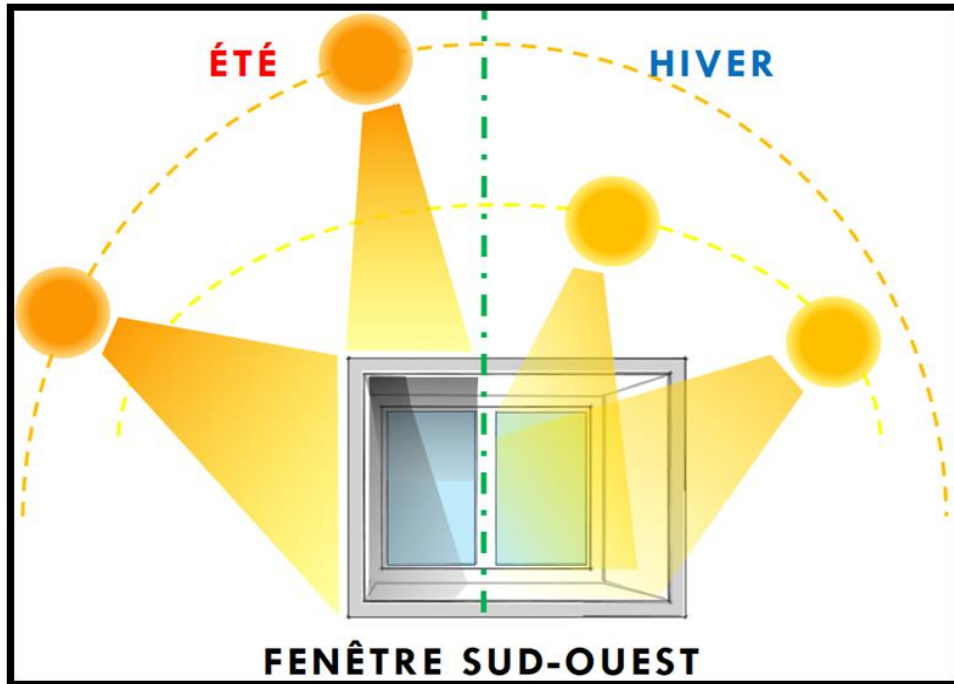


Figure V. 41 : Schéma présente les éléments fixés dans les fenêtres.
Source : auteur.

A l'Est, nous avons opté pour des stores à lamelles verticales rotatives, intelligents qui interagissent avec l'ensoleillement direct de l'Est qui est contraignant et difficile à contrôler, alors ce store maîtrise et contrôle l'éclairage par photoélectrique.

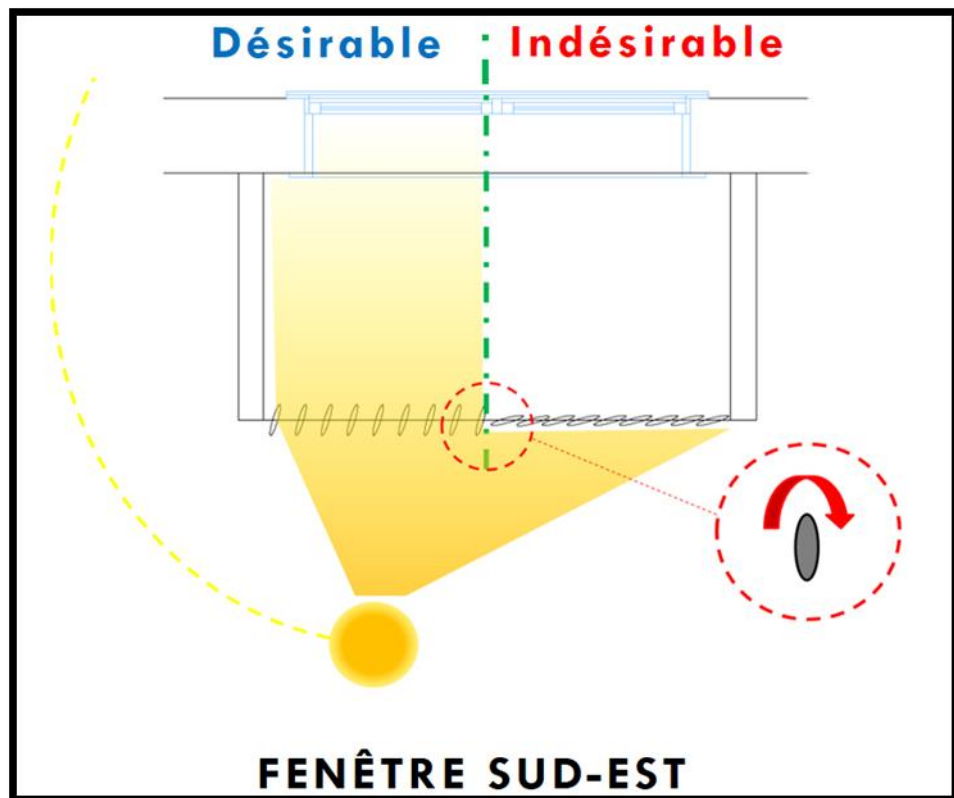


Figure V. 42 : Schéma pour les stores utilisés.
Source : auteur.

A l'Ouest, nous avons contenté des éléments verticaux de la façade, car ils ont un dimensionnement important, capable de limité le rayonnement indésirable, qui est responsable du phénomène d'éblouissement et du réchauffement.

Au Nord nous avons placé des ouvertures sans camouflage pour capté les rayons indirects du soleil qui servent à l'éclairage naturel.

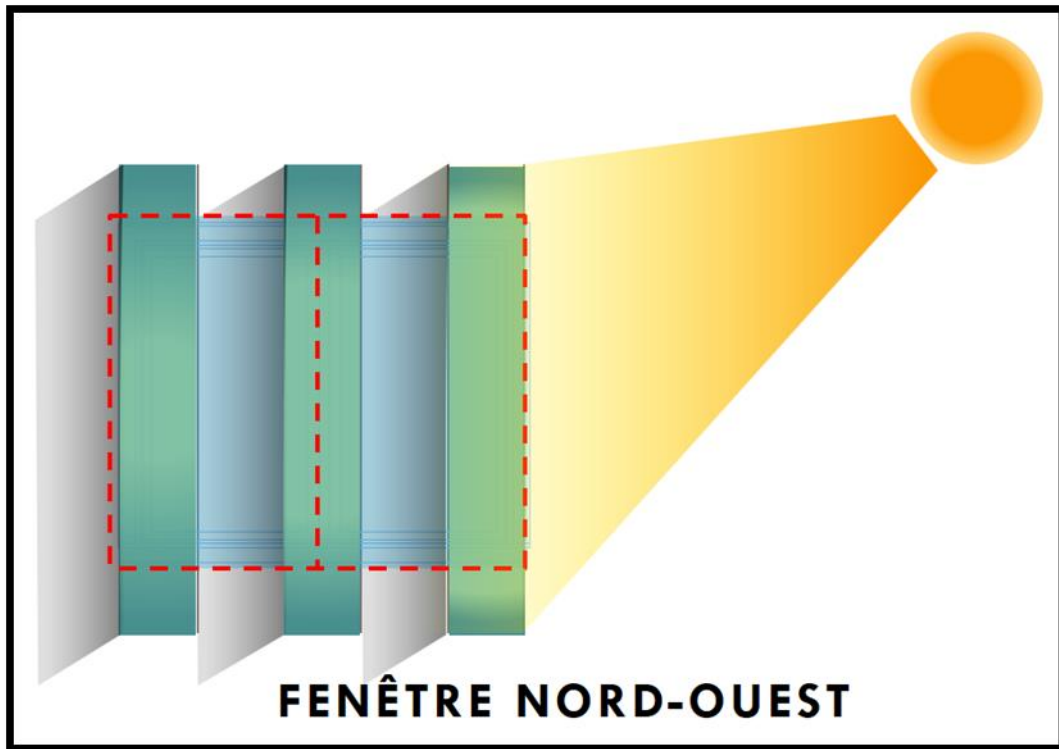


Figure V. 43 : les éléments verticaux fixés sur la façade.
Source : auteur.

9.Évaluation énergétique du projet

D'après l'interprétation des résultats de la partie d'évaluation des cas d'étude d'intégration des atriums, le choix de deux combinaisons d'atrium avec deux sections différentes, l'un carré et l'autre rectangulaire avec une orientation Sud-Ouest et angle d'inclinaison de 43° et surface de verrière par le polycarbonate dans notre conception afin de rationaliser l'adaptation de ces dispositifs.

9.1. La modélisation du projet dans logiciel Revit

Dans le cas du projet, la modélisation dans le Revit afin d'évaluer la consommation énergétique et la confirmation des résultats précédentes, les combinaisons choisis sont respectivement, les deux atriums carré et rectangulaire avec le polycarbonate.

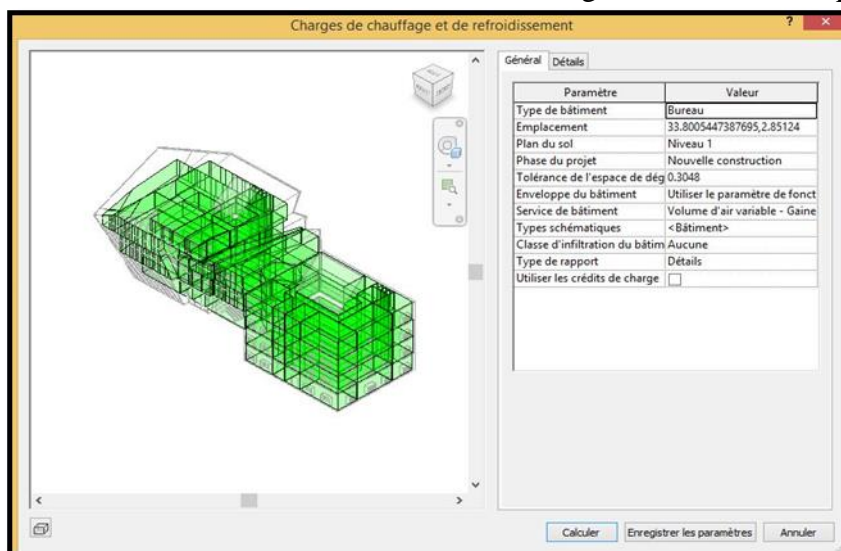


Figure V. 45 : L'exportation de modélisation en format 'GBXML'.
Source : auteur.

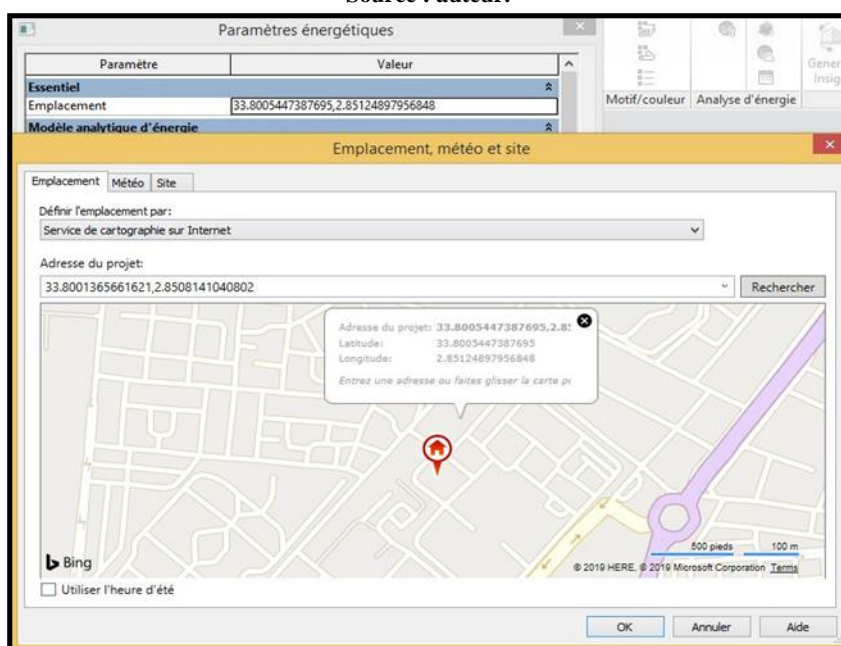


Figure V. 44 : l'emplacement de notre terrain sur logiciel Revit.
Source : auteur.

✚ Cas de projet gabarits R+3

La figure suivante montre notre choix sur les éléments constructifs dans logiciel Revit.

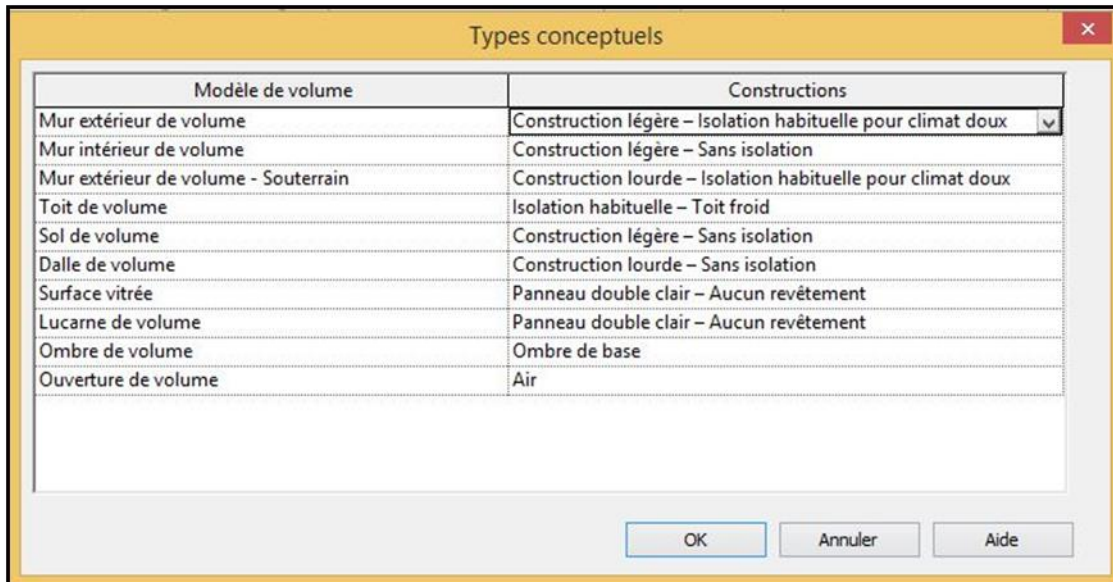


Figure V. 46 : les éléments constructifs dans logiciel.
Source : auteur.

✚ La consommation énergétique du projet

Les graphes suivants montrent la consommation des énergies dans le projet en matière de chauffage et refroidissement.

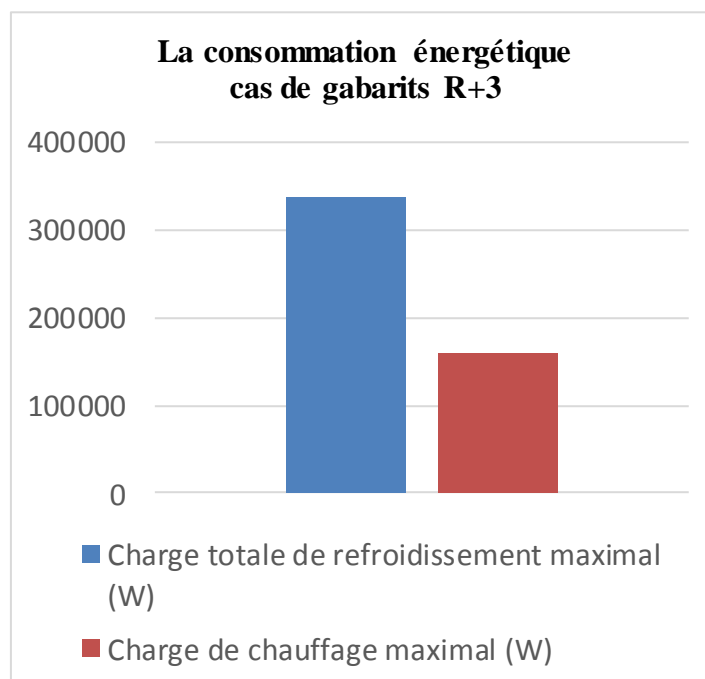
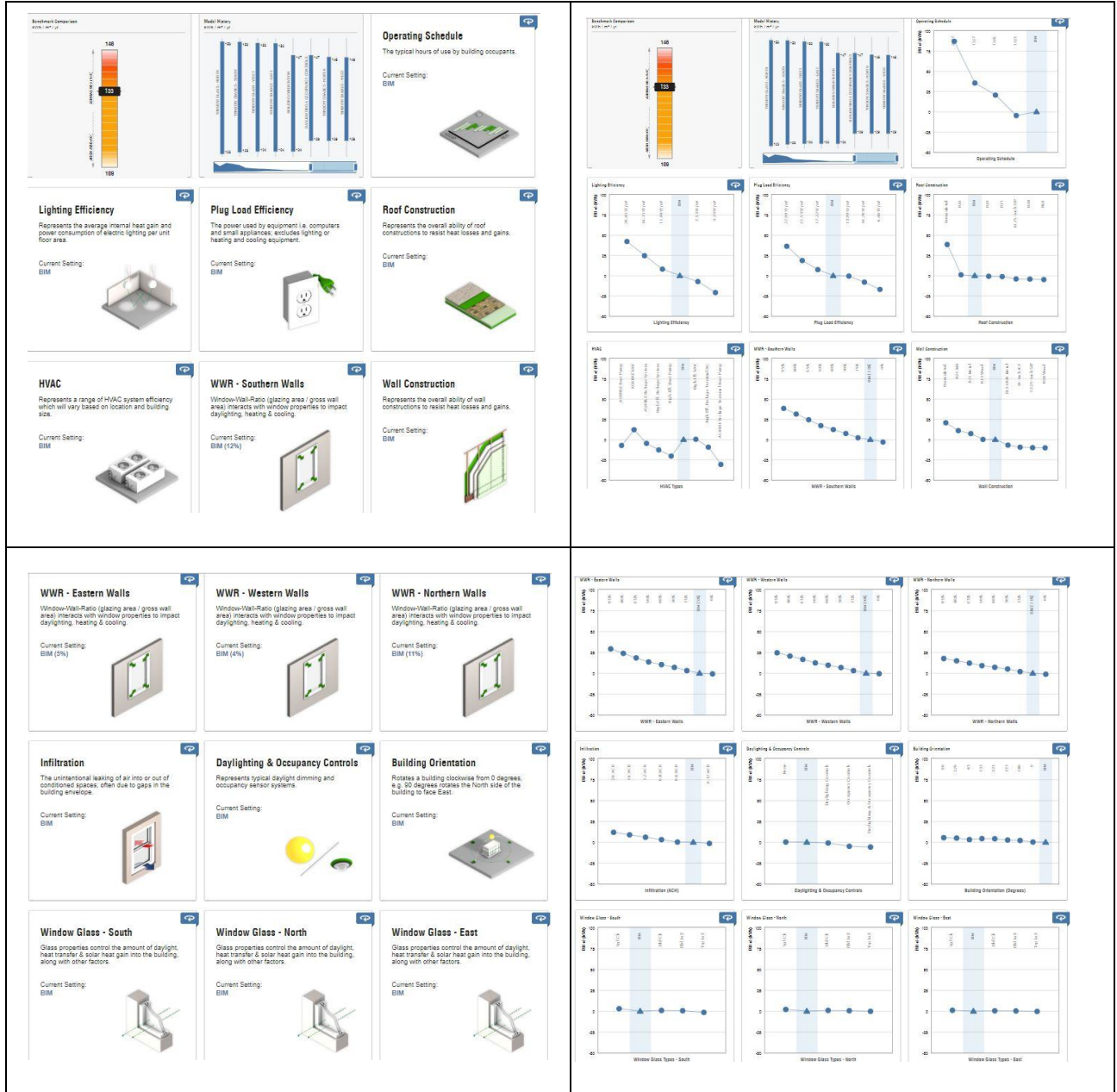
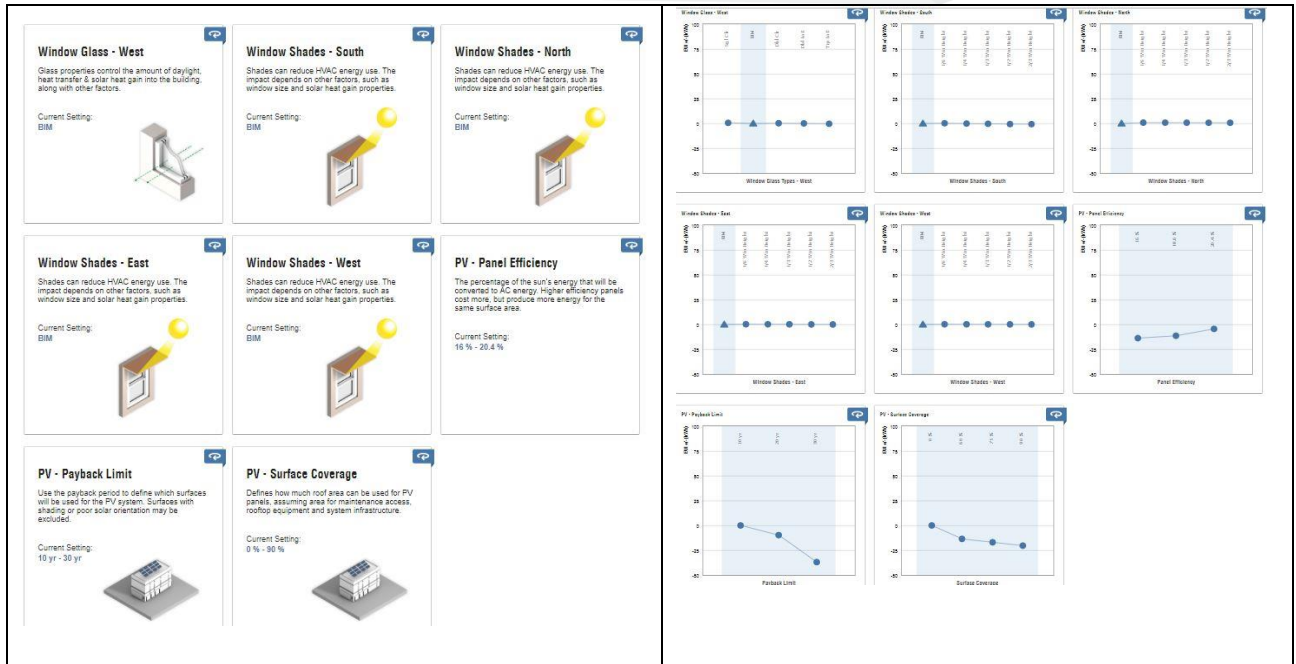


Figure V. 47 : La consommation énergétique cas de gabarits R+3.
Source : auteur.

Cas amélioré de projet gabarit R+3

Des matériaux sont proposés dans le cloud **Insight360** pour minimiser la consommation énergétique du projet. la figure suivante montre les configurations proposées par **Insight** pour améliorer la performance énergétique dans notre projet.





Nous avons remplacés les matériaux utilisés par les nouveaux matériaux sur logiciel Revit.

Types schématiques

Types de constructions: 5 items

Propriétés de l'analyse
Par défaut, les propriétés de l'analyse sont générées à partir des informations contenues dans les types conceptuels. Les propriétés des types schématiques sont utilisées lorsque l'option Remplacement est sélectionnée.

Catégorie	Remplacement	Construction analytique
Toits	<input checked="" type="checkbox"/>	Toit à cadre en bois R-60 (U=0.0657 W/(m²·K))
Murs extérieurs	<input checked="" type="checkbox"/>	Mur à cadre en bois R-30 (U=0.2124 W/(m²·K))
Murs intérieurs	<input checked="" type="checkbox"/>	Placoplatre double standard avec isolation (U=0.9662 W/(m²·K))
Plafonds	<input type="checkbox"/>	Plafond en béton léger 8 po. (U=1.3610 W/(m²·K))
Sols	<input checked="" type="checkbox"/>	Sol passif, Plaque d'isolation R-38, tout enrobage (U=0.1703 W/(m²·K))
Dalles	<input checked="" type="checkbox"/>	Isolation R-5 du bord de dalle (U=0.1500 W/(m²·K))
Portes	<input checked="" type="checkbox"/>	En bois (U=2.1944 W/(m²·K))
Fenêtres extérieures	<input checked="" type="checkbox"/>	Triple vitrage - 1/4 po. d'épaisseur - verre énergétique/transparent/transparent (e = 0.2) (U=1.5330 W/(m²·K), SHGC=0.53)
Fenêtres intérieures	<input checked="" type="checkbox"/>	Grandes fenêtres à vitrage simple (U=3.6800 W/(m²·K), SHGC=0.86)
Lucarnes	<input checked="" type="checkbox"/>	Lumières du toit à double vitrage en polycarbonate (U=3.7299 W/(m²·K), SHGC=0.76)

Tout Aucun

Facteur d'ombrage des fenêtres extérieures: 0

OK Annuler

Figure V. 48 :les nouveaux matériaux proposé par Insight.
Source : auteur.

D'après l'amélioration de performance énergétique dans notre projet les résultats devient comme les graphes montrent.

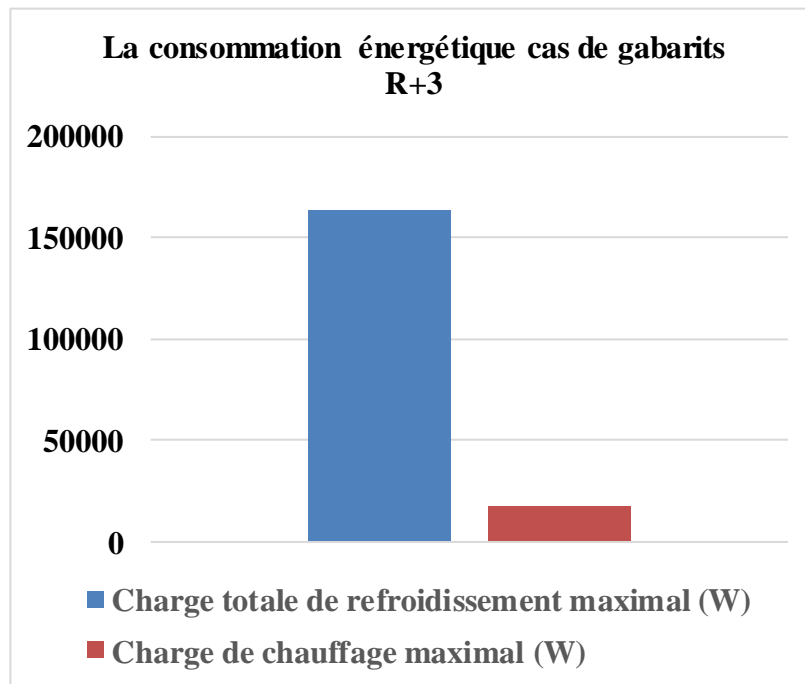


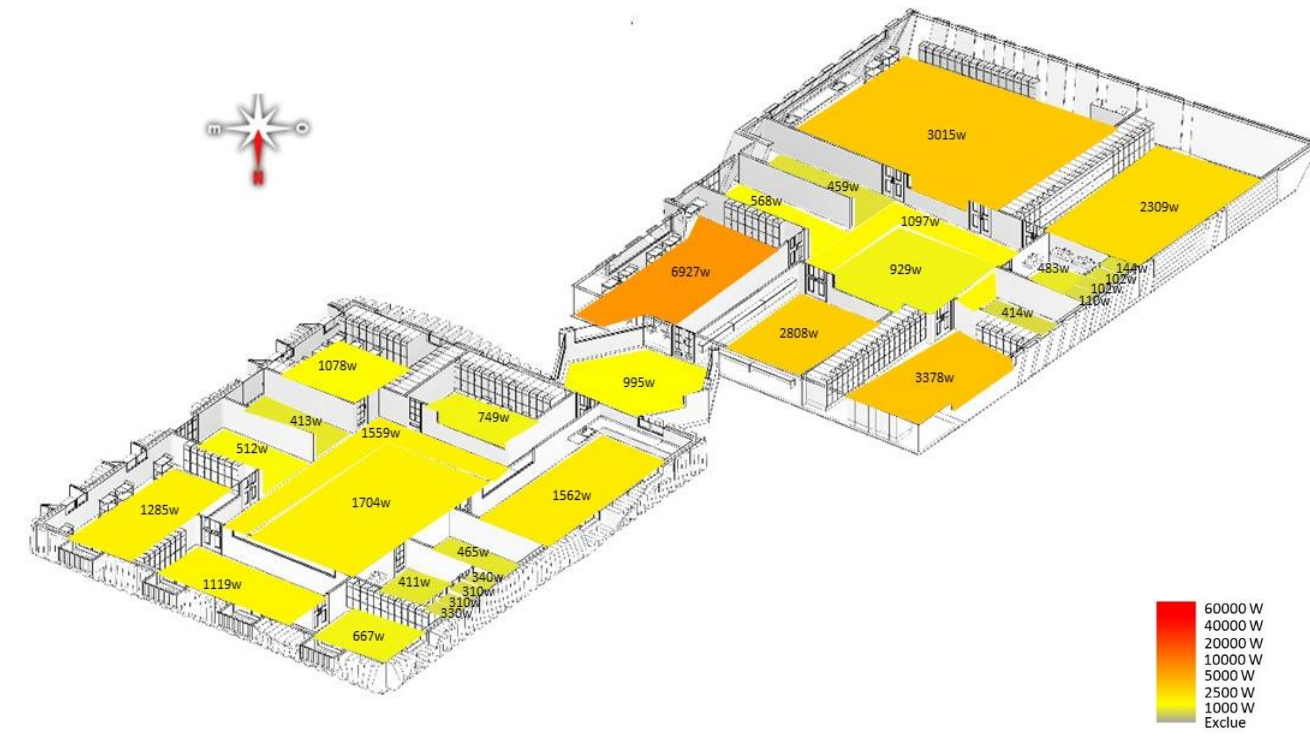
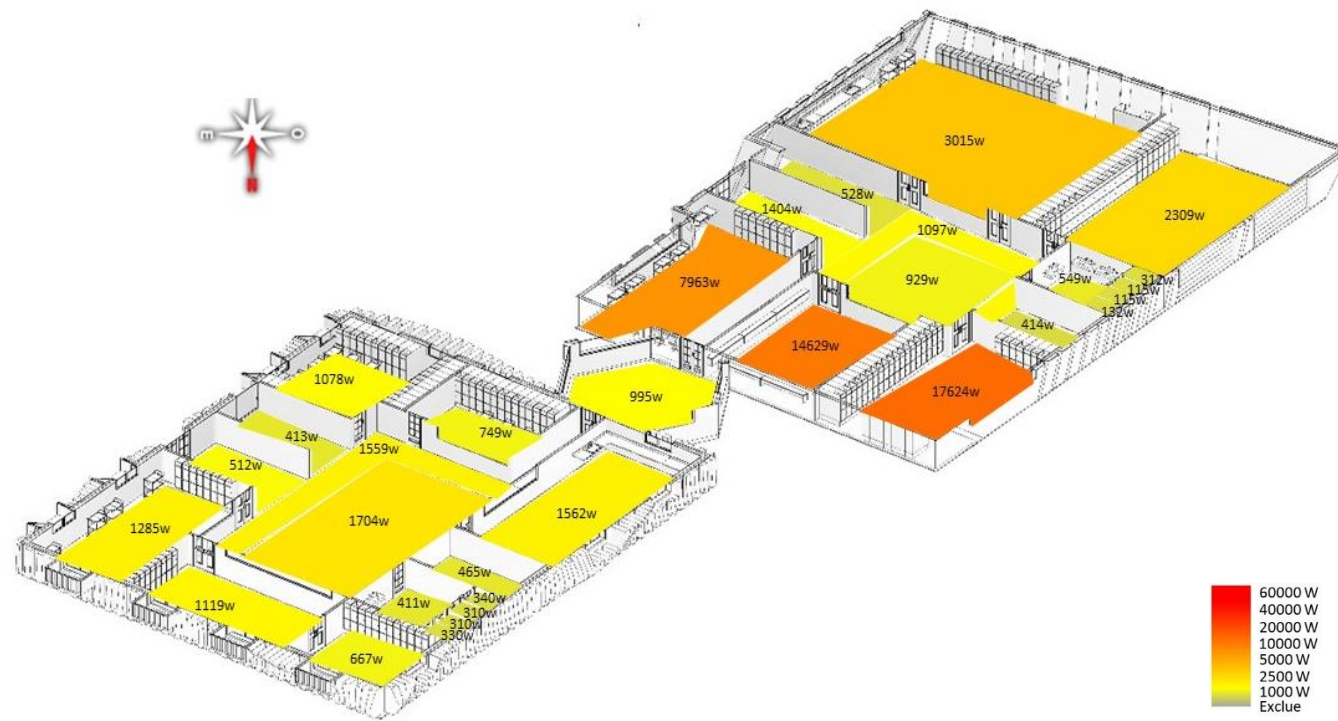
Figure V. 49 : La consommation énergétique cas de gabarits R+3.
Source : auteur.

Les figures suivantes montrent les illustrations de consommation énergétique dans notre projet au niveau des espaces.

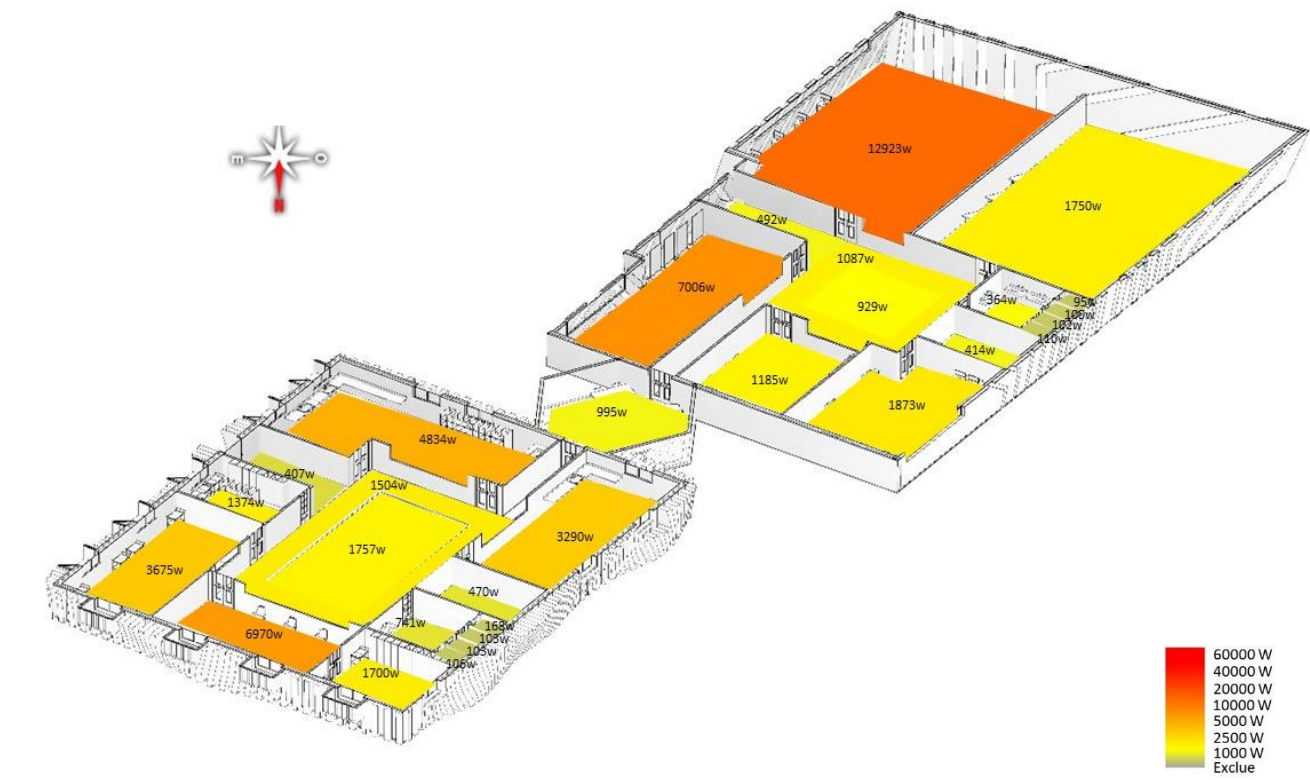
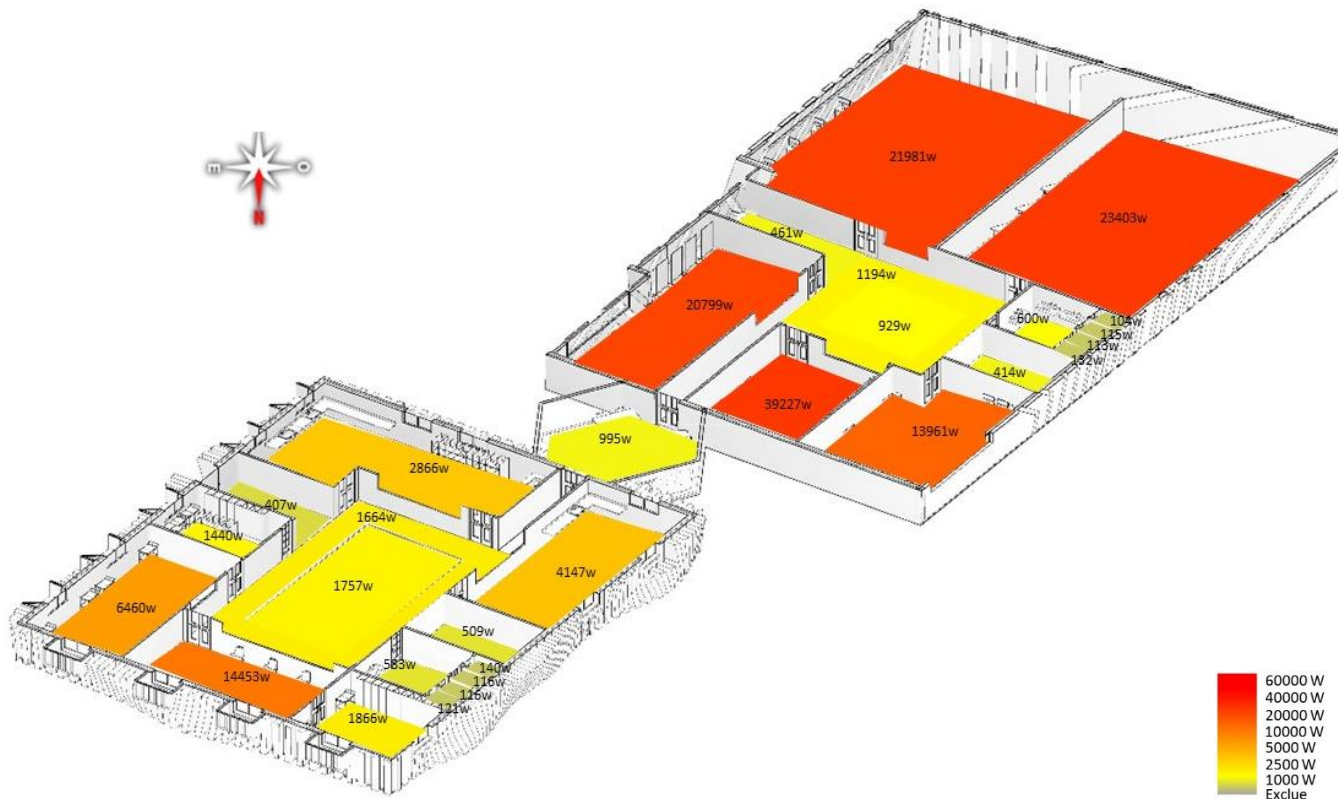
projet

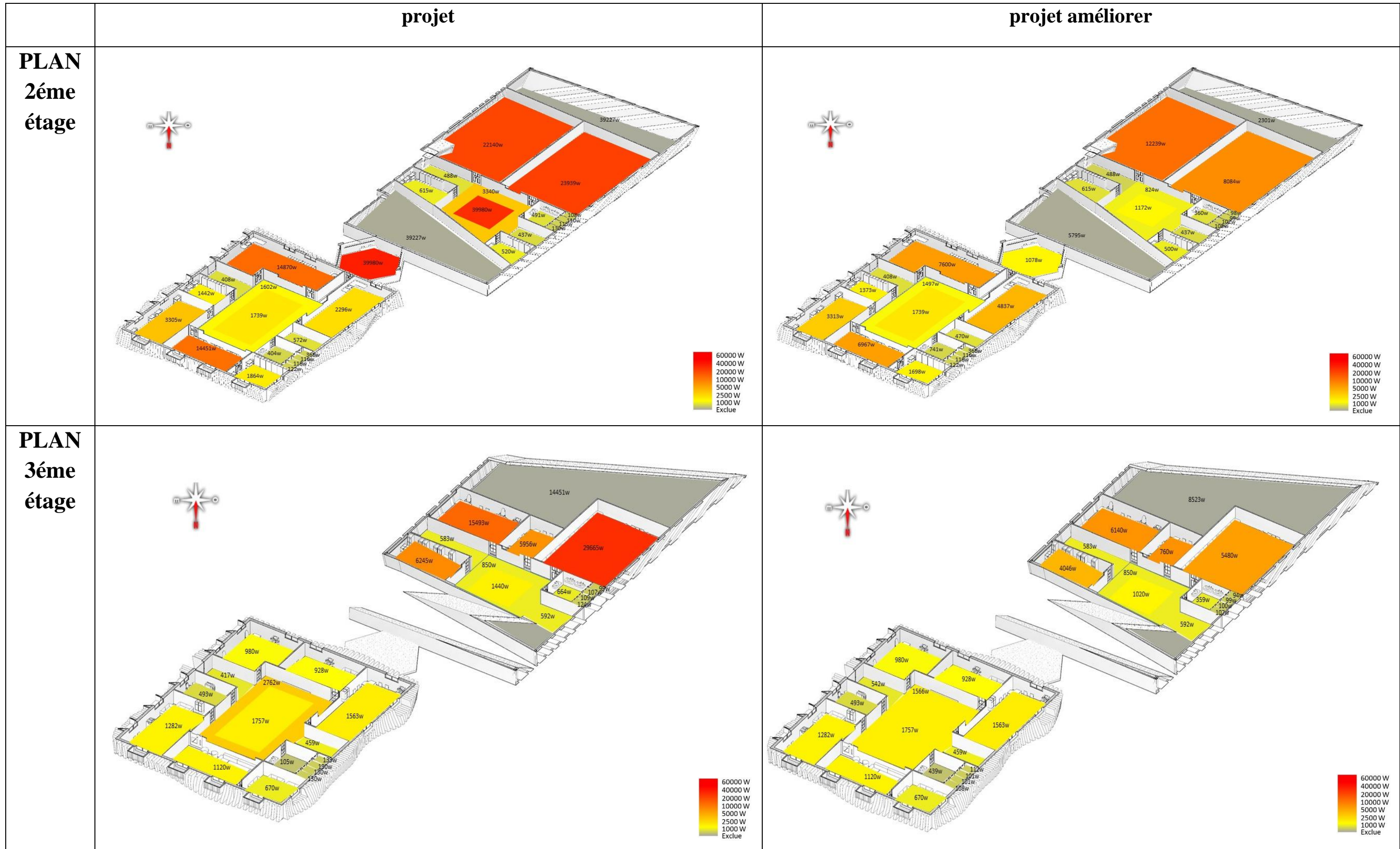
projet améliorer

PLAN RDC



PLAN 1er étage





✚ Cas de projet gabarits R+1

Les graphes suivant montrent la consommation de l'énergie dans notre projet.

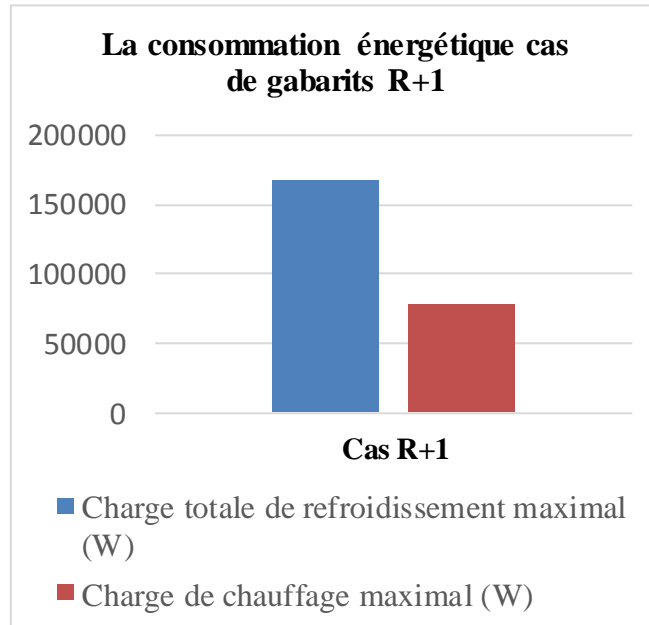


Figure V. 50 : la consommation énergétique cas de gabarits R+1.
Source : auteur.

✚ Cas amélioré de projet gabarit R+ 1

Les graphes suivants montrent la consommation de l'énergie dans le projet après l'amélioration optimale des matériaux.

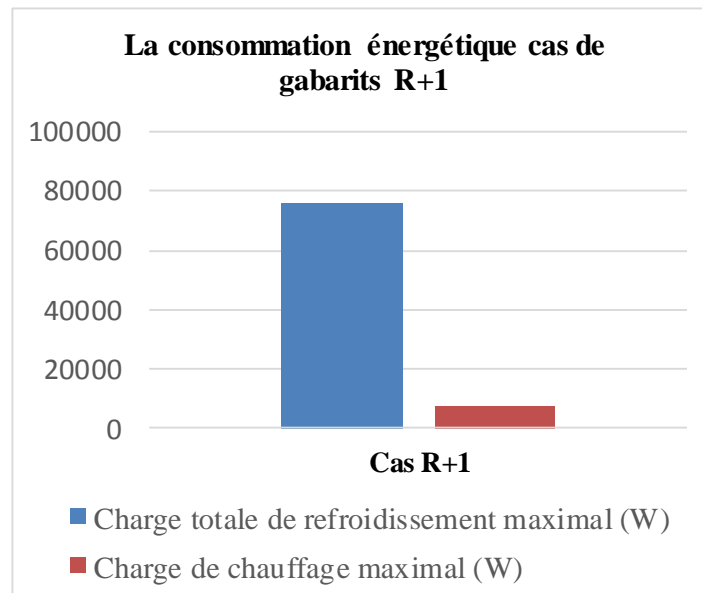


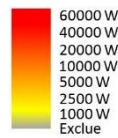
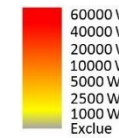
Figure V. 51 : la consommation énergétique cas de gabarits R+1.
Source : auteur.

Les figures suivantes montrent les illustrations de consommation énergétique dans le projet cas gabarit R+1.

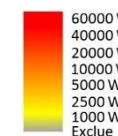
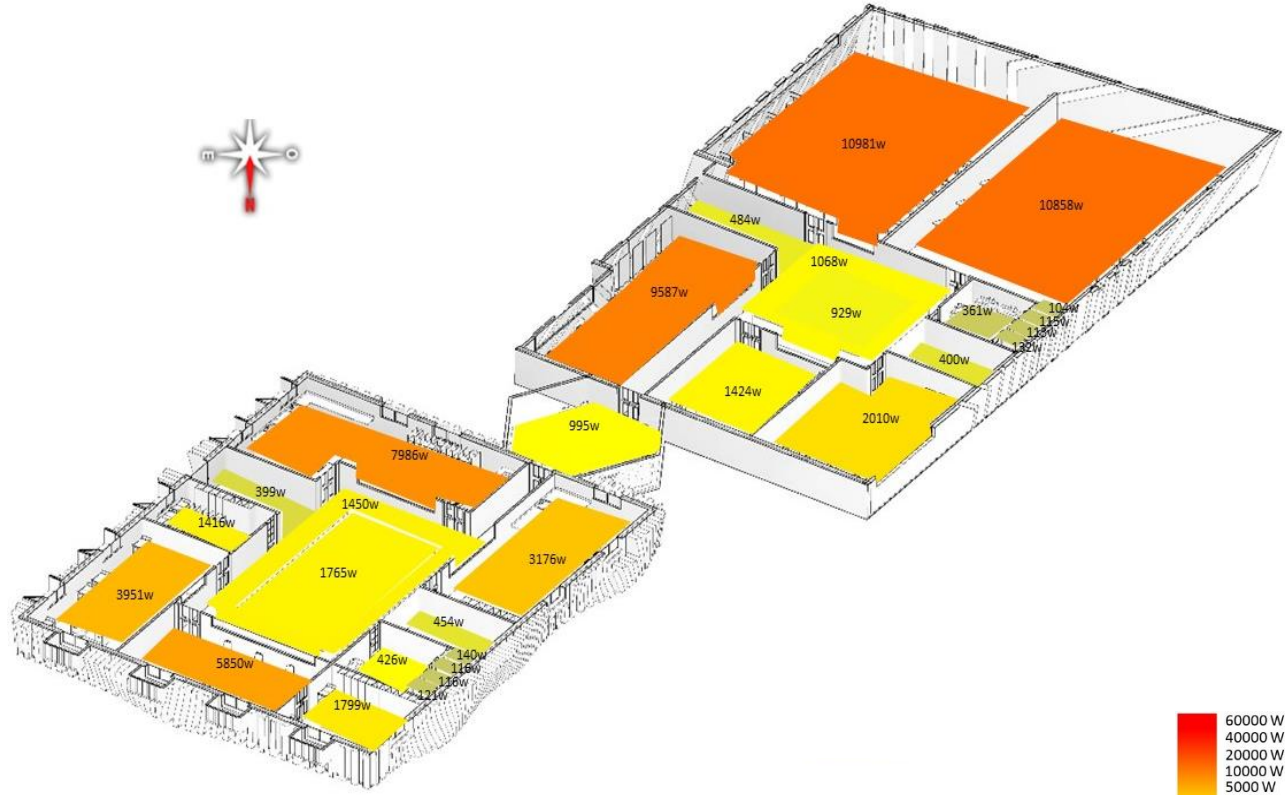
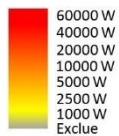
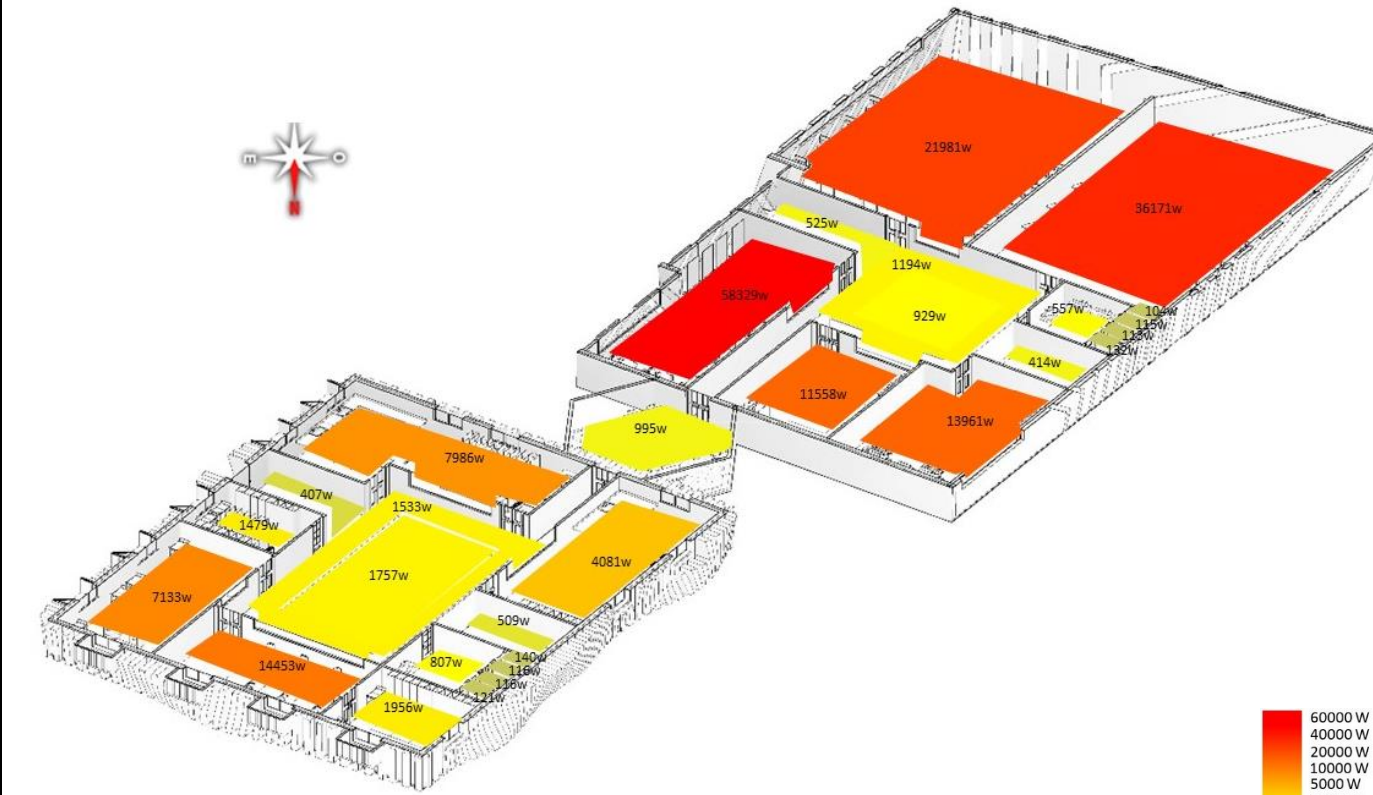
projet

projet améliorer

PLAN RDC



PLAN 1er étage



Conclusion

La conception du projet architectural est le point de convergence de plusieurs dimensions et d'aspects. Dans notre cas, nous avons essayé de prendre en charge le maximum de facteurs pour atteindre une conception du laboratoire de génie civile et d'architecture qui soit fonctionnelle, économe et durable avec l'intégration des dispositifs comme l'atrium et de profiter le maximum possible, ceci pour minimiser la consommation énergétique active, par des solutions géométriques et l'application des techniques adéquates au contexte de la ville Laghouat.



Conclusion générale

Ces dernières décennies ont connu une augmentation considérable dans l'intégration des atriums dans les constructions. Ces éléments qui se caractérisent par leurs grandes surfaces vitrées, et destinés aux climats des pays Nordiques, ce sont proliférés dans des climats autres que les leurs, tel que celui de la ville de Laghouat, qui se caractérise par l'aridité et la chaleur.

Malgré que l'atrium permet souvent de solutionner les problèmes d'éclairage, et offre aux usagers un espace extérieur protégé des aléas climatiques, il incarne une faille importante quant aux ambiances thermiques intérieures et un fardeau sur le bilan énergétique.

L'objectif de ce travail était de contribuer à prédiction de la conception des atriums adéquats à notre climat saharien, qui se caractérise par un hiver froid et un été chaud et sec, et c'est durant cette dernière que le problème des ambiances thermiques dans les espaces atrium se démontre par des surchauffes et des stratifications thermiques incontrôlables. Ce constat pousse les usagers à puiser de la climatisation mécanique et par conséquent à hausser la facture énergétique.

La contribution de prédiction se traduit par un modèle de guide pour aider les architectes concepteurs à choisir les paramètres et les critères à mettre en avant durant la phase conceptuelle, pour intégrer un atrium performant énergétiquement.

La première étape que nous avons emprunté est la détermination de l'angle optimal et l'orientation favorable qui puissent garantir un gain solaire maximal durant l'hiver et minimal durant l'été.

La seconde étape est la réalisation de quatre modèles réduits, selon deux Gabarits différents R+1 et R+3, avec à chaque fois deux formes de base pour l'atrium carrée et rectangulaire. Les matériaux choisis sont le BA13 en plus du polystyrène 03cm d'épaisseur, ceci dans le but d'isoler les volumes.

Pour la première phase, les périodes de mesures sur modèles réduits était réalisées entre la fin février et le début du mois de mars. Chaque cas de mesure, réalisé en isolant la maquette, se déroulait sur trois jours successifs. Nous notons que trois types de vitrage étaient testés, à savoir le simple vitrage, le double vitrage et le polycarbonate. Le seul scénario testé était la fermeture totale des modèles réduits.

Les résultats obtenus varient selon la forme de base de l'atrium, la hauteur et le type de vitrage, et elles sont comparées aux résultats obtenus par simulation numérique.

Pour la deuxième phase estivale, les mesures se sont déroulées durant le mois de juin. Le simple vitrage est éliminé vu son infélicité énergétique. Les scénarios suivis sont une prise de mesure sur maquettes durant trois jours successifs, avec une isolation totale, suivi par l'ouverture partielle de l'atrium, ensuite des portes du RDC et en fin l'ouverture des fenêtres. Chaque fois, on vérifie les températures intérieures, la vitesse du vent, et l'humidité relative. Ces aspects sont simulés simultanément, avec une vérification supplémentaire de la température radiante.

Ce processus nous a permis de valider les logiciels adoptés dans le travail.

Avant d'entamer la conception du projet P.F.E, une vérification supplémentaire a été établie sur le bloc du département des sciences humaines, ceci dans le but d'appuyer la validation des logiciels.

Cette méthodologie adoptée nous a permis de dégager un guide concernant les choix des différents critères pour l'intégration de l'atrium dans la conception en milieu chaud et aride.

Une application des leçons requises est exécutée sur le projet du laboratoire de recherches en architecture et en génie civil, en prenant les meilleurs critères favorisant une performance énergétique maximale.

Les paramètres que nous pris en charge lors des vérifications sont les températures intérieures mesurées et simulées, le mouvement aéraulique et l'humidité relative mesurées et simulées, ainsi que la température radiante. Ces paramètres présentent la clé pour une conception énergétique réussie.

Perspectives du travail

Le présent modeste travail présente une initiative timide pour démystifier la complexité des facteurs influençant l'atrium et son intégration dans un climat hostile. D'autres paramètres n'ont pas été pris en charge, telles les différentes formes de l'atrium, les différents types de vitrage, ... etc.

Nous espérons que la présente étude fera l'objet d'une amélioration voir d'une continuation futures par des candidats postulants pour le diplôme de master en architectures, ceci en rectifiant les erreurs commises dans cette étude, et/ou en prenant en charge d'autres facteurs.



Bibliographie

Les ouvrages

1. MH Ahmad , MTHM Rasdi Principes de conception des bâtiments à oreillettes pour les tropiques. Penerbit UTM , Malaisie 2000.
2. MJ Bednar Le nouvel atrium. McGraw-Hill , New York 1986.
3. Noor M. La fonction et la forme de la maison de cour, The Arab House. Actes du colloque. Centre de recherche et développement en architecture outre-mer, École d'architecture, Université de New Castle Upon Tyne; 1986.

Thèses et mémoires

4. (ICEAB) BEN Japan: Fukuoka, Japan, 2013.
5. Abdelaziz, L. A., & Atif, M. R. "Comparison between computed and measured thermal Parameters in an atrium building", Buildings and Environment. 1999,
6. Abdelsalam, A. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, Energy and Buildings, Volume 57, February 2013.
7. architecturale. Thèse de Doctorat en sciences Architecture. Université Mohamed Khider – Biskra 2017.
8. Atriums Linéaires : Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet ». Thèse de Doctorat, Ecole d'Architecture de Marseille-Luminy 2003.
9. Bâtiments M. Atif Atrium: commodités, coûts énergétiques et environnement Constr Canada ,1993.
10. BELMAAZIZ Mohamed, « Les Ambiances Thermo-aérauliques dans les
11. BOUCHAHM Yasmina, « Investigation sur la performance thermique du capteur à vent pour le rafraichissement passif dans les régions chaudes et arides, cas 'Ouargla », Thèse de Doctorat, université de Constantine 2004.
12. CK Quek Design of Atrium. Construire dans les tropiques chauds et humides. M.Phil non publié. Thèse Darwin College Cambridge , Paris, France 1989.
13. Christian Schittich , Construire en verre, deuxième édition revue et augmentée .
14. Debnath, K.B, " Influence of Enclosed Atriums in the Energy Consumption of Retail Shopping Environments of Dhaka City: a Comparative Study between Eastern Plaza and Basundhara City, in 4th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh"
15. Leila, M & al. Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 34, June 2014.

16. M'SELLEM Houda. La prise en compte des ambiances dans le processus de conception
17. Réinventions l'énergie, les principaux types de vitrage .

Revues et Articles

18. SÉBASTIEN WULLENS, Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en œuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment. Thèse de doctorat. Université GRENOBLE ALPES. France ,octobre, 2015.
19. SHAFQAT HUSSAIN, Numerical investigations of the indoor thermal environment in atria and of the buoyancy- driven ventilation in a simple atrium building. , A thesis submitted to the Department of Mechanical and Materials Engineering In conformity with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Queen's University Kingston, Ontario, Canada ,July, 2012.
20. Taleghani, M. Tenpierik, M., and Dobbsteven A. (2012a) „The Effect of Different Transitional Spaces on Thermal Comfort and Energy Consumption of Residential Buildings“. in Proceedings of 7th Windsor conference, „The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World“. held 12-15 April 2012 at Cumberland Lodge, Windsor. London
21. Tofigh Tabesh and Begum Sertyesilisik, “Focus on Atrium Spaces Aspects on the Energy Performance” International Conference on Chemical, Civil and Environmental Engineering (CCEE-2015) June 5-6, 2015 Istanbul (Turkey)
22. W. Hung , W. Chow. Un examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium Archit Sci Rev , 44 (2001) .
23. W. Hung , W. Chow. Un examen des aspects architecturaux des bâtiments atrium. Archit Sci Rev , 44 (2001) , Google Scholar.
24. W.Y. Hung, « ARCHITECTURAL ASPECTS OF ATRIUM » International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, Volume 5, Number 4, 2003.
25. Yunus J, SS Ahmad, Zain-Ahmed A. Analyse des aspects architecturaux de l'atrium dans les immeubles de bureaux dans des conditions de ciel tropical. In: Actes de la conférence internationale de l'IEEE sur la recherche scientifique et sociale (CSSR). Kuala Lumpur, Malaisie; 2010.

Sites d'internet

26. www.paroisvitreesrt2012.fr/caracterisation-parois-vitrees (consulté le:2019-03-15 21:00)

27. <https://www.archdaily.com/189461/umd-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects> (consulté le:2018-10-15 21:00)
28. www.wheatherspark.com (consulté le:2019-01-23 23:00)
29. <http://www.holcimawards.fr/index.php/projets-editions-precedentes/les-projets-francais/gagnants-finalistes-edition-2/41-siege-social-de-la-caisse-regional-du-credit-agricole> (consulté le:2018-11-08 10:30)
30. <http://www.lemoniteur.fr/131-etat-et-collectivites/articles/1008824-nouveau-siege-pour-le-credit-agricole> (consulté le:2018-12-02 20:15)
31. www.elsevier.com/locate/enbuild.2017 (consulté le:2019-02-04 00:00)
32. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais-monolingue>
33. <https://www.cnrtl.fr/definition/laboratoire> (consulté le:2018-09-17 00:00)

Documents divers

34. Canvas de la faculté de génie civil et architecture Laghouat.
35. Station métrologique Laghouat.

