



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمّار تليجي بالأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية الهندسة المدنية والمعمارية

FACULTÉ : DE GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE

قسم الهندسة المعمارية

DÉPARTEMENT : D'ARCHITECTURE

Présenté par : Lakhdari Affaf

DOMAINE : Architecture

FILIERE : Architecture

OPTION : Architecture et Environnement et Technologie

Thème

*Amélioration du confort thermique des ateliers de dessin
dans une école d'architecture bioclimatique à la ville de
LAGHOUAT*

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. SALHI ATEUF	M.A.A	Président
Mme. BOULMERKA Zoubida	M.A.A	Examinatrice
Mme. OUBAID Hadjer	M.A.A	Rapporteur

Promotion : 2021



Remerciements


En premier lieu, je remercie Allah, Le Tout-Puissant de m'avoir donné courage, santé et volonté pendant mon cursus universitaire.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de mémoire, Mme OUBAID Hadjer Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé Haut du formulaire

Je désire aussi remercier les professeurs de l'université, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Mes vifs remerciements vont aux membres de jury pour avoir accepté de Juger ce présent travail.

Enfin, à toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail soit sincèrement remercié.





Dédicace

Je dédie ce travail :

*A la mémoire de ma mère que j'aime et qui je manque à ses
prières et que j'aurai tant aimé qu'elle soit avec nous.*

A mon père que dieu nous le garde.

A ceux qui illumine ma vie et qui me toujours soutenue

Mes chères sœurs

Et spécialement a mimi, ilyess, youness et rayane

A mes chères amies A tout ce que je porte dans mon cœur

Vous êtes nombreux à avoir toujours été là pour moi.

Lakhdari affaf





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



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

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Architecture, urbanisme et métiers de la Ville

FILIERE : Architecture

OPTION : ARCHITECTURE, ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE

THEME : Amélioration du confort thermique des ateliers de dessin dans une école d'architecture bioclimatique à la ville de LAGHOUAT

Présenté par :

- **LAKHDARI AFFAF**

Encadré par :

- **Mme OUBAID HADJER**

Résumé :

Dans cette étude, nous avons présenté notre projet de recherche en 2014, intitulé la conception d'une école d'architecture bioclimatique à la ville de Laghouat, caractérisée par son climat chaud et aride, et dont les clés essentielles ont été adaptées à la conception de l'école et aux précautions particulières pour assurer le confort thermique pour le bien-être des étudiants et l'exécution des tâches d'enseignement, surtout dans les ateliers de dessin.

Dans cette recherche, on a utilisé des programmes d'ingénierie numérique qui simulent les Conditions de confort thermique dans l'espace choisi pour l'étude par la simulation du cas initial et de trouver d'autres solutions et techniques pour améliorer le confort thermique au niveau de l'un des ateliers de dessin. Afin qu'ils puissent être efficaces et confortables ou l'inverse.

Mots clés : école d'architecture, la ville de Laghouat, climat chaud et aride, atelier de dessin, confort thermique.



لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة عمار تليجي الأغواط
قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة ماستر

الميدان: هندسة المعمارية وتخطيط المدن وادوات المدينة

الشعبة: هندسة المعمارية

التخصص: هندسة المعمارية، البيئة والتكنولوجيا

الموضوع: تحسين الراحة الحرارية داخل ورشات الرسم بمدرسة الهندسة المعمارية البيئية بولاية الأغواط

تقديم الطالبة:

الأخضاري عفاف

الستاذة المؤطرة

اوبعيد هاجر

ملخص المذكرة:

في هذه الدراسة قدمنا مشروعنا البحثي في عام 2014 بعنوان تصميم مدرسة الهندسة المعمارية المناخية الحيوية في مدينة الأغواط، تتميز بمناخها الحار والجاف، والتي تم تكييف مفاتيحها الأساسية لتصميم المدرسة مع اخذ الاحتياطات الخاصة لضمان الراحة الحرارية لرفاهية المستعملين وأداء المهام المدرسية، خاصة في ورشات الرسم.

وقد قمنا في بحثنا بالاستعانة ببرامج هندسية رقمية تحاكي شروط الراحة الحرارية داخل الفضاء المختار لدراسته عن طريق المحاكاة الأولية للفضاء ومن ثم إيجاد حلول وأساليب تقنية أخرى لتحسين مستوى ورشات الرسم. لعلها تكون ناجعة وناجحة أو العكس.

الكلمات المفتاحية: مدرسة للهندسة المعمارية، ولاية الأغواط، مناخ الحار والجاف، الراحة حرارية



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



Amar Thelidji University – Laghouat FACULTY:

civil engineering and architecture

SECTOR: Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

DOMAIN: Architecture, town planning and city trades

SECTOR: Architecture

SPECIALITY: ARCHITECTURE, ENVIRONMENT AND TECHNOLOGY

THEME: Improvement of the thermal comfort of the drawing workshops in a bioclimatic architecture school in the city of LAGHOUAT

Presented by :

Lakhdari affaf

Supervised by:

- **Mme OUBAID HADJER**

Abstract:

In this study, we presented our research project in 2014, entitled the design of a school of bioclimatic architecture in the city of Laghouat, characterized by its hot and arid climate, and whose essential keys have been adapted to the design of the school and special precautions to ensure thermal comfort for the well-being of students and the performance of teaching tasks, especially in drawing workshops.

In this research, we used digital engineering programs that simulate the Thermal Comfort Conditions in the space chosen for the study by simulation of the initial case and to find other solutions and techniques to improve thermal comfort at the level of a drawing workshops. So that they can be effective and successful or vice versa.

Key words: School of Architecture, the city of Laghouat, hot and dry climate, thermal comfort, digital simulation

SOMMAIRE

Résumé :	I
ملخص المذكرة.....	II
Abstract:	III

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :	1
I. Introduction :	1
II. Problématique :	1
III. Hypothèses :	2
Objectifs :	2
IV. Méthodologie de travail :	2

CHAPIRE 01 : ETUDE THEMATIQUE

I. Introduction :	4
II. Définition d'école d'architecture :	4
III. Les zones arides :	4
III.1 Les caractéristiques des zones arides : Source.....	5
IV. L'architecture durable :	5
IV.1 les enjeux clés de l'architecture durable :	6
IV.1.1 L'orientation du bâtiment :	6
IV.1.2 L'implantation :	6
IV.1.3 La Forme du Bâtiment :	6
IV.1.4 La végétation :	7
IV.1.5 L'isolation thermique :	7
IV.1.6 La gestion de l'eau, de l'air et des déchets :	7
IV.1.7 L'enveloppe du bâtiment et matériaux :	8
IV.1.8 Choix des couleurs :	8

IV.1.9 La stratégie de ventilation naturelle :	8
V. Confort Thermique : Source	9
V.1.Définition du confort	9
V.1.1.type de confort :	9
V.2 Définition Du Confort Thermique :	9
V.3 Notion du confort thermique :	9
V.4 Les paramètres du confort thermique :	10
V.5 Les stratégies bioclimatiques pour améliorer confort thermique : Source	12
V.5.1 Confort d'hiver :	12
V.5.2 Confort d'été:	14
V.6 Stratégie de la ventilation naturelle :	15
V6.1 Différents dispositifs permettent d'optimiser la ventilation naturelle :	15
V.6.2 Les types de la ventilation naturelle :	16
V.7 Recommandations liées au confort thermique Source	17
V.7.1 La forme et la compacité :	17
V7.2 L'inertie thermique :	17
V.8 L'isolation thermique de l'enveloppe :	17
V.8.1 Les différents types d'isolants :	18
V.8.2 Les serres :	19
V.8.3 Le mur trombe :	19
V.8.4Vitrages et propriétés thermiques :	20
VI. Conclusion :	24

CHAPIRE02 : ETUDEANALYTIQUE

I. Introduction :	26
II. VOLET 01 : ANALYSE DES EXEMPLES :	26

II.1 Exemple 01: L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES ENSA	26
II.1.1 Présentation de l'école :	26
II.1.2 Fiche technique du projet :	26
II.1.3 Situation de l'école :	27
II.1.4 les limites :	27
II.1.5 Accessibilité au projet :	28
II.1.6 plan De Masse :	28
II.1.7 la Volumétrie :	29
II.1.8 Analyse spatiale :	29
II.1.9 L'aspect technique :	31
II.1.10 Aspect bioclimatique :	32
II.1.10 Synthèse :	33
II.2 Exemple 02: Ecole Saint Exupéry à Pantin	34
II.2.1 Présentation et situation de l'école	34
II.2.2 Fiche technique	34
II.2.3 Limites et accessibilité :	35
II.2.4 Analyse spatiale :	35
II.2.5 Les concepts bioclimatiques	36
II.2.6 Synthèse	39
II.3 EXEMPLE 03 : ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE STRASBOURG	40
II.3.1 Critère de choix :	40
II.3.2 La fiche technique :	40
II.3.3 Situation :	40
II.3.4 Accessibilité :	41
II.3.5 Plan de masse :	41
II.3.6 La forme (volumétrie) :	42

II.3. 7 L'intégration du projet :	42
II.3. 8 Les plans :	43
II.3. 9 Les Façades :	45
II.3. 10 Les Techniques :	46
II.3.11 L'éclairage :	46
II.3.12 Synthèse :	47
III. SYNTHESE	47
IV. Volet 02 : PRÉSENTATION DU PROJET:	48
IV.1 Présentation générale du site :	48
IV.2 Analyse climatique de la ville de Laghouat :	48
IV.2.1 Vents :	49
IV.2.2 Température :	49
IV.2.3 Précipitations :	49
IV.3 Situation du site d'intervention :	50
IV.4 Voisinage Et Les Limites:	50
IV.5 Les Données Climatiques Du Site :	51
IV.6. Formalisation De L'idée De Projet :	51
IV.6. 1 Programme Propose (1500) Etudiants :	52
IV.6. 1.2 Analyse Du Programme :	53
IV.6. 1.3 l'organigramme Fonctionnel :	54
IV.6. 2 Les Concepts :	54
IV.7. La Genèse Du Projet :	55
IV.8 Les solutions bioclimatiques adaptées au projet :	58
IV.8.1 Au niveau du plan de masse :	58
IV.8.2 au niveau des ateliers :	58
V. Conclusion :	60

CHAPIRE 03 : Simulation numérique

I. Introduction.....	61
II. Partie pratique : Etude expérimentale de confort thermique d’atelier de de dessin	61
II.2 Outils de simulation :	62
II.2.1 Outil d’analyse : Logiciel Energy plus :	62
II.3 La configuration de l’espace étudier :	63
a-Le scénario d’hiver :	64
b-Interprétation des résultats :	64
a- Le scénario d’Le scénario d’été :	65
b-Interprétation des résultats :	65
II.5 Propositions de corrections et améliorations :	66
II.5.1 Les solutions proposées sont comme suit	66
II.5.2 la réduction des pertes de chaleur :	66
a-Le scénario d’hiver :	67
b- Comparaison.....	67
c-Description de résultat :	68
a-Le scénario d’été :	68
b-Comparaison :	68
C-Description de résultat :	69
III. CONCLUSION	69

CONCLUSION GENERALE

I. Conclusion générale :	70
--------------------------------	----

LISTE DES FIGURES

CHAPIRE 01 : ETUDE THEMATIQUE

Figure 1:schéma des composantes de l'architecture durable	5
Figure 2:l'implantation du bâtiment	6
Figure 3:Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de formes simples.....	6
Figure 4:Les différents effets de la végétation	7
Figure 5:Isolation thermique en laine de roche.....	7
Figure 6:La gestion d'eau	7
Figure 7:Choix de matériaux.....	8
Figure 8:Choix de couleurs	8
Figure 9:Les types de ventilation naturel	8
<i>Figure 10:Les échanges thermiques entre le corps et l'environnement.....</i>	<i>10</i>
Figure 11:Les échanges thermiques entre le corps et l'environnement	11
Figure 12:Gains de chaleur internes.....	12
Figure 13:Stratégie du chaud.....	12
Figure 14:la réfrigération d'été	14
Figure 15:les types de la ventilation naturelle.....	16
Figure 16:Isolation par l'intérieur et isolation par l'extérieur.....	17
Figure 17:Matériaux isolants.....	18
Figure 18: Fonctionnement d'une serre en hiver et en été.....	19
Figure 19:schéma du mur trombe.....	20
Figure 20:Les facteurs énergétiques.....	21
Figure 21:façade double peaux	22
Figure 22:Façade double peaux (système de Ventilation)	22
Figure 23:Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée mécaniquement....	23
Figure 24:Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur un niveaux	23
Figure 25: Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur plusieurs niveaux.....	23
Figure 26:Détail de construction de la FDB.....	24

CHAPIRE02 : ETUDEANALYTIQUE

Figure 1:école d'architecture Nantes.....	26
Figure 2:situation e l'ENSA.....	27
Figure 3:ile de Loire.....	27
Figure 4:les limites e L'ENSA.....	27
Figure 5:l'accès principal de L'ENSA.....	28
Figure 6:l'accès secondaire a l'ENSA.....	28
Figure 7:la rampe de l'ENSA.....	28
Figure 8:plan de masse de l'ENSA.....	28
Figure 9:la volumétrie de l'ENSA.....	29
Figure 10:Plan du RDC.....	29
Figure 11:Plan du 1er étage.....	30
Figure 12:Plan du 2me étage.....	30
Figure 13:Plan de toiture.....	31
Figure 14:Espaces intérieurs.....	31
Figure 15:Espaces intérieurs.....	32
Figure 16:Aspect bioclimatique.....	33
Figure 17:concepts utilisés dans l'école.....	33
Figure 18:Groupe scolaire à énergie positive Saint-Exupéry à pantin.....	34
Figure 19:Accessibilité à l'école Saint-Exupéry à Pantin.....	35
Figure 20:Implantation des bâtiments.....	35
Figure 21:Les différents blocs constituant l'école.....	36
Figure 22:Implantation selon la trame urbaine / trame solaire (Concours).....	36
Figure 23:Implantation selon la trame urbaine / trame solaire (Concours).....	37
Figure 24:Isolation du bâtiment.....	37
Figure 25:Matériau bois.....	37
Figure 26:Le confort acoustique.....	37
Figure 27:L'éclairage naturelle dans l'école.....	38
Figure 28:Cheminée solaire.....	38
Figure 29:Stores extérieurs.....	38
Figure 30: Le travail sur l'optimisation des brise-soleils.....	39
Figure 31:Capteurs photovoltaïques.....	39
Figure 32:photo de l'École d'architecture de Strasbourg.....	40

Figure 33:photo de l'École d'architecture de Strasbourg.....	40
Figure 34:photo satellite de la situation de l'École d'architecture de Strasbourg.....	40
Figure 35:photo satellite de la situation et le voisinage de l'École d'architecture de Strasbourg	41
Figure 36:Schéma du plan de masse de l'École d'architecture de Strasbourg.....	41
Figure 37:photo synthèse de la volumétrie de l'École d'architecture de Strasbourg.....	42
Figure 38:photo de l'intégration de l'École d'architecture de Strasbourg.....	42
Figure 39:Plan de sous-sol de l'École d'architecture de Strasbourg.....	43
Figure 40:Plan de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg.....	43
Figure 41:Plan de R+4de l'École d'architecture de Strasbourg.....	44
Figure 42:Plan de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	44
Figure 43:Plan de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	44
Figure 44:Plan de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	44
Figure 45:Plan de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	45
Figure 46:Plan de R+5 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	45
Figure 47:Façade de l'École d'architecture de Strasbourg.....	45
Figure 48:Façade de l'École d'architecture de Strasbourg.....	45
Figure 49:Façade de l'École d'architecture de Strasbourg.....	45
Figure 50:Façade de l'École d'architecture de Strasbourg.....	46
<i>Figure 51 : Façade de l'École d'architecture.....</i>	46
Figure 52:La Structure de l'École d'architecture de Strasbourg.....	46
Figure 53:La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg.....	46
Figure 54:La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg.....	46
Figure 55: découpage des zones climatiques.....	48
Figure 56: Extrait des caractéristiques de la zone D.....	48
Figure 57: Les vents dominant de la ville de Laghouat.....	49
Figure 58: Température de la ville de Laghouat.....	49
Figure 59: Les précipitations dans la ville de Laghouat.....	49
Figure 60: Plan de situation.....	50
Figure 61: les Voisinages et les limites.....	50
Figure 62:Données climatiques de site.....	51
<i>Figure 63: organigramme fonctionnel.....</i>	54
Figure 64:Etat de lieu.....	55
Figure 65: Le choix des accès.....	55

Figure 66:l'implantation.....	55
Figure 67:Zoning des entités	56
Figure 68:Zoning.....	56
Figure 69:Source d'inspiration	56
Figure 70:dessin à main lever.....	56
Figure 71:élément d'appelle.....	57
Figure 72:les espaces protégés	57
Figure 73:Plan de masse.....	57
<i>Figure 74: Schéma représente la protection des blocs contre les vents de sable.</i>	<i>58</i>
Figure 75:Schéma représente l'orientation et l'emplacement des ateliers de dessin.....	58
Figure 76:Schéma représente la ventilation par atrium au niveau des ateliers	58
Figure 77:Schéma représente la ventilation par atrium au niveau des ateliers	59
Figure 78:Schéma représente l'éclairage naturel/Température/Ventilation au niveau des ateliers	59
Figure 79:La toiture végétalisée	60

CHAPIRE 03 : Simulation numérique

Figure 1: Plan de cas d'étude (Atelier de dessin)	62
Figure 2:icone du logiciel.....	62
Figure 3 : Vue 3d sur la zone d'étude	63
Figure 5: Composition des parois extérieures	63
Figure 4:Composition des parois Intérieur.....	63
Figure 6:températures intérieures de l'espace étudié, hiver	64
Figure 7:températures intérieures de l'espace étudié, été.....	65
Figure 8:Vue sur la façade de la zone d'étude	67
Figure 9:Vue 3d sur la zone d'étude	67
Figure 10:comparaison entre les différents Cas d'hiver.....	67
Figure 11:comparaison entre les différents Cas d'été.....	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableaux de caractéristiques Thermo-physique de matériaux de construction utiliser.....	64
Tableau 2 : Tableaux de caractéristiques Thermo-physique de matériaux de construction utiliser.....	66



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

I. Introduction :

La préservation de l'environnement est devenue l'objectif que tout le monde veut atteindre, dans le but de diminuer les impacts négatifs sur l'être humain et la bio sphère. Le développement durable a de nombreux domaines d'application, parmi eux le domaine de l'architecture, où il y existe plusieurs modes d'application, qui consistent en la recherche d'une synthèse harmonieuse entre le bâtiment, le confort des usagers et le respect de l'environnement ainsi que la réduction des besoins en énergie.

Toutes les recherches dans le domaine d'enseignement supérieure visent à améliorer considérablement le rendement des établissements d'enseignement et d'apprentissage en produisant les meilleurs résultats en matière pédagogique et scientifique, tout en assurant le bien-être des étudiants.

L'Algérie a intégré la dimension de durabilité dans sa politique nationale de développement durable à travers ses instruments de planification, dans un souci de maintenir l'équilibre entre les impératifs de son développement socio-économique et l'utilisation rationnelle de ses ressources naturelles¹.

Les bonnes conditions et la qualité de l'environnement intérieur ont un effet positif sur la santé, le bien-être, le rendement des étudiants, et l'absentéisme et par conséquent sur l'atteinte des objectifs estompés et le taux de réussite des étudiants.

II. Problématique :

Le confort thermique est un paramètre important tant pour le bien-être de la personne, que pour assurer son efficace productivité.

Le confort thermique constitue une demande reconnue et justifiée dans les espaces de vie du fait de son impact sur la qualité des ambiances thermiques intérieures

***Comment assurer et améliorer le confort thermique dans les écoles d'architecture ?
Quelles sont les stratégies passives et actives de conception à adopter, les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer le confort thermique à l'intérieur d'un atelier de dessin d'architecture, et de quelles manières elles interviennent dans l'amélioration du Confort thermique et des performances énergétiques ?***

La conception d'un atelier de dessin doit avoir tous les paramètres nécessaires pour un environnement sain et confortable pour l'apprentissage.

- ***Comment vérifier les conditions de confort thermique dans l'atelier de dessin ?***

¹ https://sustainabledevelopment.un.org/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/algeria/full_report.pdf

- *Quel est l'impact de l'utilisation des solutions passives ou actives sur le confort thermique dans l'atelier de dessin ?*
- *Quelles sont les tâches de correction nécessaires pour rattraper le confort ?*

III. Hypothèses :

La conception d'une école d'architecture avec la prise en considération de la dimension environnementale, en se basant sur les principes et les techniques appropriés pourrait créer un environnement intérieur adéquat.

Afin de répondre à ces questions, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- *L'utilisation des matériaux durables pourrait protéger le bâtiment et améliorer ses caractéristiques thermiques et par extension leur performance énergétique.*
- *Utilisation d'un atrium pour améliorer les ambiances thermiques intérieures et renouveler l'air.*

Objectifs :

Assurer une amélioration des conditions du confort thermique à l'intérieur d'atelier de dessin conçue à la ville de Laghouat caractérisé par son climat chaud et aride, et ce par l'utilisation des matériaux locaux organiques et des techniques passives.

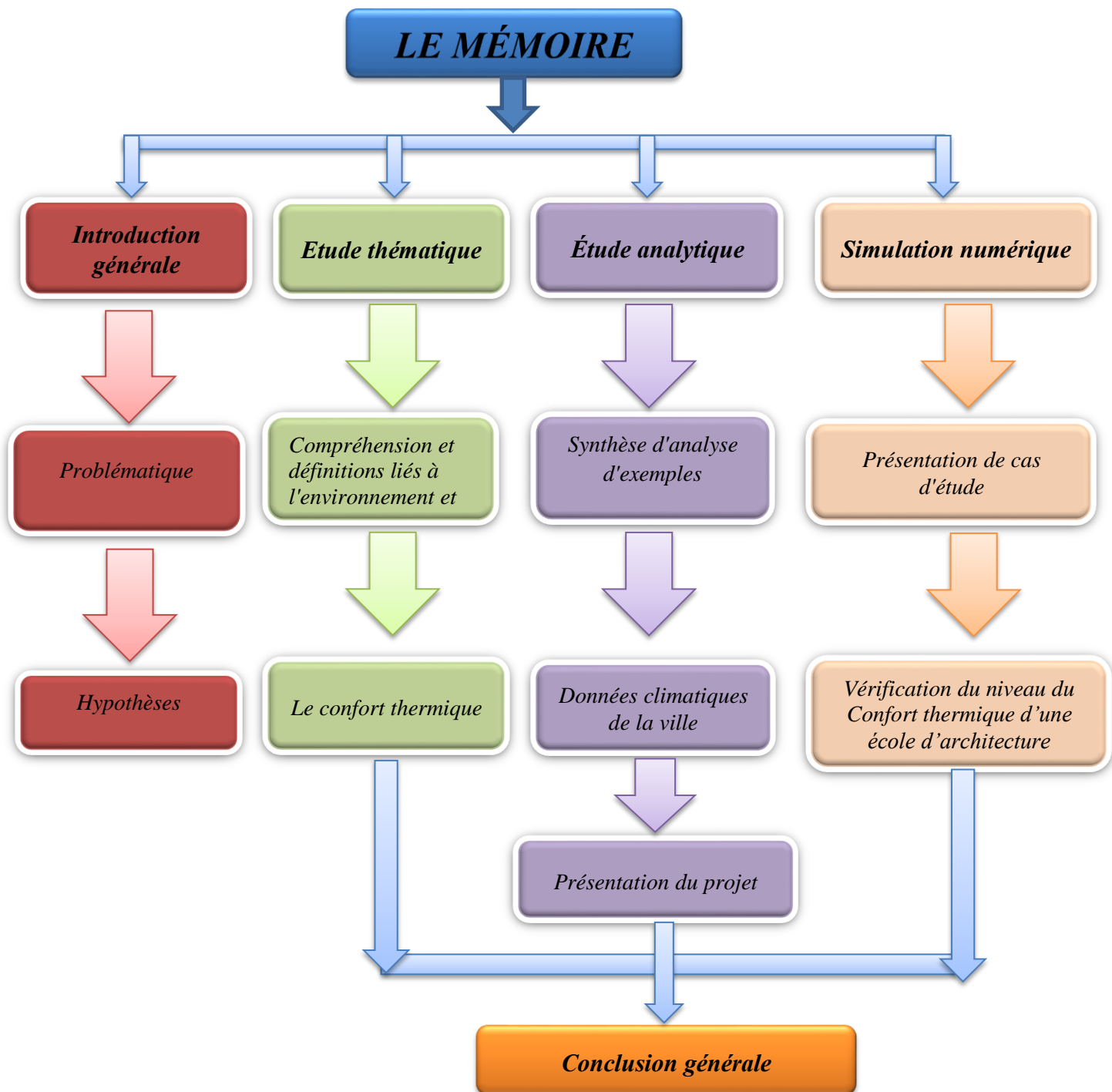
IV. Méthodologie de travail :

Afin d'atteindre les objectifs de cette recherche, il est important d'avoir une démarche méthodique et structurée du sujet traité, ainsi la présente recherche sera composée de deux Parties, la première traitera de l'aspect théorique de la question et la deuxième qui est la partie pratique comprendra la vérification et la simulation.

L'aspect théorique de cette recherche consistera en une familiarisation avec le sujet et traitera les différents points et concepts relatifs à l'architecture durable en général et le confort thermique plus précisément. Cette partie se composera de deux chapitres :

- 1^{er} chapitre: étude thématique
- 2^{ème} chapitre : Étude analytique
- La deuxième partie, expérimentale, basée sur la simulation numérique à l'aide de logiciel de simulations thermique (Energie Plus), l'application des améliorations et l'analyse des résultats obtenus.

La méthode de travail est résumée dans l'organigramme suivants :





CHAPITRE 01

ETUDE THEMATIQUE

I. Introduction :

La température à l'intérieur de l'espace est un élément primordial pour le bien-être et la santé des occupants. La notion de confort ne dépend pas uniquement de la température indiquée par le thermomètre, mais aussi de la température ressentie, qui est influencée par divers facteurs (activité, habillement, état de santé et de fatigue, apparence de la pièce, homogénéité de la température entre des locaux contigus et au sein d'un même espace, etc.). Il s'agit donc d'une notion très personnelle. La température ressentie dépend également de celle des parois de la pièce, si elles présentent des températures très différentes, les parois rayonnent et mettent l'air en mouvement, ce qui peut augmenter l'inconfort. La température ressentie varie, enfin, en fonction de l'endroit où l'on se trouve dans la pièce.

Dans ce chapitre nous traiterons deux axes le premier présente les notions fondamentales liés à l'architecture et la durabilité ainsi que les différentes enjeux clés de l'architecture durable, dans le deuxième nous allons définir les paramètres du confort thermique, ses paramètres et ses stratégies susceptibles d'être utiles par la suite lors de l'amélioration du confort thermique du cas d'étude.

II. Définition d'école d'architecture :

Etablissement ou de donne enseignement collectif adapté d'un mètre. (*petit robert*)

-Sens technique ¹:

Etablissement ou se fait enseignement de l'architecture, et ou les enseignants dans cette école permettent aux étudiants de découvrir et ressentir dans un but de richesse de valorisation et étude ou création d'un cachet bien déterminé. Elle se proposer de former des spécialistes hautement qualifiés dotés de vastes connaissances théoriques et pratique. Les enseignantes sont d'une même tendance, leur but et de propager certaines idées.

III. Les zones arides:

Ce sont des zones où règne un climat désertique ou semi désertique. On les rencontre dans les régions subtropicales d'Afrique, d'Asie centrale et occidentale, d'Amérique du nord-ouest et du sud ainsi qu'en Australie centrale et occidentale. Elles sont situées généralement entre les latitudes 15' et 35' au nord et sud de l'équateur.

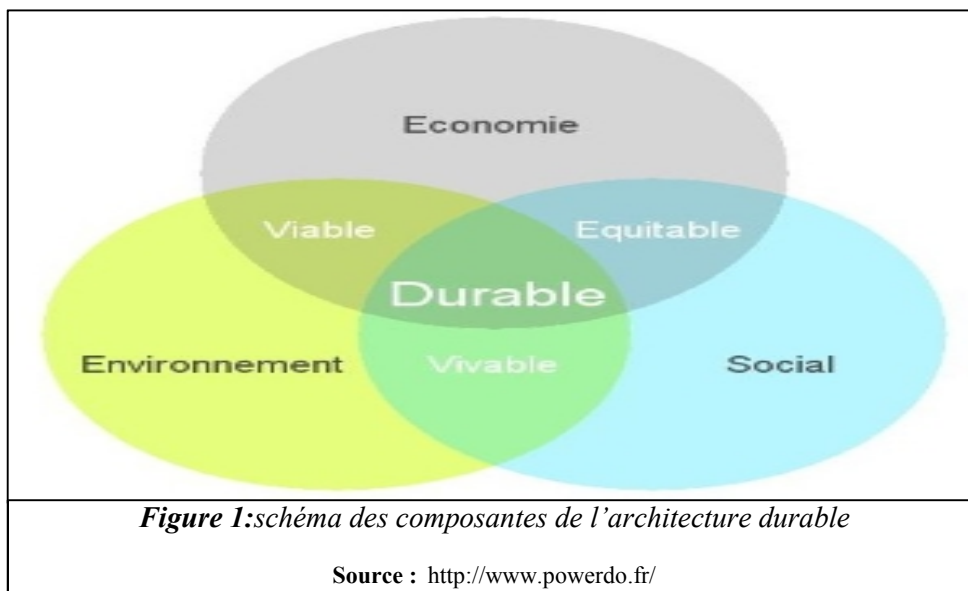
¹<http://bib.univoeb.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/7976/1/Enseignement%20sup%e3%a9rieur%20%20Le%20confort%20dans%20l%e2%80%99architecture.pdf>

III.1 Les caractéristiques des zones arides :

- Le rayonnement solaire direct dans les zones arides est supérieur à 800 ou 900 w/m² sur une surface horizontale.
- Le ciel est sans nuage pendant la plus grande partie de l'année, mais les brumes et les tempêtes de poussière sont fréquentes causées par des courants convectifs dus à l'échauffement intense de l'air à proximité du sol. Elle se produit surtout l'après-midi.
- La faible humidité et l'absence de nuage ont pour conséquence une très large amplitude de température.
- L'amplitude annuelle est influencée par la latitude géographique sous laquelle les températures d'été varient moins que celle d'hiver, si bien que lorsque la latitude augmente les hivers deviennent relativement plus froids alors que les étés subissent peu de changements et l'amplitude annuelle est donc plus large.

IV. L'architecture durable ²:

L'architecture durable est un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie.



² https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Architecture-ecologique.html?fbclid=IwAR2x8LmXNj_lkIfXc6M4u61DyxjaAdVKSOGZgSiudhcuZOpslODIPT-oeLs

IV.1 les enjeux clés de l'architecture durable :

IV.1.1 L'orientation du bâtiment :³

La conception judicieuse d'un bâtiment en fonction des conditions du terrain (Ensoleillement, présence de zones boisées, surfaces exposées aux vents...) permet de maximiser les apports d'énergies naturels et de minimiser les pertes d'énergies.

IV.1.2 L'implantation⁴:

L'implantation détermine l'éclaircement, les Apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, mais aussi les qualités de l'habitat : Communications, vues, rapports de voisinage.

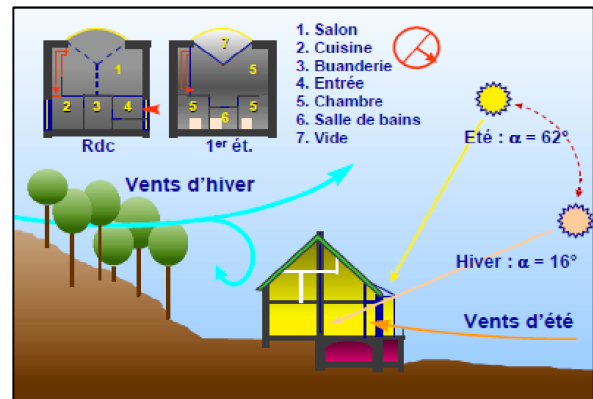


Figure 2: l'implantation du bâtiment

Source : Livre traité d'architecture et d'urbanisme Bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 63b

IV.1.3 La Forme du Bâtiment⁵:

La surface totale exposée à l'extérieur est un facteur de déperdition d'énergie, un bâtiment présentant une surface extérieure étendue aura tendance à perdre plus de chaleur.

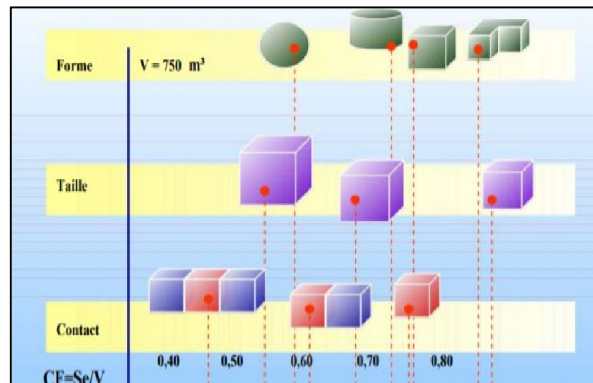


Figure 3: Impact de la forme, la taille et la proximité d'autres volumes sur la compacité de formes simples

Source : <https://www.asder.asso.fr/conceptionbioclimatique>

³ [https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité par l'auteur/vue](https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité%20par%20l'auteur/vue) 20/05/2021

⁴ Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 64a.

⁵ [https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité par l'auteur/vue](https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité%20par%20l'auteur/vue) 20/05/2021

IV.1.4 La végétation ⁶:

Planter des arbres à feuilles caduques est également une solution écologique pour favoriser la régulation de l'ensoleillement tout en améliorant la qualité de l'air par la photosynthèse naturelle.

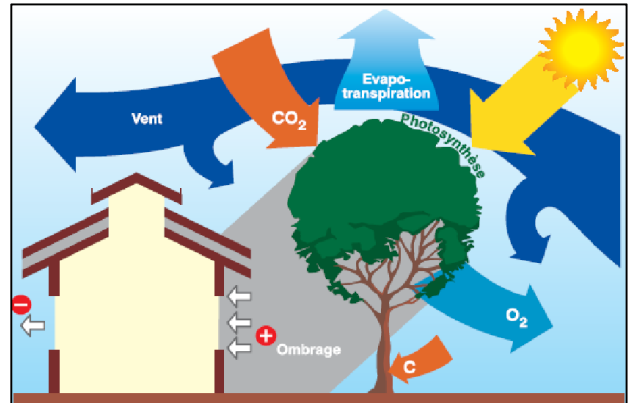


Figure 4: Les différents effets de la végétation

Source : Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 139a

IV.1.5 L'isolation thermique ⁷:

Pour réduire les pertes énergétiques, une bonne isolation thermique est une des clés de la construction durable.

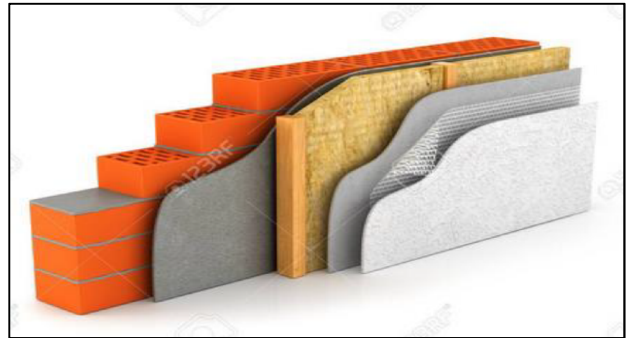


Figure 5: Isolation thermique en laine de roche

Source : [www. fr.123rf.com](http://www.fr.123rf.com)

IV.1.6 La gestion de l'eau, de l'air et des déchets ⁸:

L'énergie perdue lors de l'évacuation des déchets et eaux usées peut être récupérée et réinjectée dans le bâtiment par des systèmes qui permettent de chauffer l'eau ou l'air propre, comme des pompes à chaleur.

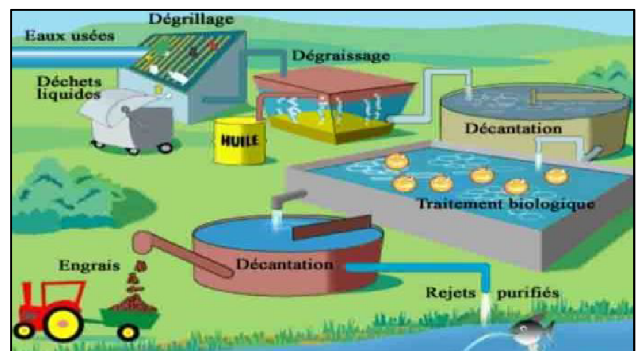


Figure 6: La gestion d'eau

Source : [www. fr.123rf.com](http://www.fr.123rf.com)

⁶ Livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard, André de Herde \page 193.

⁷ [ps://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité par l'auteur/vue 20/05/2021](https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique/traité-par-l-auteur/vue-20/05/2021)

⁸ IDEM/traité par l'auteur/vue 20/05/2021

IV.1.7 L'enveloppe du bâtiment et matériaux :

• Le matériau de construction : dans le cas de la ville de Laghouat dans un climat aride, les matériaux de forte inertie thermique fonctionnent comme des masses d'accumulation de chaleur servant à retenir l'énergie incidente reçue pendant la journée et la restituer la nuit.

• L'utilisation d'isolation intérieure Pour minimiser les déperditions thermiques des parois.



Figure 7: Choix de matériaux

Source : <http://umbertobertozi.blogspot.com/2014/06/materiauxecologiques-ecological.html>

IV.1.8 Choix des couleurs :

La couleur est un autre facteur important. Les Couleurs claires réfléchissantes sont à privilégier par rapport aux couleurs sombres plus absorbantes.

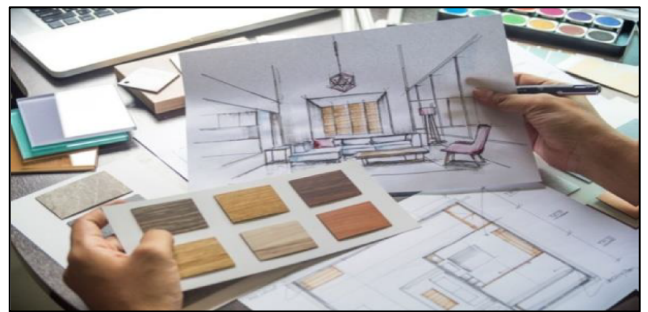


Figure 8: Choix de couleurs

Source : <https://www.formationdecorateur.com/metier-decorateur-7>

IV.1.9 La stratégie de ventilation naturelle ⁹:

Le principe de la ventilation naturelle est d'insuffler l'air neuf et propre dans le bâtiment, puis de faire circuler naturellement par différence de pression entre l'air extérieur et l'air intérieur pour extraire l'air vicié et le rejeter à l'extérieur.

• Types de ventilation naturelle :

- Ventilation simple exposition
- Ventilation transversale (double exposition)
- Ventilation par tirage thermique

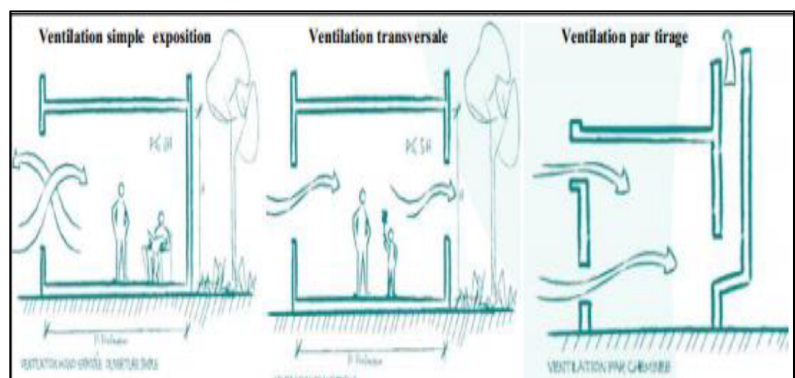


Figure 9: Les types de ventilation naturel

Source : iceb., 2012

⁹ MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE/ Université Mouloud

V. Confort Thermique :

Le confort thermique constitue une exigence essentielle à la qualité des espaces bâtis. Cette notion qui correspond à tout ce qui constitue le bien-être thermique et à tout ce qui y contribue, il fait appel à de multiples interactions entre l'occupant, le bâtiment et l'environnement extérieur.

V.1. Définition du confort¹⁰

Étymologiquement, le terme de confort tiré du mot anglais « confort ». C'est la résultante de la sensation de bien-être sur le plan physique et mental. Le confort dans la maison va se percevoir par les sens tels que la sensation de froid ou de chaleur, le sens olfactif (odeurs), l'ouïe (le bruit), l'œil ou la vision (couleurs, équipements visuellement agressifs ou non, ...)

V.1.1 type de confort¹¹:

- **Confort sanitaire** : pour améliorer la qualité de l'air intérieur.
- **Confort acoustique** : pour réduire les nuisances sonores intérieures et extérieures.
- **Confort visuel** : pour profiter des apports de lumière naturelle ; pour disposer d'un habitat agréable à vivre et esthétique.
- **Confort modulable et sécurité** : pour faciliter l'accessibilité ; pour favoriser la modularité et la sécurité des espaces.

V.2 Définition Du Confort Thermique¹² :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique pour assurer le confort thermique l'utilisateur de l'espace ne doit pas sentir ni chaud ni froid donc l'appréciation du confort thermique dépend du métabolisme de chaque personne, la sensation du confort thermique est subjective et dépend des personnes et des lieux.

V.3 Notion du confort thermique¹³:

La notion de confort thermique, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement où l'individu est considéré comme un élément du Système thermique¹, pour le définir on lui associe plusieurs paramètres, notamment :

¹⁰ <https://www.climamaison.com/lexique/confort.htm/vue> 20/05/2021

¹¹ <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html/vue> 20/05/2021

¹² <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/>

¹³ <https://fr.scribd.com/document/382305400/PG028-pdf/vue> 20/05/2021

➤ **Le paramètre physique :**

L'homme est représenté comme une machine thermique et on considère ses interactions avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur.

➤ **Le paramètre psychologique :**

Il concerne les sensations de confort éprouvées par l'homme et la qualification des ambiances intérieures.

V.4 Les paramètres du confort thermique :

➤ **Température des parois¹⁴ :**

La température des parois a une grande influence sur la température ressentie. Pour calculer la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des parois et la température ambiante. Par exemple, pour une température d'ambiance de 20°C :

Cas n°1 : Température de paroi de 16°C : la température ressentie sera de 18°C

Cas n°2 : Température de paroi de 19°C : la température ressentie sera de 19,5°

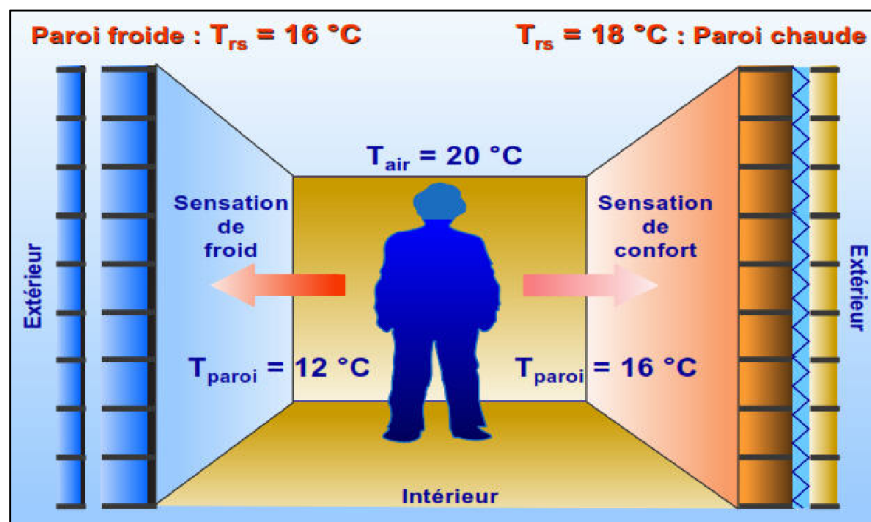


Figure 10: Les échanges thermiques entre le corps et l'environnement

Source : (Liébard, A. et De Herde, A., 2005)

¹⁴ <https://conseils-thermiques.org/contenu/confort-thermique.php/vue> 12/06/2021

➤ **Le métabolisme**¹⁵ :

Qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C.

➤ **L'habillement**¹⁶

Qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

➤ **L'humidité relative de l'air**

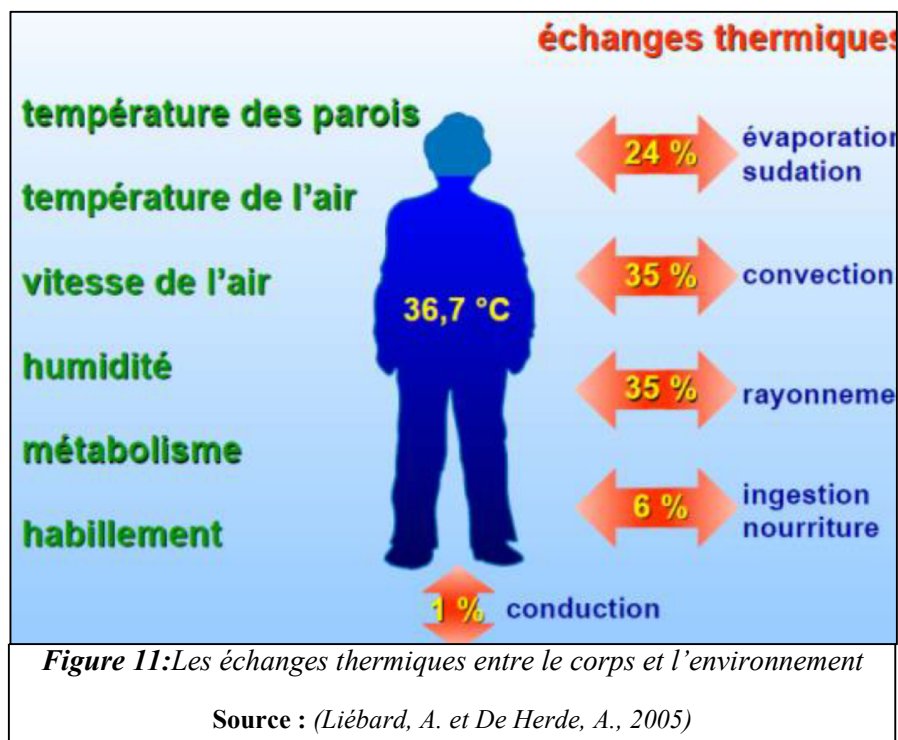
Qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

➤ **La vitesse de l'air**

La vitesse de l'air influe sur les échanges convectifs et évaporatifs, à l'intérieur des bâtiments ces vitesses demeurent limitées et ne dépassent pas 0,20m/s. Toutefois elle est responsable à l'apparition de gêne chez l'occupant, lié à la présence de courants d'air.

➤ **Température de l'air**¹⁷

La température de l'air, ou température ambiante (Ta), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs



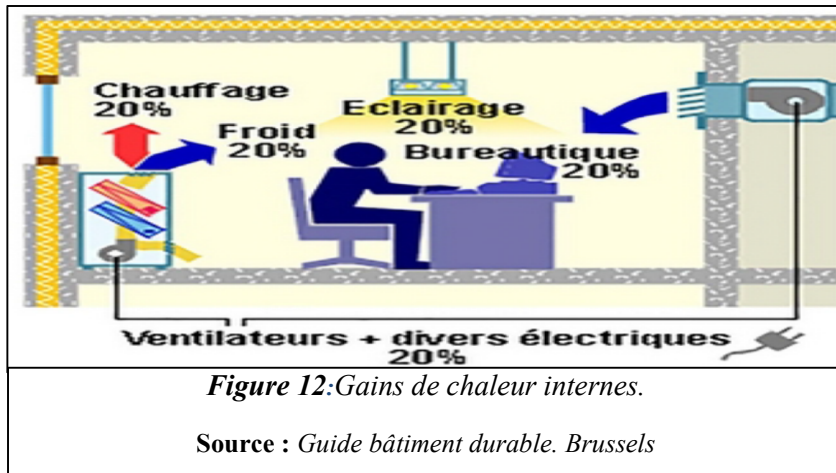
¹⁵ <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/vue> 12/06/2021

¹⁶ <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/vue> 12/06/2021

¹⁷ http://thesis.univ-biskra.dz/2426/5/CH%202_Ambiance%20et%20confort%20thermique.pdf vue 12/06/2021

➤ **Les Paramètres liés aux gains thermiques internes :**

Gains générés dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage. (Éclairages, appareils électriques, postes informatiques).

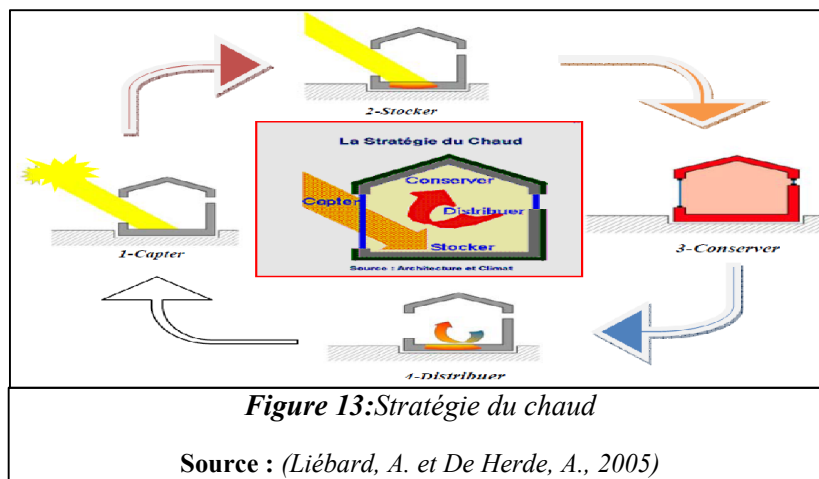


V.5 Les stratégies bioclimatiques pour améliorer confort thermique :

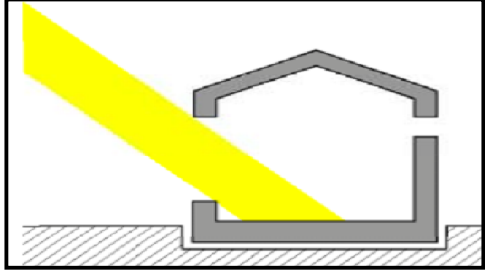
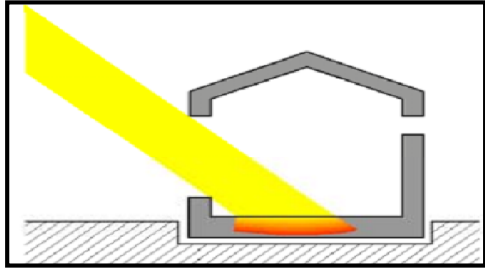
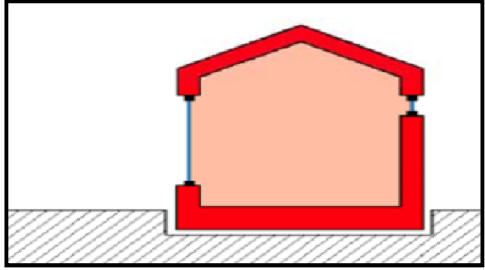
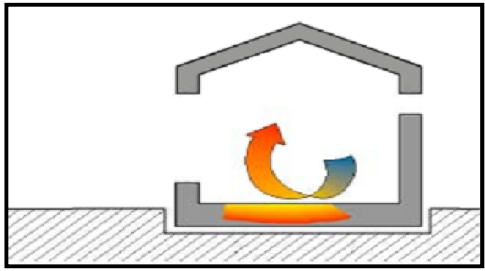
Fondée sur des choix judicieux de la forme du bâtiment, de son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie...etc.), de la disposition des espaces, des matériaux utilisés....., l'architecture bioclimatique est une conception qui vise l'utilisation des éléments favorables du milieu pour la satisfaction du confort et du bien-être de l'homme. En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable, deux stratégies résument l'approche bioclimatique du confort thermique.

V.5.1 Confort d'hiver¹⁸ :

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, le conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment

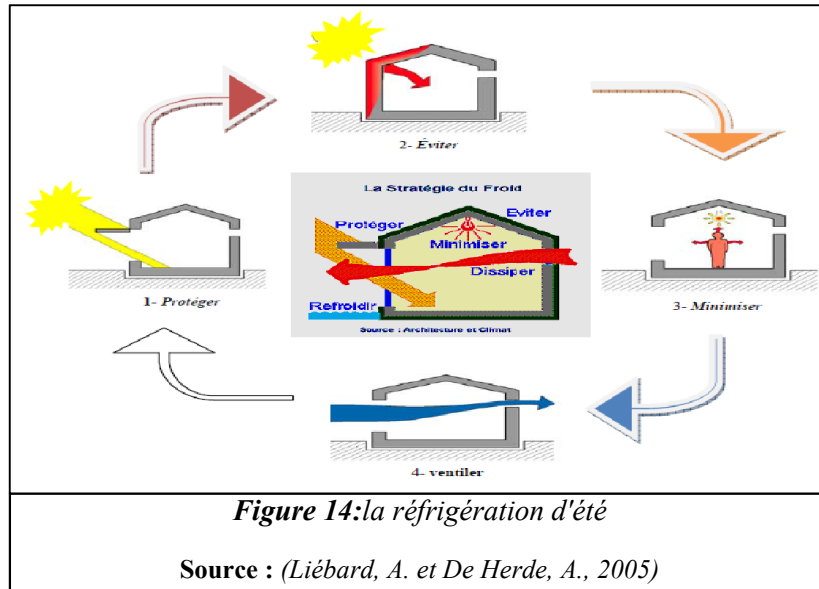


¹⁸ <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/12/06/2021>

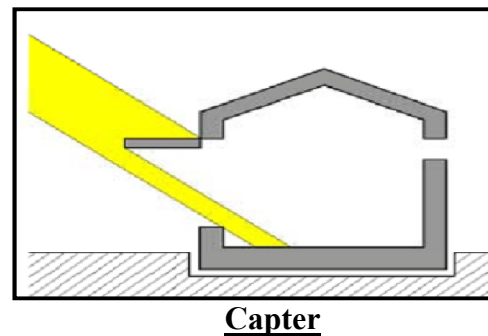
<p><u>Capter</u> : le captage est assuré par les surfaces vitrées.</p>	 <p><u>Capter</u></p>
<p><u>Stocker</u> : dépend de l'inertie thermique des matériaux exposés au rayonnement solaire.</p>	 <p><u>Stocker</u></p>
<p><u>Conserver</u> : ce fait par l'isolation des parois pour accumuler la chaleur dans l'air.</p>	 <p><u>Conserver</u></p>
<p><u>Distribuer</u> : assurer par la convection et le rayonnement pour rétablir la chaleur emmagasinée. Master Mobat</p>	 <p><u>Distribuer</u></p>

V.5.2 Confort d'été¹⁹ :

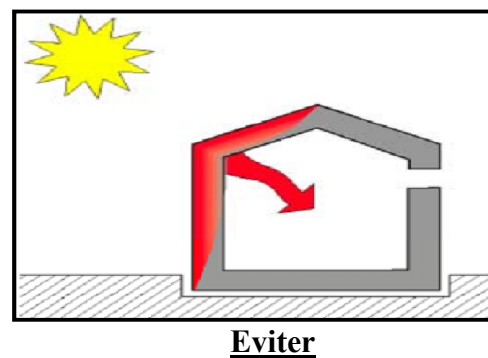
Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.



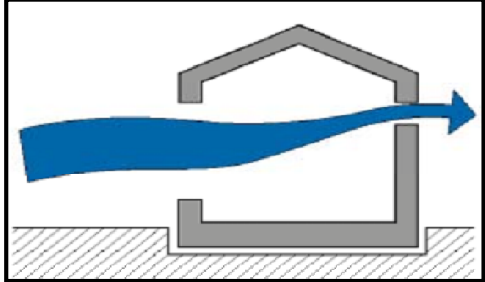
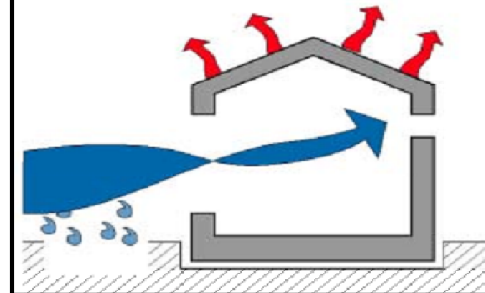
Capter : éviter la pénétration directe des rayonnements solaires par l'installation de diverses techniques d'ombrage (toit saillant, plantation à feuilles caduques).



Éviter : se contourner du transfert de la chaleur vers l'intérieur des matériaux par l'isolation des parois, la présence des végétaux sur les murs extérieurs et les toitures végétalisées.



¹⁹ <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/12/06/2021>

<p><u>Dissiper</u> : ventiler la chaleur emmagasinée à l'intérieur du bâtiment.</p>	 <p><u>Dissiper</u></p>
<p><u>Refroidir</u> : par l'utilisation des plans d'eau pour le rafraîchissement de l'air entrant. Master Mobat</p>	 <p><u>Refroidir</u></p>

V.6 Stratégie de la ventilation naturelle²⁰ :

La Ventilation naturelle est une des stratégies de rafraîchissement les plus anciennes. Ventiler un bâtiment résulte d'un échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur à un taux varié. Ce remplacement de l'air intérieur chaud par l'air extérieur froid est la source du rafraîchissement du bâtiment. Plus le corps est refroidi par convection. De plus le mouvement de l'air accroît la perte de chaleur du corps par conduction et convection quand l'air circule sur peau.

La ventilation doit assurer deux fonctions :

- Renouvellement de l'air (10min par jour).
- Rattraper la température optimale.

V6.1 Différents dispositifs permettent d'optimiser la ventilation naturelle :

- Exposer les façades aux vents dominants des mois les plus chauds.
- Eloigner le bâti des obstacles à l'écoulement du vent.
- Protéger l'enveloppe du bâti des rayonnements solaires.
- Dimensionner les ouvertures et les dispositions qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieures.

²⁰ MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE/ Université Mouloud

- Anticiper l'aménagement intérieur afin que les circulations d'air soient canalisées avec un minimum de frottements.

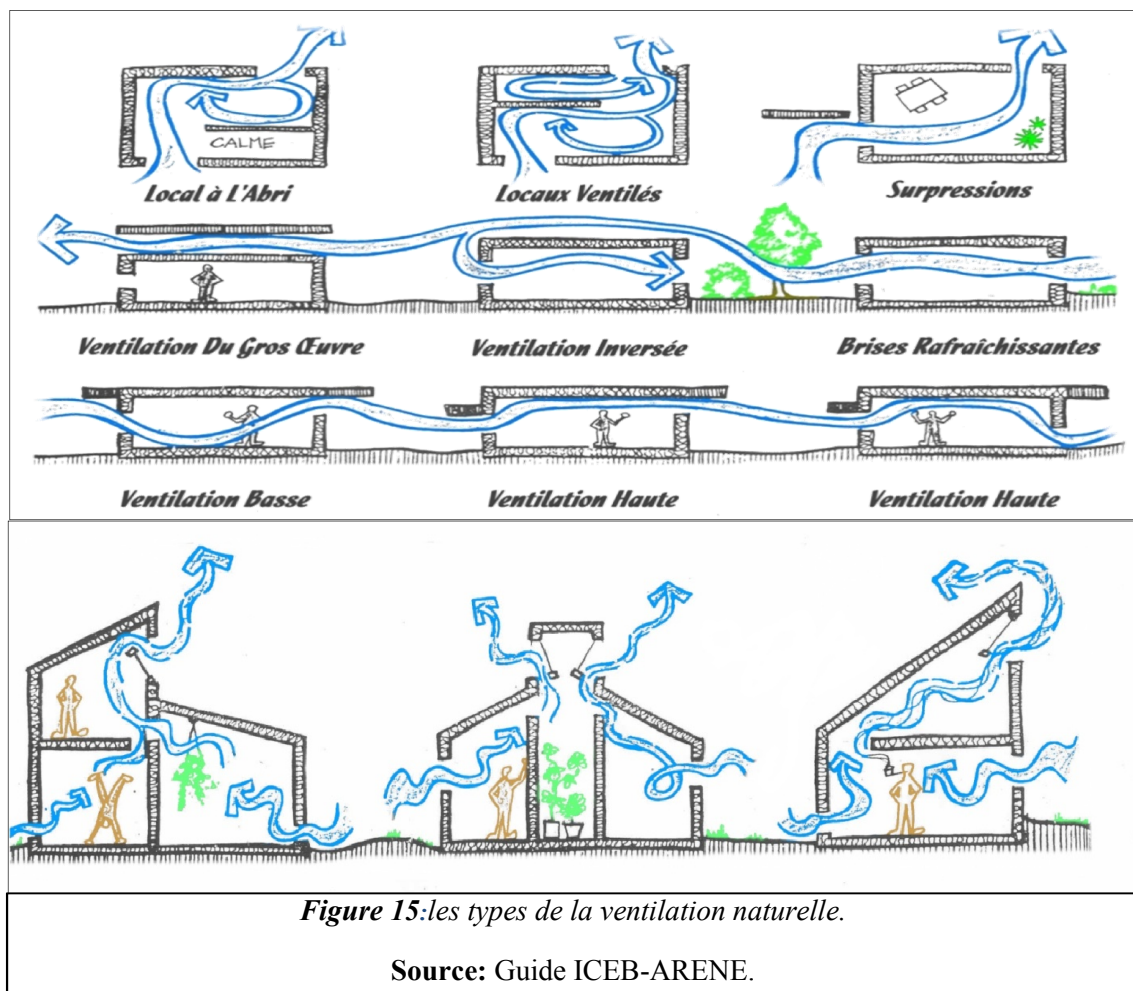
En climat chaud et sec, on peut par ailleurs :

- Humidifier et rafraîchir l'air par phénomène d'évapotranspiration ;
- Profiter du rafraîchissement nocturne par l'inertie du bâtiment.

V.6.2 Les types de la ventilation naturelle ²¹:

On distingue six grands types de système de ventilation naturelle :

- Ventilation transversale
- Ventilation verticale (par effet de cheminée).
- Ventilation par atrium.
- Rafraîchissement par évaporation.



²¹ MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE/ Université Mouloud

V.7 Recommandations liées au confort thermique :

V.7.1 La forme et la compacité :

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme (Cf) est défini comme le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable (m^2/m^3). Il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes.

V.7.2 L'inertie thermique :

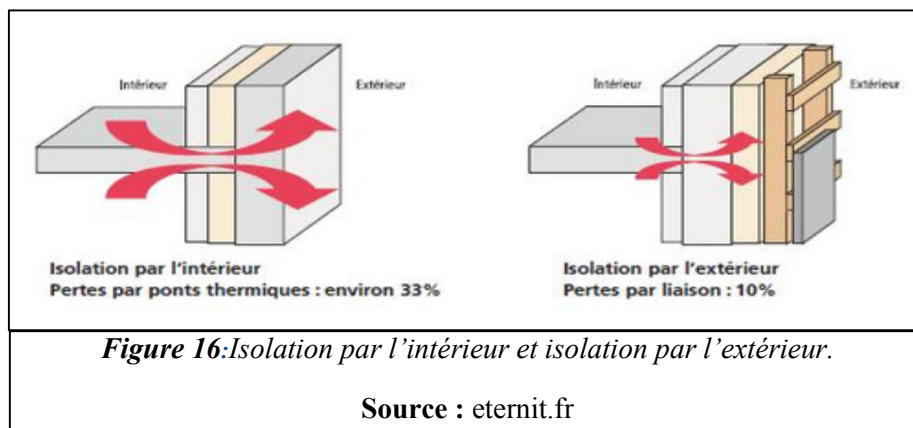
L'inertie thermique est la capacité physique d'un matériau à conserver sa température. Elle est recherchée afin de minimiser les apports thermiques à lui apporter pour maintenir une température constante. Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour, la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne (climamaison.com).

V.8 L'isolation thermique de l'enveloppe²² :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d'énergie, et d'accroître le confort en hiver comme en été.

Il existe deux possibilités pour isoler une paroi :

- L'isolation par l'intérieur consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé utilisé pour sa facilité, mais il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et ne supprime pas les ponts thermiques ;
- L'isolation par l'extérieur consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur. C'est la solution la plus coûteuse mais aussi la plus performante. C'est la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver, car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques.



²² <http://docplayer.fr/10837611-Etude-et-evaluation-du-confort-thermique-des-batiments-a-caractere-public.html/13/06/2021>

Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur. En général les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants. Plus le matériau est dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile. Ainsi les gaz sont de meilleurs isolants que les liquides qui sont meilleurs que les solides.

V.8.1 Les différents types d'isolants²³ :

Les isolants sont, le plus souvent, constitués d'une carcasse solide emprisonnant des cellules d'air (l'air immobile étant l'un des meilleurs isolants). Outre la faible conductivité, d'autres qualités sont à rechercher dans un isolant : une bonne résistance mécanique, la neutralité vis-à-vis des matériaux qui l'entourent, l'inflammabilité et la résistance aux attaques des rongeurs.

De nombreux produits isolants existent aujourd'hui, aussi bien au niveau de leur composant (Polyuréthane, laines minérales, laines végétales, isolants minces,..) que de leur conditionnement (vrac, panneaux rouleaux,...) et de leur épaisseur. formes :

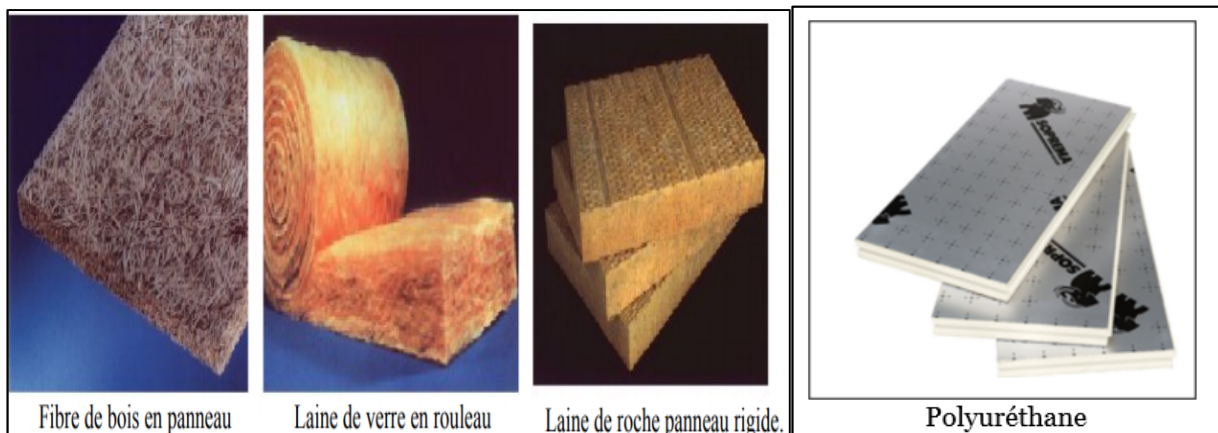


Figure 17: Matériaux isolants

Source : <https://conseils-thermiques.org/contenu/polyurethane.php#5>

- Matériaux minéraux : la laine de verre, la laine de roche.
- Matériaux fibreux organiques : cellulose, chanvre, mousse organique (le polystyrène Expansé ou extrudé)
- Mousse inorganique : mousse de verres, vermiculite, la perlite, béton cellulaire.
- Matériaux ligneux : liège, bois léger, paille agglomérée,

²³ MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE/ Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

V.8.2 Les serres²⁴:

La serre est un des dispositifs les plus intéressants de l'architecture bioclimatique. Les serres bioclimatiques également appelées « serres solaires » ont un rendement peut couvrir de 20 à 40 % des besoins de chauffage de la maison en hiver, et contribuent également au rafraîchissement en été. Elles sont considérées comme des espaces tampons à certains moments, et des espaces à vivre très agréables à d'autres moments. L'orientation optimale d'une serre est le plein Sud. Mais principalement en réhabilitation, on peut être amené à s'en écarter sensiblement. On estime qu'un écart de 20° à 30° par rapport au Sud ne réduit que de quelques pourcentages, les apports solaires d'un jour moyen d'hiver

Fonctionnement :

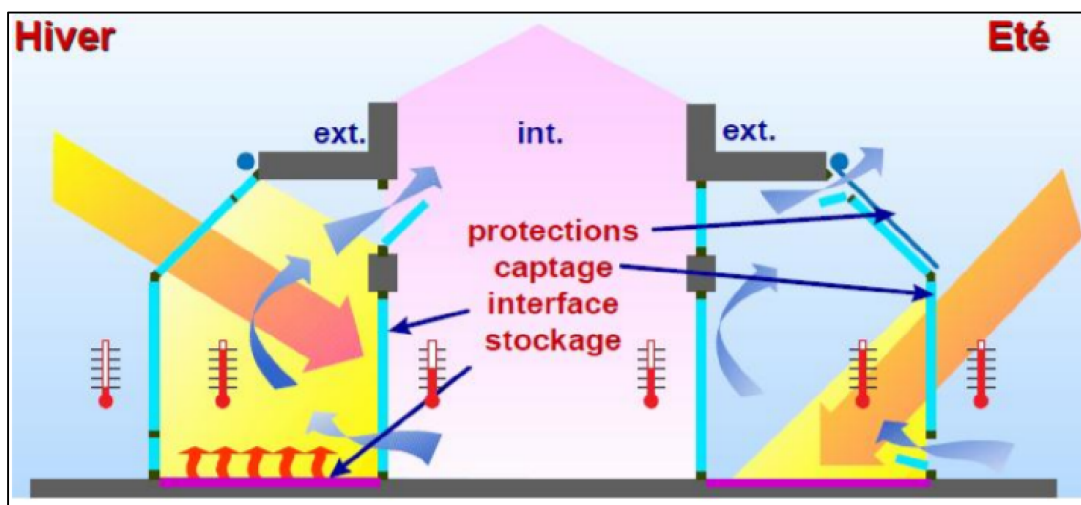


Figure 18: Fonctionnement d'une serre en hiver et en été

Source : (LIEBARD & DE HERDE 2006)

V.8.3 Le mur trombe²⁵:

C'est le principe, comme schématisé par la, qu'a utilisé le professeur F.Trombe et l'architecte Michel pour l'élaboration d'une maison prototype à Odeillo au sud de la France en 1967.

Le principe de fonctionnement du mur trombe consiste en une façade sud munie d'un vitrage et d'un mur épais en maçonnerie lourde dont la surface extérieure est peinte en noir. Le rayonnement solaire en traversant la vitre est absorbé par le mur capteur. L'air au contact de ce mur s'échauffe, s'élève, et pénètre dans le local à travers des orifices, en parti haut du mur. L'air intérieur, plus froid, est dégagé naturellement par les orifices inférieurs, ce parcours est appelé "thermocirculation".

24 NEFISSA BELKACEM « Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Souidania –Alger- (Algérie) » THÈSE Présentée pour l'obtention du diplôme de DOCTORAT Université Hassiba Benbouali de Chlef.

25 <https://fr.scribd.com/document/382305400/PG028-pdf>

Généralement, par l'effet de l'inertie, le chauffage des locaux est obtenu principalement par convection sur la face interne du mur qui restitue la chaleur stockée avec un certain déphasage, alors qu'un chauffage instantané est possible grâce à la thermocirculation. Des clapets sont placés devant les orifices inférieurs pour éviter une circulation inverse la nuit.

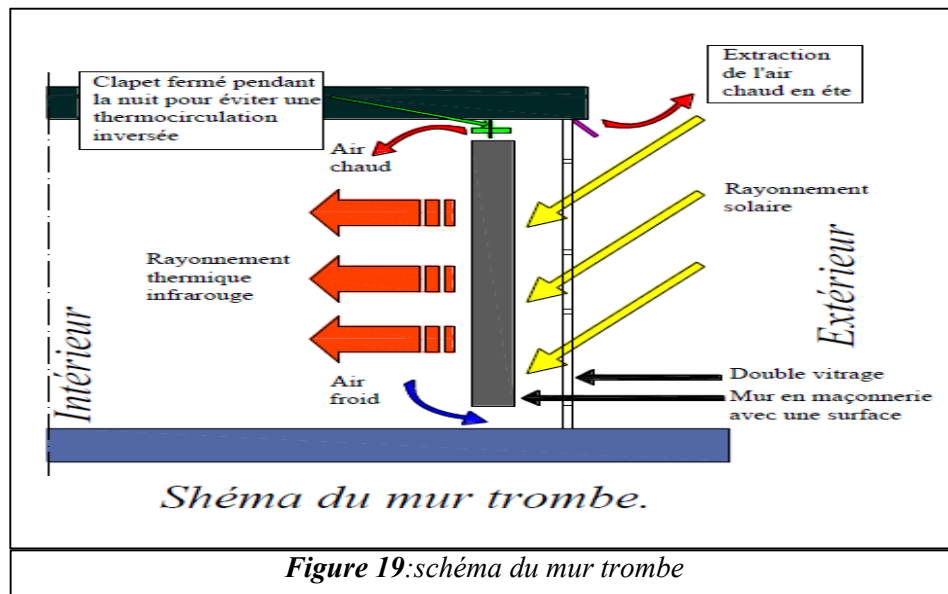


Figure 19:schéma du mur trombe

V.8.4 Vitrages et propriétés thermiques²⁶ :

Les baies vitrées et leurs distributions sur l'enveloppe sont des paramètres essentiels lors de la conception d'un bâtiment. Leur premier rôle est d'assurer le confort visuel et thermique des occupants et de gérer les apports solaires en toute saison. Par conséquent, l'évaluation des aspects positifs et négatifs de la paroi transparente, exige une grande attention à plusieurs éléments ; comme le type de vitrage, la position, l'orientation et le type de protection solaire associée...etc.

Compte tenu de ses effets sur l'éclairage naturel et son potentiel sur les apports solaires, les vitrages se caractérisent par trois facteurs thermiques, à savoir :

➤ *Le facteur solaire (g)*, Le coefficient de transmission énergétique, dit « facteur Solaire », représente le pourcentage d'énergie solaire incidente, transmise au travers d'une paroi vitrée à l'intérieur d'un local ; plus basse sera la quantité, moins il aura d'effet de serre, plus grand sera le confort d'été.

26 <http://www.vitragevir.fr>

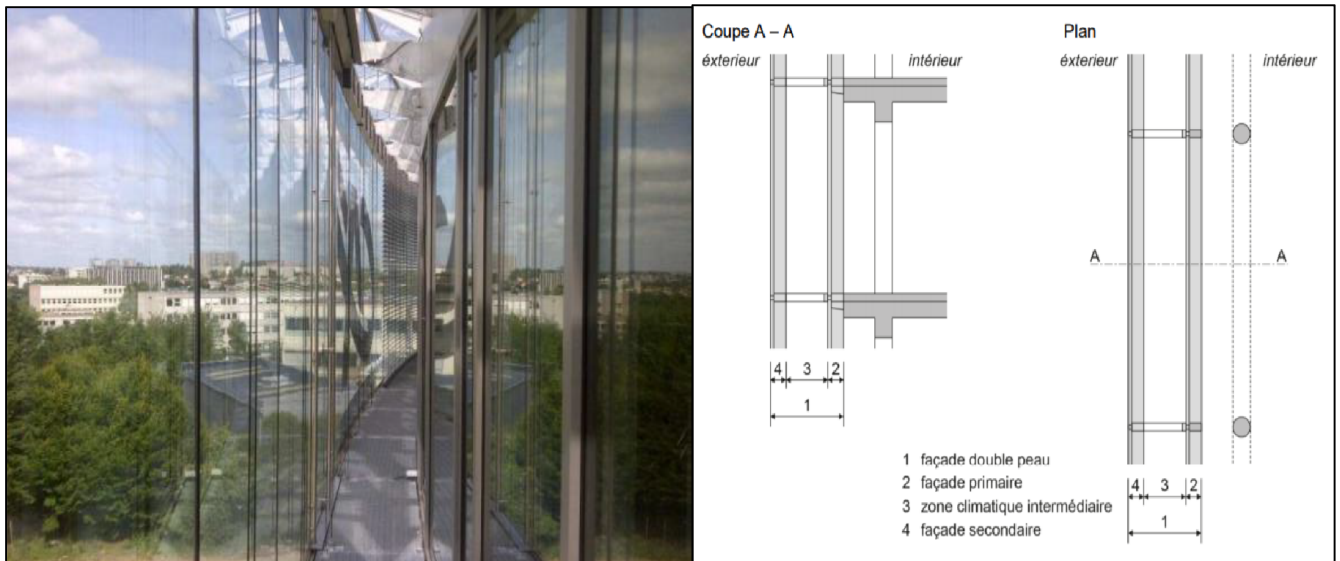


Figure 21: façade double peaux

Source : <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-147.pdf/content>

V.8.4.1.3 Systèmes de ventilation du FDP²⁹:

Une façade double-peau peut être ventilée mécaniquement ou naturellement, en fonction du type de système de ventilation utilisé dans l'espace tampon. Celles-ci sont appelées façades ventilées actives ou passives (interactives).

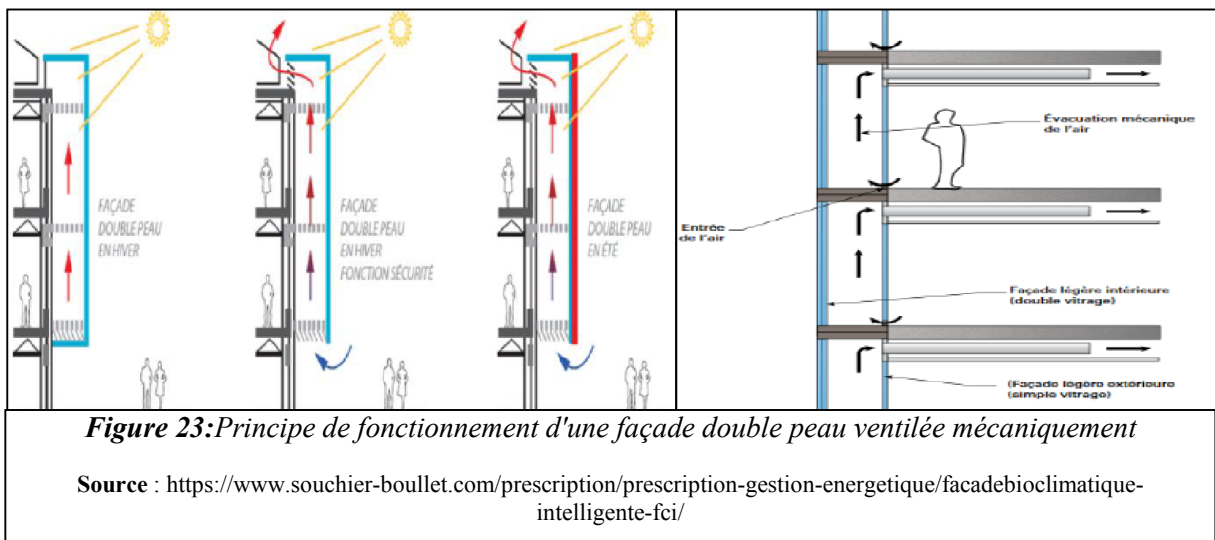


Figure 22: Façade double peaux (système de Ventilation)

Source : <https://www.guardian-possibilities.com>

29 <https://architectura.be/fr/actualite/37639/facades-double-peau-choisir-la-bonne-combinaison-de-verre-pour-optimiser-leurs-avantages>

➤ Les systèmes actifs ont un revêtement extérieur en verre isolant hermétique devant la cavité intermédiaire ventilée. Les échanges d'air sont artificiellement induits et ont lieu à l'intérieur du bâtiment via des échangeurs de chaleur. En hiver, cette configuration présente l'avantage d'économiser l'énergie nécessaire au chauffage grâce à la récupération de chaleur. Les systèmes actifs ont tendance à utiliser des types de verre plus traditionnels pour l'enveloppe en verre isolante extérieure.



➤ Les façades ventilées passives sont les plus répandues en Europe, en particulier dans les bâtiments commerciaux. Ici, l'échange d'air a lieu entre la cavité intermédiaire et l'environnement. Une convection naturelle est créée via des ouvertures définies, qui sont normalement situées au-dessus et au-dessous du verre extérieur. Le plus souvent, les façades ventilées passives sont composées de murs rideaux placés devant une construction conventionnelle.

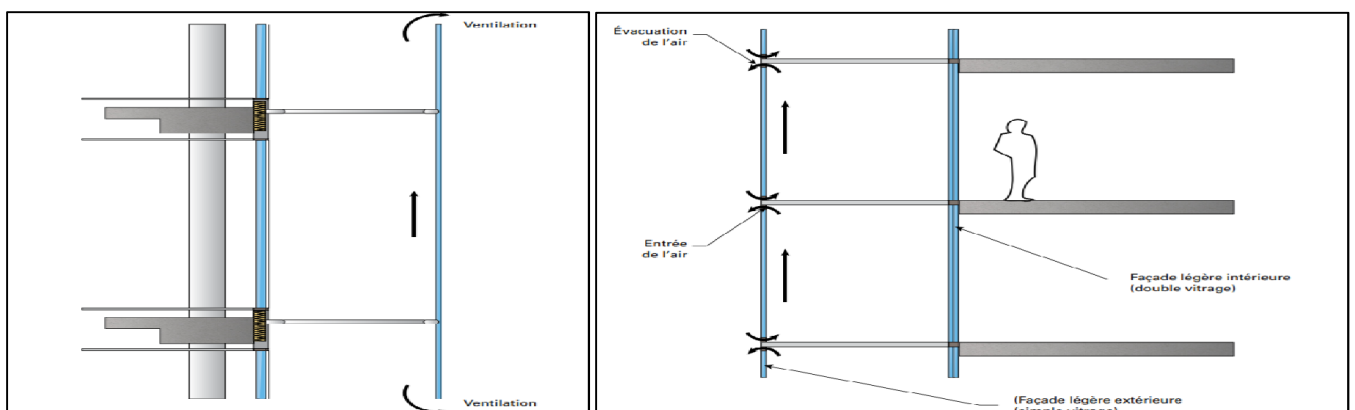
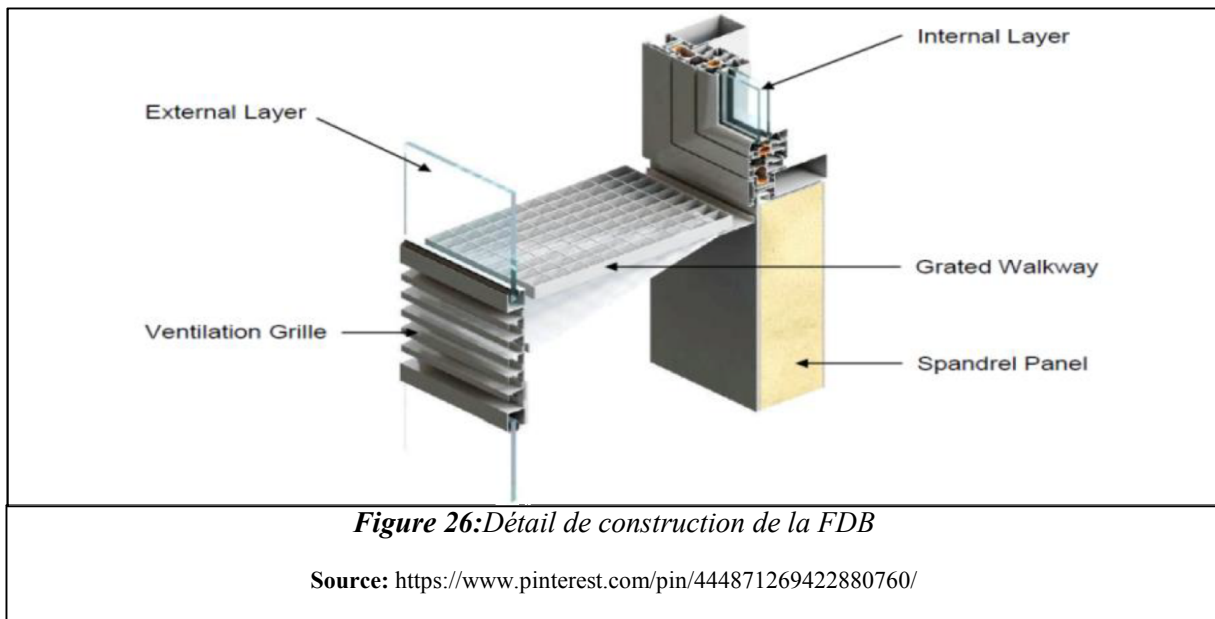


Figure 25: Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur plusieurs niveaux

Source: https://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/guide-rage-facade-multiple-double-peau-2014-02_0.pdf

V.8.4.1.4 Type de vitrage de FDB³⁰:

Dans les façades ventilées passives, l'objectif est normalement de refléter une partie de l'énergie solaire à ondes courtes directement sur le verre extérieur, de manière à réduire l'accumulation de chaleur dans l'espace intérieur et, par conséquent, la charge thermique. L'utilisation de couches sur le verre est considérablement renforcée lorsqu'elle est associée à une protection solaire supplémentaire et à une protection anti-reflets dans l'espace intérieur.



➤ L'utilisation de couches pour le vitrage extérieur offre un autre avantage : la possibilité de jouer avec différents degrés de réflexion de la lumière. Cela permet à l'architecte de concevoir des constructions très transparentes et « légères ».

➤ Alors que le vitrage intérieur d'un système passif est un vitrage isolant classique double ou triple, un verre de sécurité feuilleté (souvent constitué de verre durci) est généralement utilisé pour le vitrage extérieur. Sa capacité de charge résiduelle assure une sécurité maximale en cas de casse.

VI. Conclusion :

Cette étude a pour objectif de voir la relation forte de l'architecture et le développement durable et l'importance de l'intégration des notions architecturales dans la conception ainsi que dans le projet architectural.

Il est important de considérer le climat du site en premier lieu afin d'adapter le bâtiment à son environnement.

³⁰ <https://architectura.be/fr/actualite/37639/facades-double-peau-choisir-la-bonne-combinaison-de-verre-pour-optimiser-leurs-avantages>

En effet, l'ensoleillement, l'humidité...etc. constituent les éléments importants qui constituent la relation entre le climat et le bâtiment dans le but de procurer une sensation de confort à la construction. Lutter contre les déperditions thermiques en hiver et les infiltrations d'air chaud en été est le rôle des matériaux de construction. Le choix des matériaux est primordial, favoriser les matériaux de construction locaux est l'un des principes de la construction durable. L'isolation thermique et transparente est devenue une nécessité afin de réduire les besoins énergétiques, ce qui permettra d'économiser de l'énergie pour le chauffage en période de froid, le rafraîchissement en période de chaud.



CHAPITRE 02

ETUDE ANALYTIQUE

I. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter deux volets, le premier volet, analyse des exemples des écoles d'architecture afin de comprendre leurs natures, leurs fonctionnements, et surtout pour découvrir et étudier les solutions et les techniques durables utilisées qui vont par la suite nous aider à trouver et choisir des solutions climatiques pour assurer le confort thermique au niveau des ateliers d'architecture, dont le deuxième volet présente la ville d'étude et le projet choisi pour le travail pratique ainsi que les solutions bioclimatiques adaptées.

II. VOLET 01 : ANALYSE DES EXEMPLES :

II.1 Exemple 01: L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES ENSA

II.1.1 Présentation de l'école :

L'école nationale supérieure d'architecture de Nantes (ensa Nantes) est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche »²⁴. Le projet émerge d'un lieu imprégné de son passé industriel et de sa relation à la Loire et s'affiche comme un outil architectural ouvert sur la ville, visible et disponible. « Il sera un lieu d'échanges, de débats d'évènements et d'exposition pour Nantes et sa région sur les questions de l'architecture l'art l'urbanisme l'aménagement »²⁵.



Figure 1: école d'architecture Nantes

Source :

<http://www.lacatonvassal.com/?idp=55>

II.1.2 Fiche technique du projet :

- Type de projet : Equipements
- Livré : février 2009
- Surface 15 150 m²
- Maîtrise d'ouvrage : Etat - Ministère de la Culture
- Architecte / Maître d'œuvre : Anne Lacaton et Jean-Philippe Vassal
- Adresse : 6 quai François Mitterrand
- Programme : école d'architecture pour 1 000 étudiants

²⁴ Nantes ensa., L'école, la ville > 20 ans dont l'ensa Nantes., <http://www.nantes.archi.fr/fr/20-ensa-dont-lensanantes>.

²⁵ Nantes - Ecole d'Architecture. http://www.explorations-architecturales.com/data/new/fiche_109.htm.

II.1.3 Situation de l'école²⁶ :

L'école est située en bordure de l'île de Nantes, a proximité du centre-ville et s'inscrit dans un secteur de dynamique urbaine, au cœur de la métropole. L'école ouverte sur la ville par des espaces ouverts au public (lieu d'exposition, bibliothèque et amphithéâtre).



Figure 3: ile de Loire

Source : google image



Figure 2: situation e l'ENSA

Source : google earth/ auteurs

II.1.4 les limites :

L'environnement de l'école est varié :

-A l'Ouest palais de justice de Nouvel, jardin de l'Île, logements siège d'ouest France, immeuble Manny

-A l'Est : école de danse.

-Au Sud : La résidence le François 2.

L'école est limitée par l'île de Nantes dans le Nord.

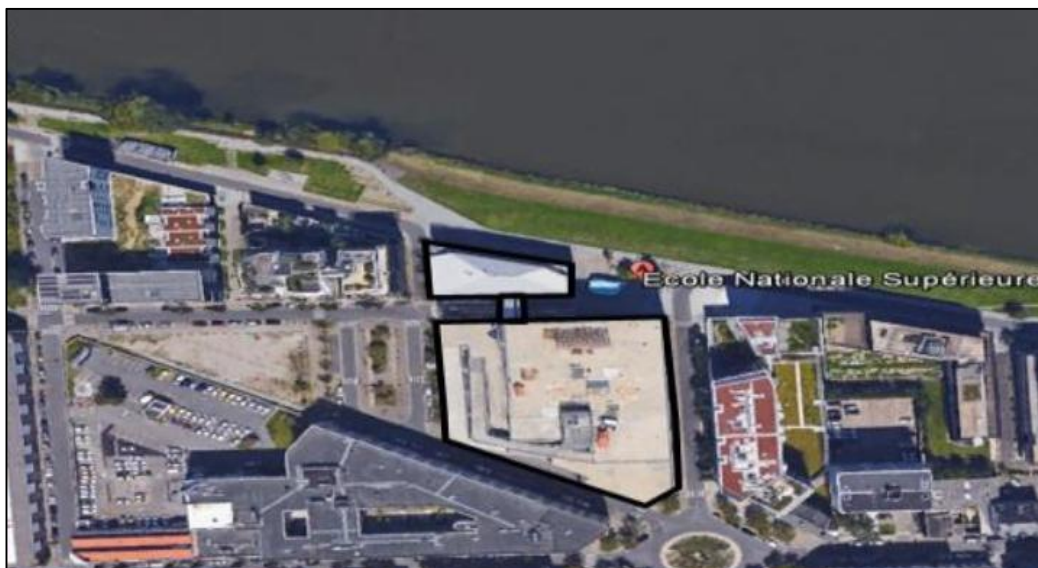


Figure 4: les limites e L'ENSA

Source : google earth/ auteurs

²⁶ <https://www.archiprep.com/ensa-nantes-prepa-architecture/>

II.1.5 Accessibilité au projet :

- L'accès principale est marqué par un vide e plain-pied avec la rue crée une relation directe entre l'école et le tissu urbain



Figure 5: l'accès principal de L'ENSA

Source : google image

- L'accès vers le bloc secondaire se fait à partir de la rue Noue-Bras-de-Fer



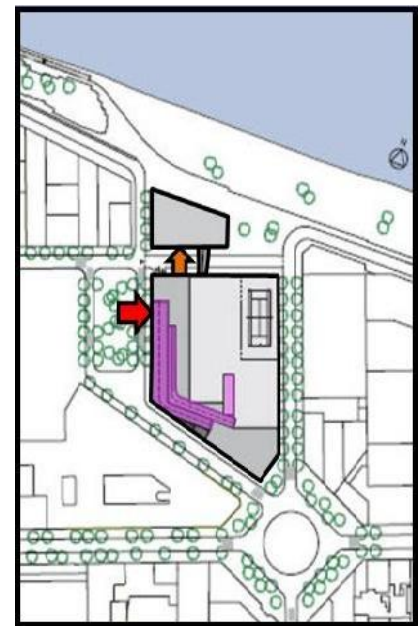
Figure 6: l'accès secondaire a l'ENSA

Source : google image

- La rampe extérieure constitue un large accès piéton vers les niveaux supérieurs et permet l'accès des vélos.



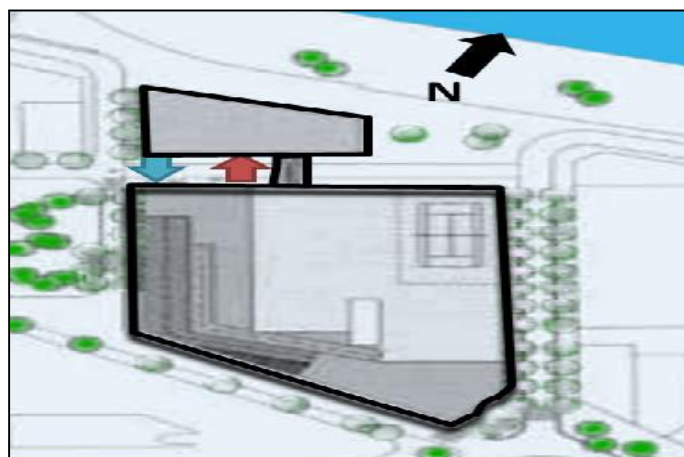
Source : <http://www.lacatonvassal.com/?idp=55#>



- Accès vers le bloc principal
- Accès piéton vers le bloc secondaire
- Accès vers les étages supérieurs (rampe)

II.1.6 plan De Masse :

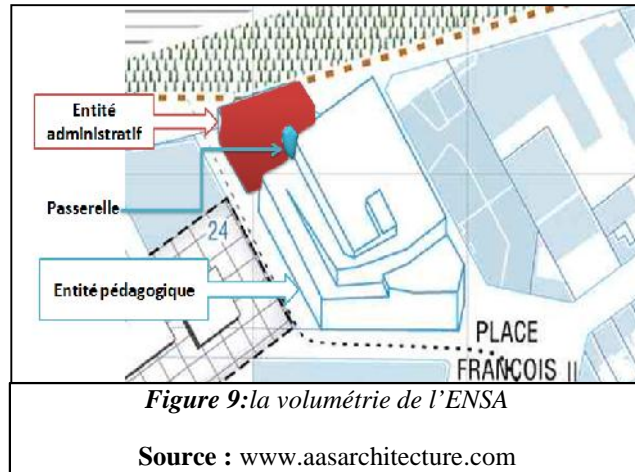
La forme de l'école est compacte, c'est à dire un seul volume qui épouse la forme du site



Source : www.aasarchitecture.com

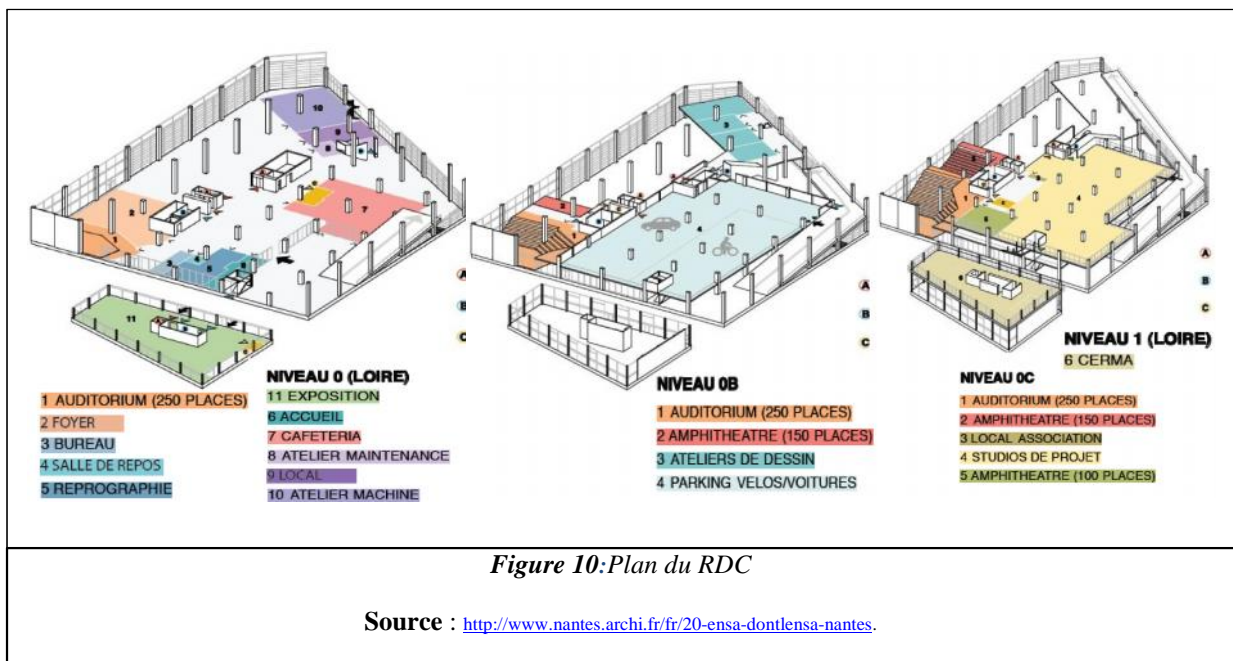
II.1.7 la Volumétrie :

Le projet se compose par deux volumes d'une forme de trapèze juxtaposés liés entre eux avec une passerelle.



II.1.8 Analyse spatiale :

Plan de R.D.C : « Le rez-de-chaussée est conçu comme une extension de l'espace urbain »²⁷, à vocation très publique et s'apparente à un espace sous pilotis. Il reçoit les amphithéâtres, la cafétéria, la grande halle de montage et les ateliers annexes, des bureaux associatifs et salons étudiants et enseignants. L'espace d'exposition, vitrine sur la ville, est situé dans le bâtiment Loire adjacent au volume principal.



²⁷ Nantes - Ecole d'Architecture., http://www.explorations-architecturales.com/data/new/fiche_109.htm.

Plan de 1^{er} étage

Il abrite la documentation, le pôle multimédia, les salles de cours, des studios de projet, la vie scolaire. Les centres de recherche, l'administration et une grande salle sont accessibles par une passerelle, dans le bâtiment Loire.

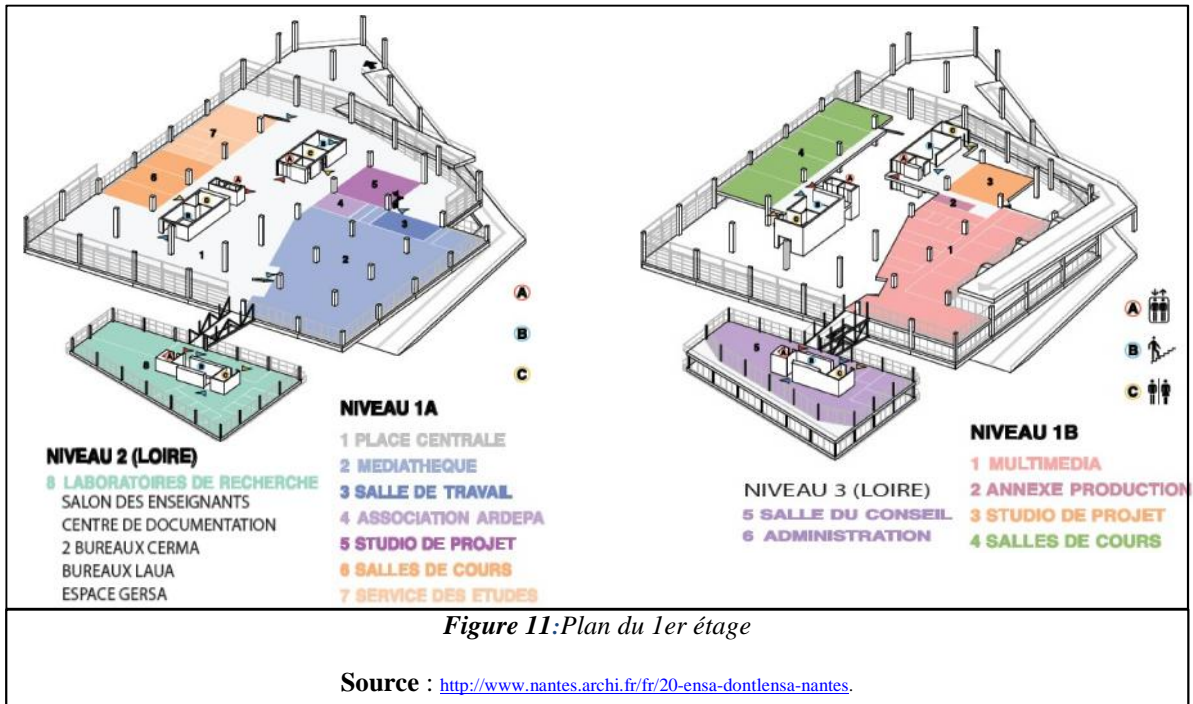


Figure 11: Plan du 1er étage

Plan de 2^{me} étage

Est plus privé. Les studios de projet y sont associés à des espaces tampons double hauteur et se prolongent vers des terrasses extérieures.

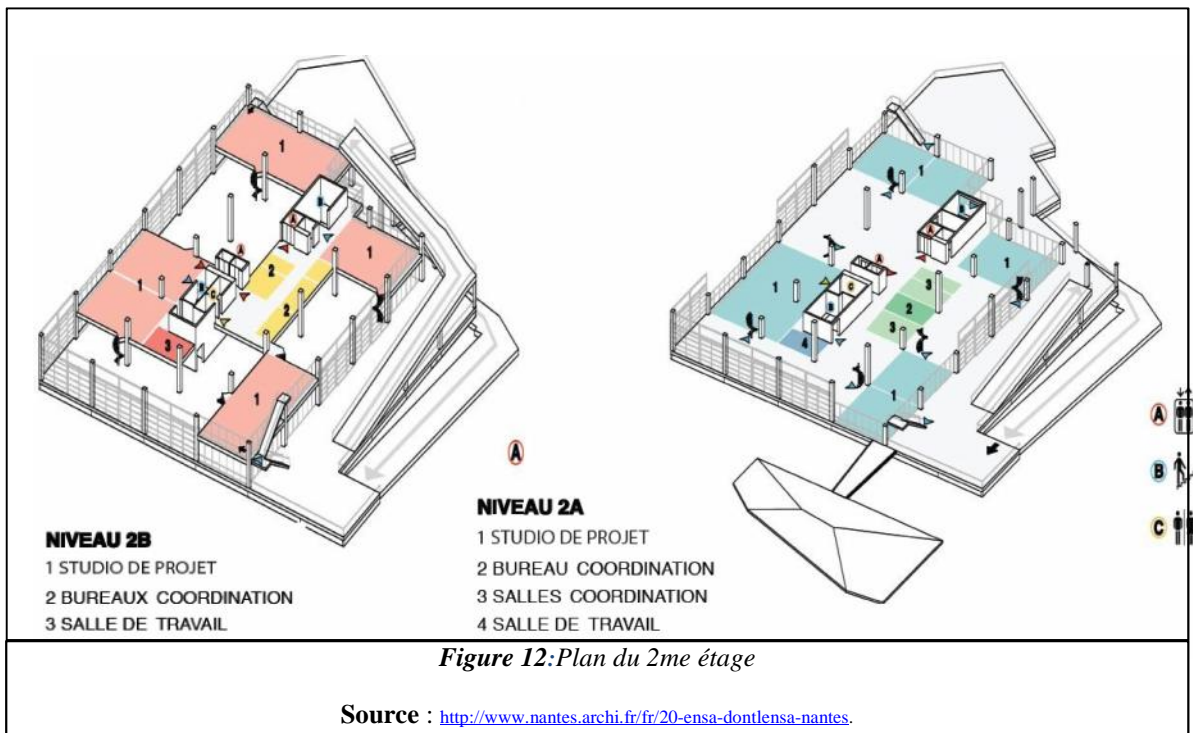


Figure 12: Plan du 2^{me} étage

Plan de toiture

Ce niveau ouvre sur la ville une terrasse panoramique qui permet d'accueillir des activités expérimentales de l'école.

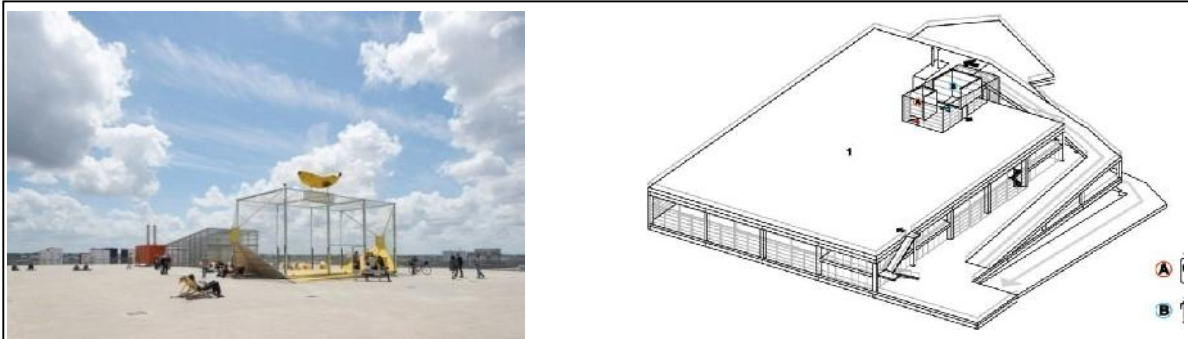


Figure 13: Plan de toiture

Source : <http://www.nantes.archi.fr/fr/20-ensa-dontlensa-nantes>.

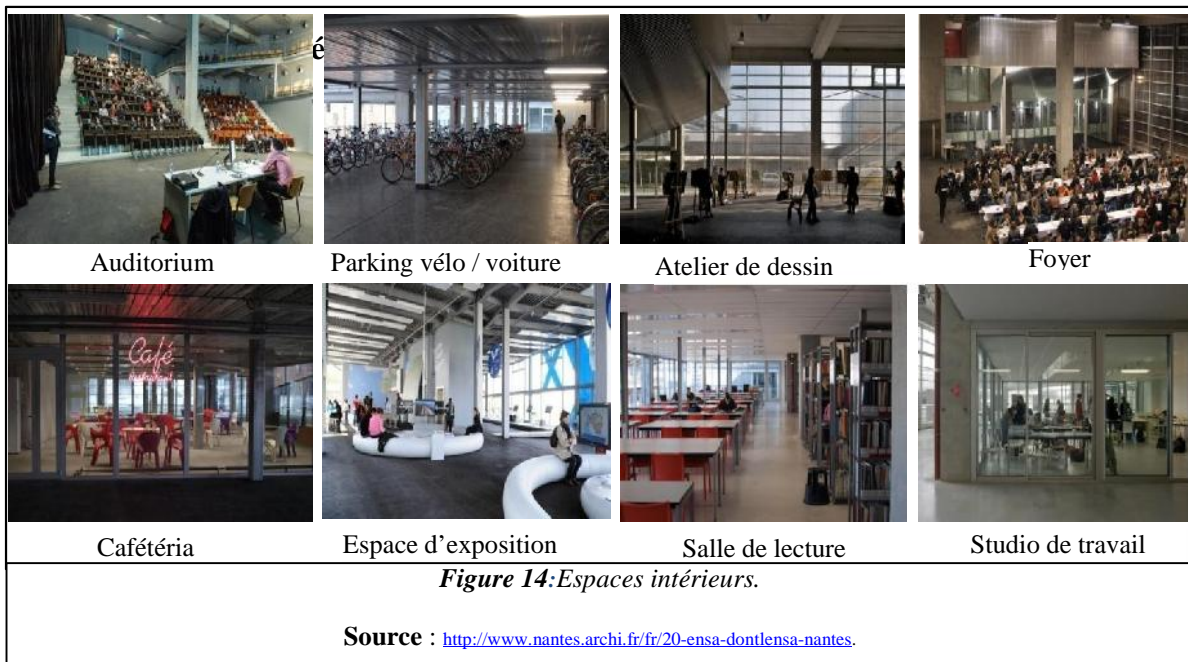


Figure 14: Espaces intérieurs.

Source : <http://www.nantes.archi.fr/fr/20-ensa-dontlensa-nantes>.

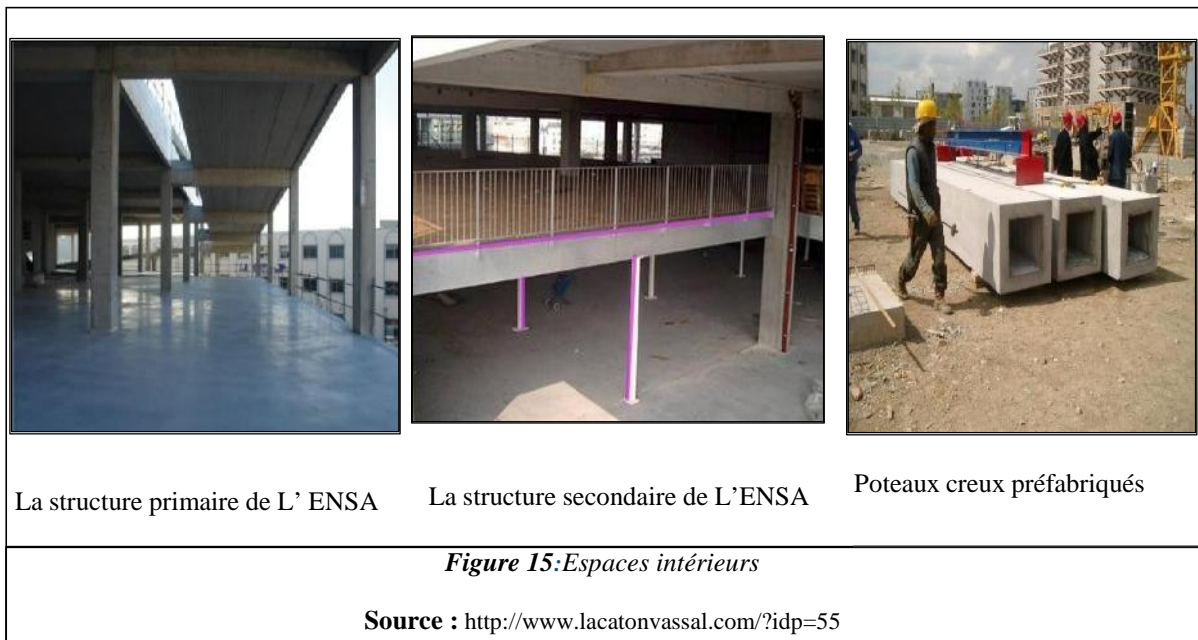
II.1.9 L'aspect technique :

- **La structure primaire** : réalisée en béton armé suivant une trame de poteaux de 10,66m x 10,71m. Trois planchers de référence à 9m 16m et 22m sont constitués de dalles alvéolaires précontraintes en béton. L'ensemble des poutres, poteaux et dalles en béton est préfabriqué, dans un souci de propreté, d'efficacité, de rapidité de montage et de nuisance minimale du chantier.

Des poteaux creux préfabriqués sont choisis pour l'ossature primaire permet d'une part de gagner en poids et en maniabilité lors de leur transport, et d'autre part une finition mieux maîtrisée après leur remplissage sur le site du chantier.

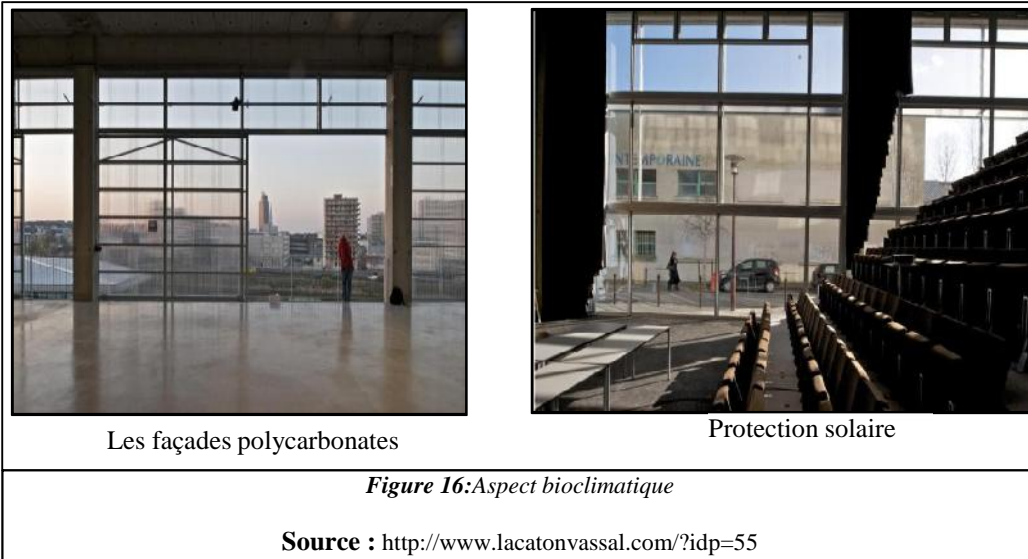
- **La structure secondaire** : plus légère s'insère à l'intérieur de l'ossature en béton. Elle se compose de poteaux, poutres et solives métalliques qui reposent sur la structure primaire.

Des planchers mixtes, au droit du parking, assurent une isolation thermique et acoustique et sont coupe-feu 2h.



II.1.10 Aspect bioclimatique :

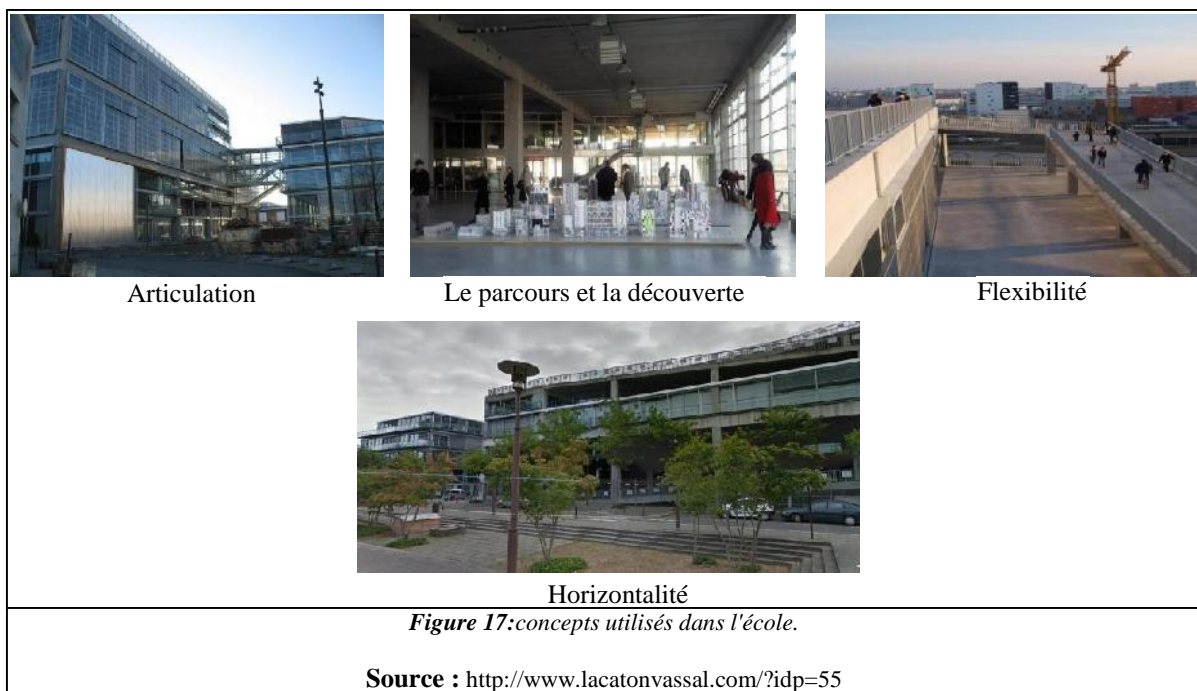
- Les espaces tampons (intermédiaires) protégés du vent et de la pluie par des façades écrans en polycarbonate transparent et profitant des apports solaires.
- Les façades peuvent évoluer du plus fermé au plus ouvert selon les besoins et les désirs de lumière, de transparence ou d'intimité, de protection ou d'aération.
- En été, les surchauffes sont régulées par stores brise-soleil et les larges possibilités d'aération par les façades ouvrantes.
- Les espaces du programme vitrés toute hauteur en façade : ils profitent sur les façades exposées des apports solaires.



II.1.10 Synthèse :

- La forme fragmentée en deux volumes.
- Les différents niveaux dans le même étage.
- un volume pour une seule entité (administration).
- Le projet est ouvert sur la ville (La facilité d'accès) des espaces ouverts au public (lieu d'exposition, bibliothèque et amphithéâtre) ainsi que la création d'une vaste terrasse en toiture jouant le rôle d'observatoire de la ville en sont les principales concertations.
- L'espace de service (Cafétéria) réservé dans la partie inférieure (RDC).

Concepts



II.2 Exemple 02: Ecole Saint Exupéry à Pantin

II.2.1 Présentation et situation de l'école²⁸

« L'école maternelle et élémentaire Saint-Exupéry de Pantin située à Seine-Saint-Denis en ile de France est le troisième bâtiment de France conçu pour produire plus d'énergie qu'il n'en consomme. Ecole primaire avec huit classes élémentaires, quatre classes maternelles, un restaurant scolaire et des jardins extérieurs ».

II.2.2 Fiche technique

- programme : création d'une école avec 8 classes élémentaires et 4 classes de maternelle.
- Architecte(s) : Atelier Méandre, Emmanuelle Patte et Christian Hackel.
- Site : Pantin (93)
- Surface espaces extérieurs : 2725 m²
- Livraison : 2011
- 2eme prix dans la catégorie qualité environnementale.

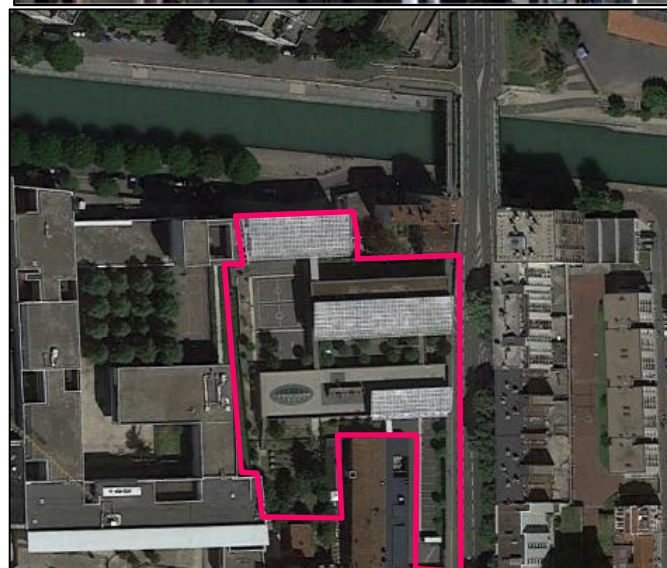


Figure 18: Groupe scolaire à énergie positive Saint-Exupéry à pantin.

Source : <https://www.ekopolis.fr/sites/default/files/2010-03/docs->


²⁸ <https://www.ekopolis.fr/sites/default/files/2010-03/docs-joints/ECP-Presentation-100226.pdf> /06/08/2021


II.2.3 Limites et accessibilité :

Légende :

 - Ecole Saint Exupéry à

Pantin

 - Accès du personnel et des Enseignants

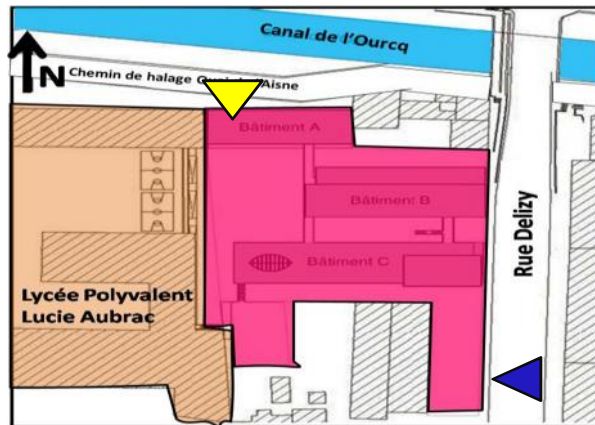
 - Accès école élémentaire, Maternelle



Chemin de halage Quai de l'Aisne et le canal de l'Ourcq



Lycée polyvalent



Rue Delizy



Habitat collectif

Figure 19: Accessibilité à l'école Saint-Exupéry à Pantin

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

II.2.4 Analyse spatiale :

❖ Le premier bâtiment (bâtiment A) :

Situé sur la limite nord du terrain le long du canal est à R+3.

Il contient :

- Le hall d'entrée

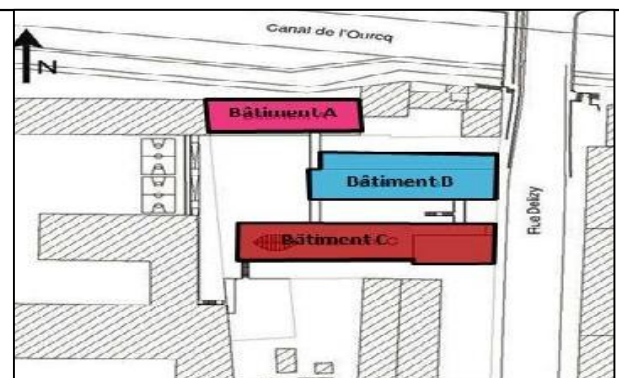


Figure 20: Implantation des bâtiments

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

➤ Les locaux communs du groupe scolaire :

➤ Salle plurivalente,

Salle des enseignants et bureau du directeur, infirmerie, bibliothèque, salle informatique.

➤ Les 8 classes élémentaires.

➤ L'entrée des élèves se fait par ce bâtiment.

❖ **Le second bâtiment (bâtiment B) :**

À R+1, est implanté perpendiculairement à la rue Delizy qui est en surplomb à cet endroit. Il abrite :

➤ Au rez-de-cour le centre de loisirs

➤ À l'étage l'école maternelle.

❖ **Le troisième bâtiment (bâtiment C) :**

Perpendiculaire à la rue Delizy, situé le plus au sud du terrain est à simple rez-de-chaussée.

Localisé là où le niveau de la rue Delizy rejoint le niveau du terrain, il abrite :

➤ La restauration scolaire

➤ La cour de récréation des maternelles, implantée sur sa toiture.

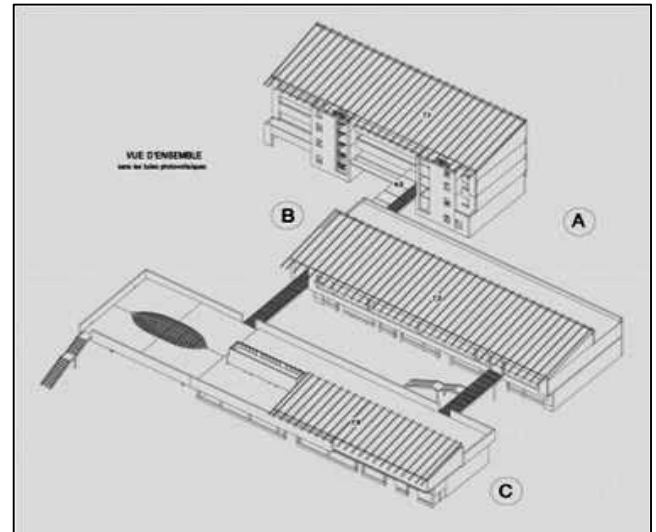


Figure 21: Les différents blocs constituant l'école.

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

II.2.5 Les concepts bioclimatiques

Passifs

➤ Orientations nord-sud privilégiées, pour un meilleur contrôle des ambiances lumineuses, et offrir au plus grand nombre l'ouverture sur le canal et l'Ourcq.

➤ Gradation des hauteurs des trois corps de bâtiment pour obtenir un bon ensoleillement des toitures. Nous allons ainsi avoir un simple R.D.C pour le bâtiment sud au R+3 du bâtiment nord, en passant par un corps central en R+1.

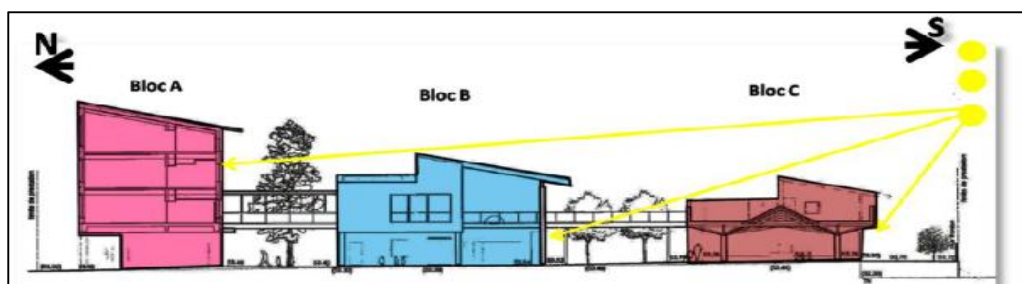


Figure 22: Implantation selon la trame urbaine / trame solaire (Concours)

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

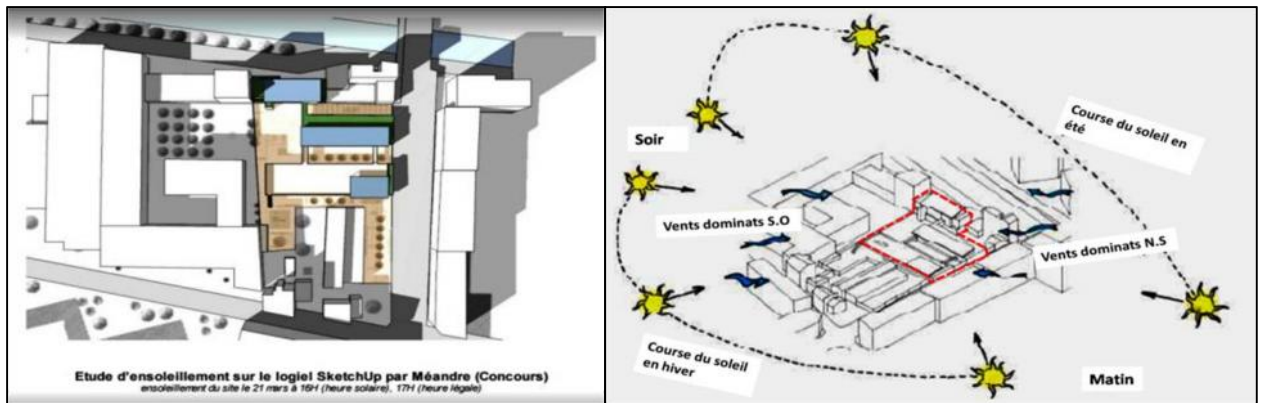


Figure 23: Implantation selon la trame urbaine / trame solaire (Concours).

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

L'utilisation des isolants

- Afin de limiter la consommation d'énergie, les bâtiments ont été fortement isolés, avec notamment un isolement et du triple vitrage pour les classes et le double vitrage les espaces de circulation

L'utilisation des matériaux naturels

La façade est faite de bois de pin maritime et les escaliers sont en chêne.

Le confort acoustique

La rue Delizy a un trafic automobile dense qui génère des nuisances, l'école doit se protéger par la position des jardins en contrebas.

- Superposition des locaux ont l'utilisation n'est pas simultanée.
- Les arbres sont choisis et positionnés pour ne pas faire d'ombre aux capteurs photovoltaïques.

L'éclairage

Dans toute l'école, c'est la lumière naturelle qui a été privilégiée, avec de grandes vitres et des puits de lumière. La transparence des façades sur l'ensemble du bâtiment est limitée à 29% et 31% pour les bâtiments d'enseignement A et B où les besoins en lumière naturelle sont les plus importants. Et de seulement 11% le restaurant (bloc A).



Figure 24: Isolation du bâtiment

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF



Figure 25: Matériau bois

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF



Figure 26: Le confort acoustique

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF



Bloc A Bloc B

Figure 27: L'éclairage naturelle dans l'école

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

Confort d'été

- ventilation naturelle a cheminée solaire
- ventilation nocturne naturelle (ouvrants opaques en façades)

La protection solaire

Bâtiments A

Façade sud : stores en tissus extérieurs et bardage bois devant vitrages des escaliers.

Bâtiments B

Façade nord : aucunes protections solaires.

Façade sud : stores tissus extérieures.

Le travail sur l'optimisation des brise-soleils de la façade sud car ceux-ci ont une influence sur le calcul e l'éclairage naturel.

Du fait e l'usage u bâtiment A et e l'affectation es espaces situés en façade sud, les brises soleil sont une protection optimal les mois de mai, juin, et septembre. La façade étant plein su ans un léger renforcement l'étude du diagramme solaire permet e déterminer l'exposition optimale de la façade pour une altitude solaire maximum de 40.

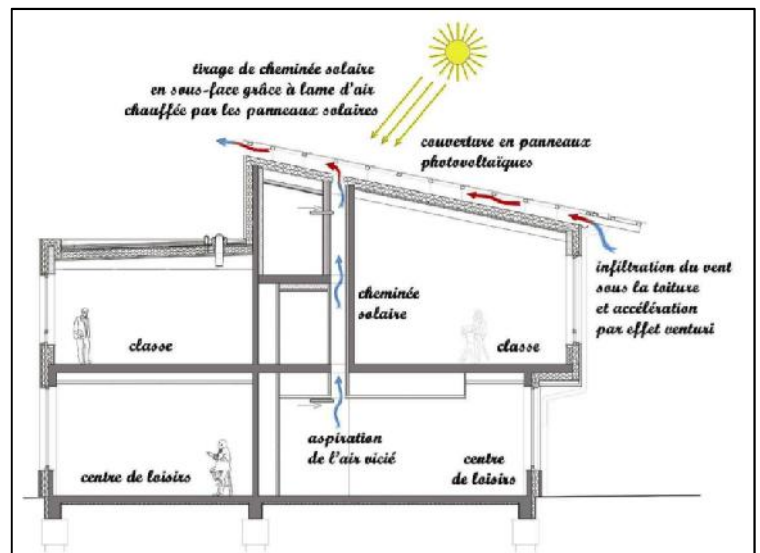


Figure 28: Cheminée solaire

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF



Figure 29: Stores extérieurs.

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF



Figure 30: Le travail sur l'optimisation des brise-soleils

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

Actif

L'utilisation des énergies renouvelables

-L'utilisation e 1168m² de capteurs photovoltaïques qui couvrent les toits.

Gestion des eaux pluviales

La mise au point 'un système de récupération des eaux pluviales en toiture qui permettra de couvrir 38% des besoins d'arrosage e nettoyage des espaces extérieurs et des sanitaires, (cuve de 10m³ et 2 bassins de rétention à ciel ouvert de 25m³ et15m³).



Figure 31:Capteurs photovoltaïques

Source : Méandre, atelier d'architecture, urbanisme et environnement - Construction de l'Ecole du Centre « ZERO ENERGIE » et HQE à Pantin, PDF

II.2.6 Synthèse

La démarche générale pour l'Ecole du Centre développe les dispositions suivantes :

- Tisser des relations entre les espaces extérieurs de détente et les espaces intérieurs d'étude, les deux participants aux apprentissages des étudiants.
- Créer des bâtiments compacts, bien orientés, isolés thermiquement et protégés des surchauffes.
- Composer une façade urbaine sur le canal en harmonie avec le lycée voisin.
- Créer une continuité visuelle entre cour et canal au travers d'un hall vitré
- Adoucir l'ambiance le long de la rue Delizy marquée par le trafic automobile et les façades imposantes sur sa limite Est.
- Les dispositions choisies sont guidées par la démarche HQE et l'objectif ambitieux de « Zéro Énergie ».

II.3 EXEMPLE 03 : ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE STRASBOURG

II.3.1 Critère de choix :

- Projet d'enseignement supérieur
- L'utilisation des techniques et systèmes environnementaux et de durabilité par :
 - La valorisation de l'éclairage naturel (lumière de jour) (La peau semi-transparente permet de passer l'éclairage entre l'extérieur et l'intérieur).
 - L'utilisation des matériaux recyclables.
- L'organisation fonctionnelle, spatiale et la gestion des flux au niveau du projet.

II.3.2 La fiche technique :

- **Lieu** : Strasbourg, Bas-Rhin, France
Maîtrise d'ouvrage : ministère de la Culture et de la Communication
- **Maîtrise d'œuvre** : Marc Mimram, architecte mandataire.
- **Surface** : surface d'origine, 4 360 m²; surface après travaux, 8 880 m² avec extension.
- **Programme** : Salles de classe, salle de cour, amphi, Ateliers, Salles de séminaire, Salle de conférence et service.



Figure 33: photo de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.3 Situation :

L'école située au cœur de Strasbourg au 4^{ème} Boulevard du Président Wilson

- l'école est une extension de l'école mère
- située dans un tissu urbain et universitaire.

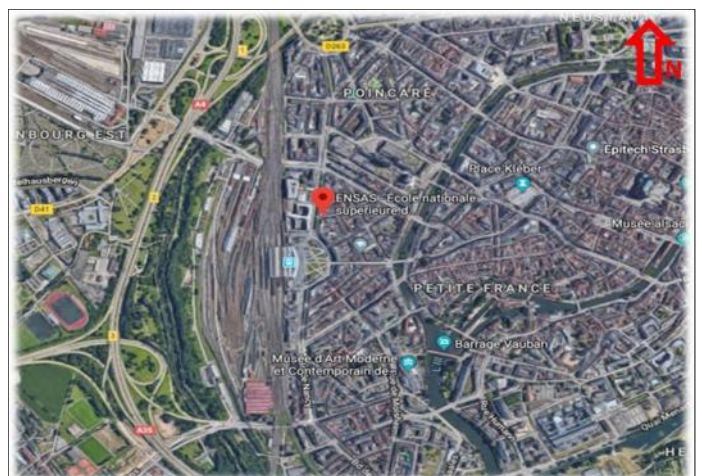


Figure 34: photo satellite de la situation de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.4 Accessibilité :

L'école est accessible par le boulevard de Président Wilson et par la voie secondaire de Moll qui Relie l'université avec toutes les parties de ville.



Figure 35: photo satellite de la situation et le voisinage de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.5 Plan de masse :

Le projet possède un accès principal au côté ouest, dans le coté de l'école mère relié par une passerelle.

Le bâti occupe la majorité du terrain 90 % bâti, par contre espace non bâti 10 % celimite dans le cotés est et la deuxième dans le nord-ouest.



Figure 36: Schéma du plan de masse de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.6 La forme (volumétrie) :

La volumétrie du bâtiment consiste en trois blocs de deux étages empilés les uns sur les autres. Le bloc inférieur est en porte-à-faux sur le socle transparent du rez-de-chaussée, tandis que le bloc le plus élevé recule, fournissant le volume maximum dans les limites fixées par les règlements

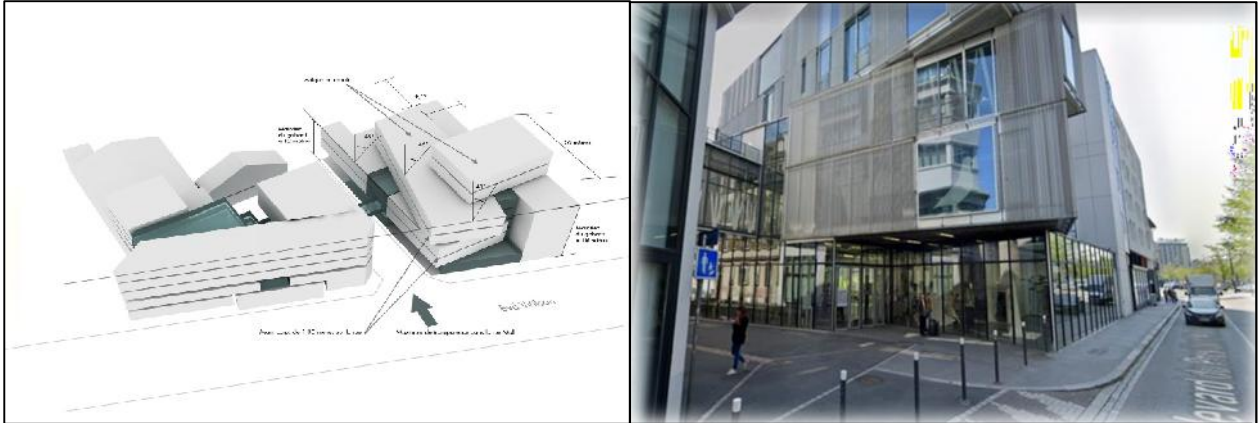


Figure 37: photo synthèse de la volumétrie de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.7 L'intégration du projet :

Le projet était intégré dans un tissu urbain avec un contraste par rapport l'environnement



Figure 38: photo de l'intégration de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3. 8 Les plans :

- Les espaces du projet sont distribués en 8 niveaux.
- Le sous-sol contient Deux amphithéâtre de capacité de 112 places Séparé avec un atrium, ce dernier assure l'aération.
- Le rez-de-chaussée compte les espaces de services :

vCafeteria et espace d'exposition ce que justifie ça transparence au niveau de façade(continuité visuel int ↔ ext).



Figure 39: Plan de sous-sol de l'École d'architecture de Strasbourg

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



Figure 40: Plan de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg

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

- Les autres étages contiennent essentiellement les ateliers qui sont orienté Sud,mais les salles de classe et les salles de cours se limitent au niveau de 2eme étage, qui est articulé avec l'école mère par une passerelle.
- Les espaces sont distribués d'une forme linéaire, avec un système de couloir.
- La circulation verticale assurée par des escaliers qui se trouve au niveau de l'atriumet à la limite du bâtiment, et aussi par un ascenseur.

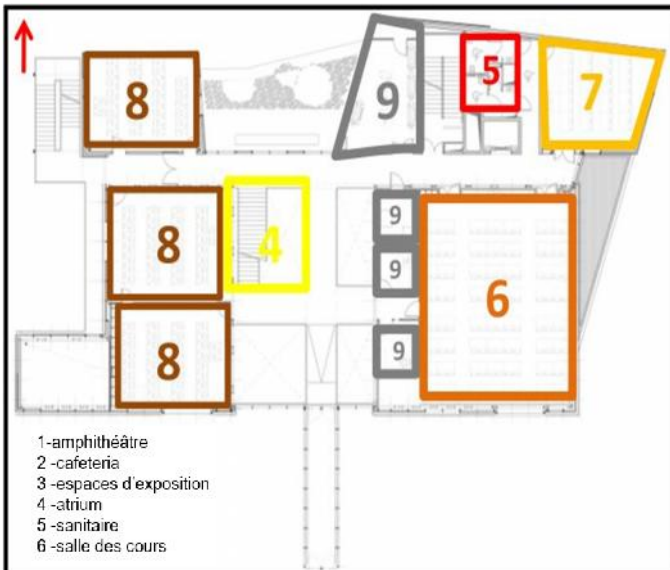


Figure 43: Plan de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg

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

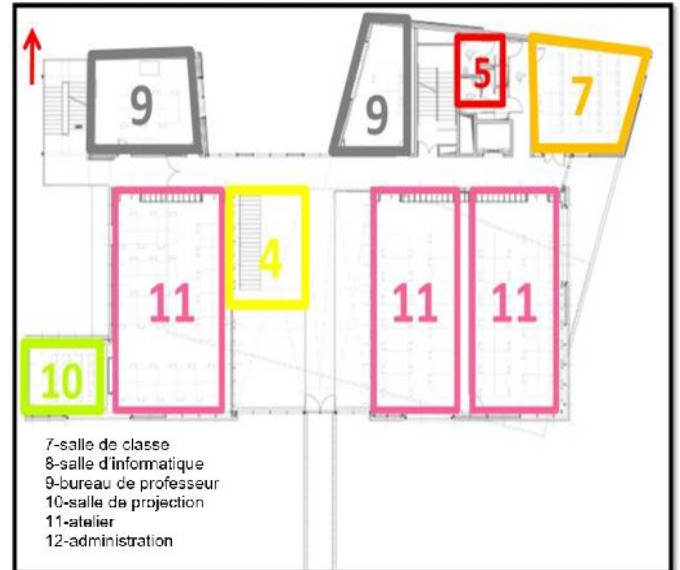


Figure 44: Plan de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg

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



Figure 42: Plan de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg

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

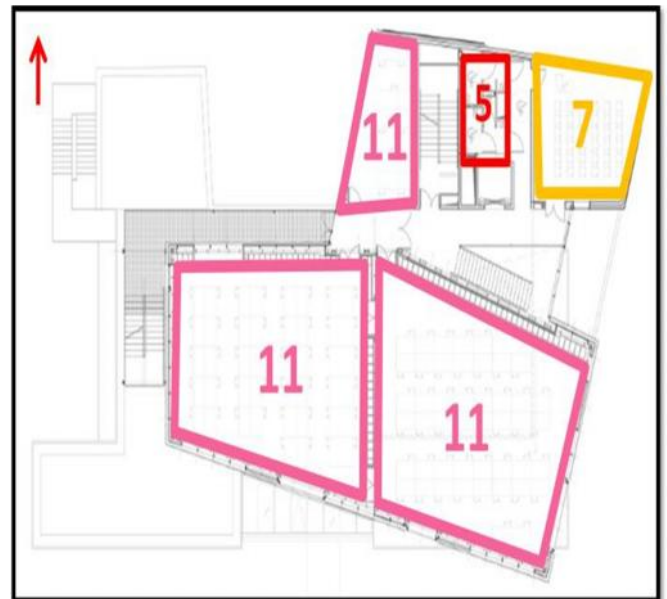


Figure 41: Plan de R+4 de l'École d'architecture de Strasbourg

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

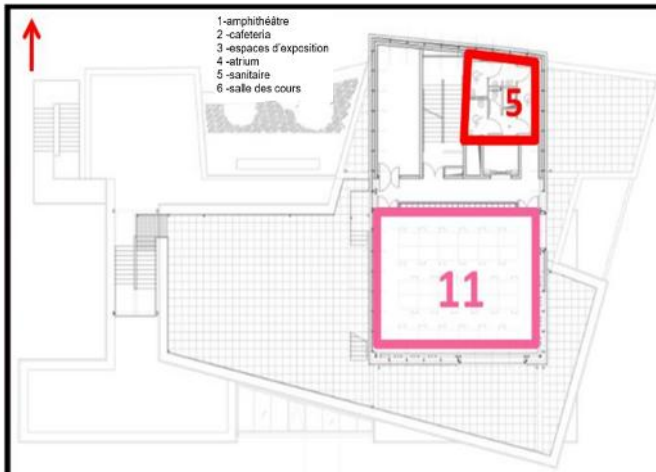


Figure 46: Plan de R+5 de l'École d'architecture de Strasbourg

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

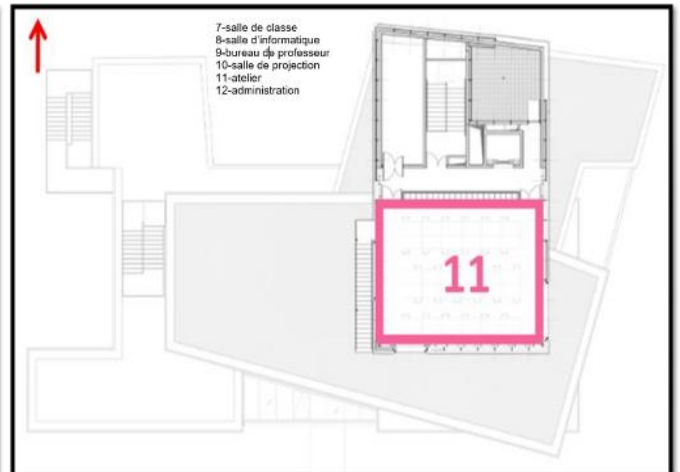


Figure 45: Plan de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3. 9 Les Façades :

- Façade apparente avec son aspect par rapport à son environnement, avec un socle transparent et bai vitré qui donne une transparence et une légèreté à la façade.
- Présence des portes à feu
- Traitement : avec des grands bords pour la continuité visuelle
- L'utilisation des couleurs claires et des matériaux de construction métalliques donne un aspect de clarté et de propreté au bâtiment.

Les grands bords

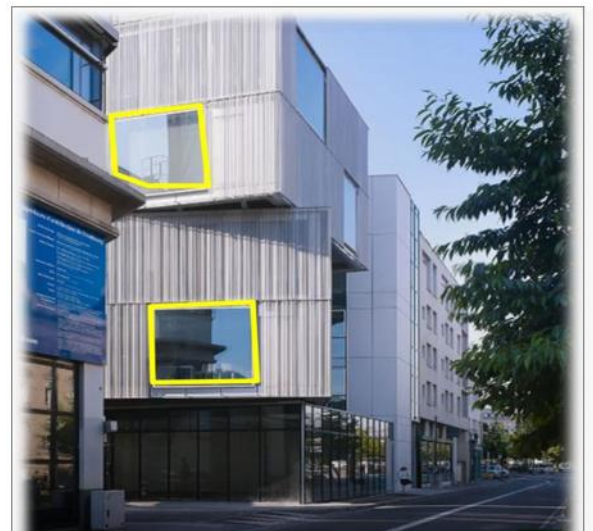


Figure 47: Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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



Figure 48: Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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



Figure 49: Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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

- Les blocs sont unifiés par l'enveloppe commune, une peau d'aluminium semi-transparente qui recouvre les "boîtes" vitrées.



Figure 51 : Façade de l'École d'architecture

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



Figure 50: Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3. 10 Les Techniques :

La structure métallique est stabilisée par deux noyaux de béton longeant les mitoyens et abritant les locaux techniques.

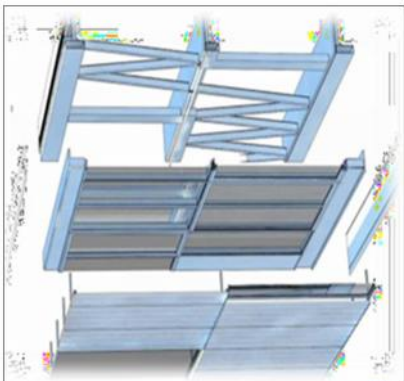


Figure 52: La Structure de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.11 L'éclairage :

La peau semi-transparente permet de passer l'éclairage entre l'extérieur et l'intérieur.



Figure 54: La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg

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

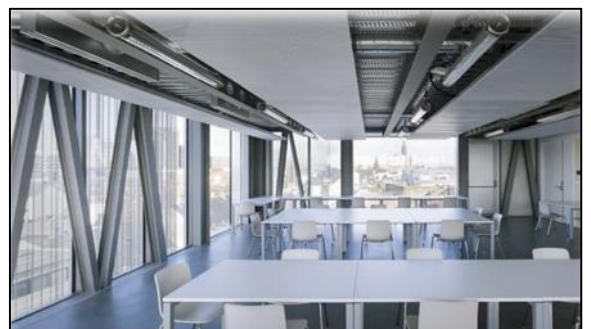


Figure 53: La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg

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

II.3.12 Synthèse :

- La forme fragmentée en deux volumes.
- La peau semi-transparente permis de passer l'éclairage entre l'extérieur et l'intérieur.
- La structure métallique est stabilisée par deux noyaux de béton longeant les mitoyens et abritant les locaux techniques.

III. SYNTHÈSE

Plan de masse

- L'utilisation de la végétation : procure un ombrage naturel saisonnier permet de la lumière et l'ensoleillement en hiver tout en créant un ombrage en été.
- L'utilisation de l'eau pour : humidifier et refroidir naturellement l'air extérieur, Favoriser le mouvement d'air.

L'orientation :

- doit être étudiée de façon à bénéficier et protéger les effets des variables climatiques (une bonne orientation des lieux d'apprentissage (nord) afin de profiter au maximum d'éclairage naturel, et sud facile à contrôler).
- Pour les ateliers et les salles de classes une double orientation est très recommandée pour fournir un éclairage bilatéral.

L'utilisation de l'effet de serre

Au niveau des atriiums et des espaces de circulation, et l'effet de cheminé en été.

Forme et volume

L'utilisation de forme arrondie pour dévier les vents.

La protection solaire

Complément aux fenêtres, les protections solaires peuvent limiter les surchauffes et l'éblouissement en période d'ensoleillement. Les protections solaires peuvent aussi être des solutions architecturales intégrées dans la conception du projet (inclinaison des murs, des arcades, des galeries, brise-soleil,...), ou des techniques appliquées (stores, rideaux, persiennes, volets,...).

Matériaux

Le choix judicieux des matériaux de construction permet de réduire les pertes de chaleur et de refroidissement (matériaux à une faible conductivité), des matériaux pour les interfaces de stockage (par exemple : MCP matériaux de changement de phase), des vitrages isolants (double ou bien triple vitrage,)

IV. Volet 02 : PRÉSENTATION DU PROJET:

IV.1 Présentation générale du site :

Le projet s’inscrit dans un site qui se trouve au nord-ouest de la ville de LAGHOUAT, avec une superficie totale d’environ 75198.00 m². Le site d’intervention se situe dans le nouveau pôle universitaire de 10000places pédagogiques.



Figure 55: découpage des zones climatiques

Source : www.mem-algeria.org

IV.2 Analyse climatique de la ville de Laghouat :

Laghouat est une agglomération de nature mixte entre les hautes et les basses terres, elle constitue une liaison et une zone tampon entre le nord et le sud du pays. Le territoire algérien est divisé en 4 zones climatiques (A.B.C.D), Laghouat se situe dans la zone D, le climat de Laghouat est distingué par la diversité des régions géographiques ce qui lui donne une diversité de climat avec des hivers froid et des étés chaud (climat chaud et aride)²⁹.

Zone D : Pré de Sahara et Sahara	
Variations saisonnières	Deux saisons (chaude et froide)
Température	T° Moy .Max : 45° et entre 20-30° en hiver variation saisonnière de 20°. L'effet de la l'altitude les hivers deviennent de plu en plus froids
Précipitation	Pluies rares , torrentielles par moments
Humidité	Humidité réduite entre moins de 20 % après midi à plus de 40% la nuit
Conditions célestes et rayonnements	Ciel claire pour une grande partie de l'année , rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol
Vents	Généralement locaux les vents de sable et les tempêtes sont fréquentes
Végétations	Extrêmement clairsemées

Figure 56: Extrait des caractéristiques de la zone D

Source : www.mem-algeria.org

²⁹ PDAU Laghouat. U.R.B.A. TIARET.DIRECTION DE LA WILAYA DE LAGHOUAT

IV.2.1 Vents³⁰ :

Selon la rose des vents on remarque que les vents dominant sont de direction ouest et aussi importante du sud-ouest. il y a très peu de vent d'orientation nord-ouest et presque nul au sud-est.

-Le siroco souffle 65-70 jours par an à partir de mois de mai, il est fréquent du côté nord et ouest généralement en juillet sur les hautes terres du Nord et de Ouest

-Le CHEHILI venant du sud, ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30m/s et de direction sud-ouest fréquence 687 heures/mois.

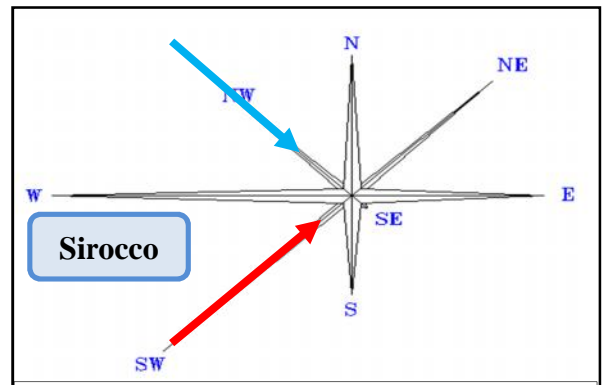


Figure 57: Les vents dominant de la ville de Laghouat

Source: station météo. Laghouat

IV.2.2 Température³¹ :

Selon le diagramme si dessous, 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 3,8 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.

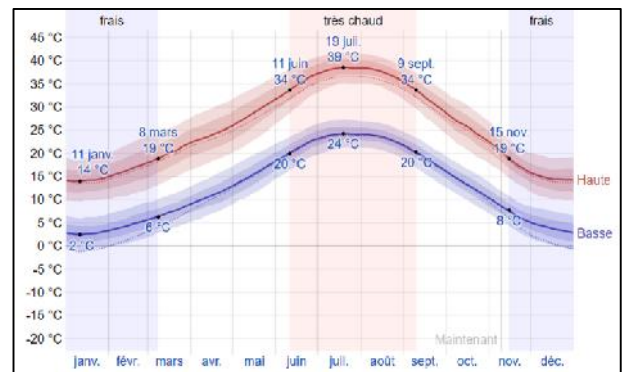


Figure 58: Température de la ville de Laghouat 2019

Source: (weatherspark.com)

IV.2.3 l'ensoleillement quotidien moyen :³² :

Le graphe montre une moyenne d'insolation en heure pour chaque mois de l'année pour la ville de Laghouat.

- En hiver : elle varie entre 9.7h jusqu'à 11.2h.

- En été : elle varie entre 11.5h à 14.3h.

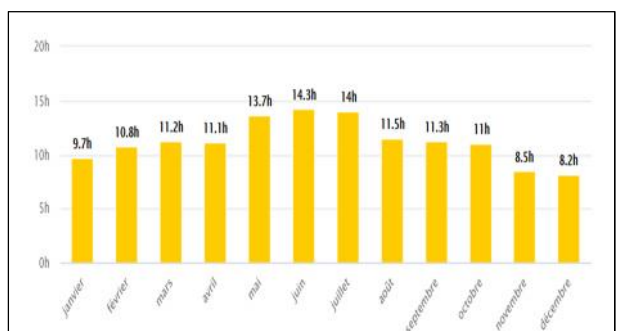


Figure 59: Les précipitations dans la ville de Laghouat 2019

Source: (ou-et-quand.ne)

³⁰ PDAU Laghouat. U.R.B.A. TIARET.DIRECTION DE LA WILAYA DE LAGHOUEAT

³¹weatherspark.com

³² ou-et-quand.ne

IV.3 Situation du site d'intervention :

Le site d'intervention se situe dans le nouveau pôle universitaire de 10000 places pédagogiques

-Le terrain sélectionné se trouve au prolongement de l'axe venant de l'université allant vers l'ouest (l'extension de la ville).

Le terrain d'intervention a une forme rectangulaire, de surface 7 65.51m² la morphologie de terrain est relativement plate.

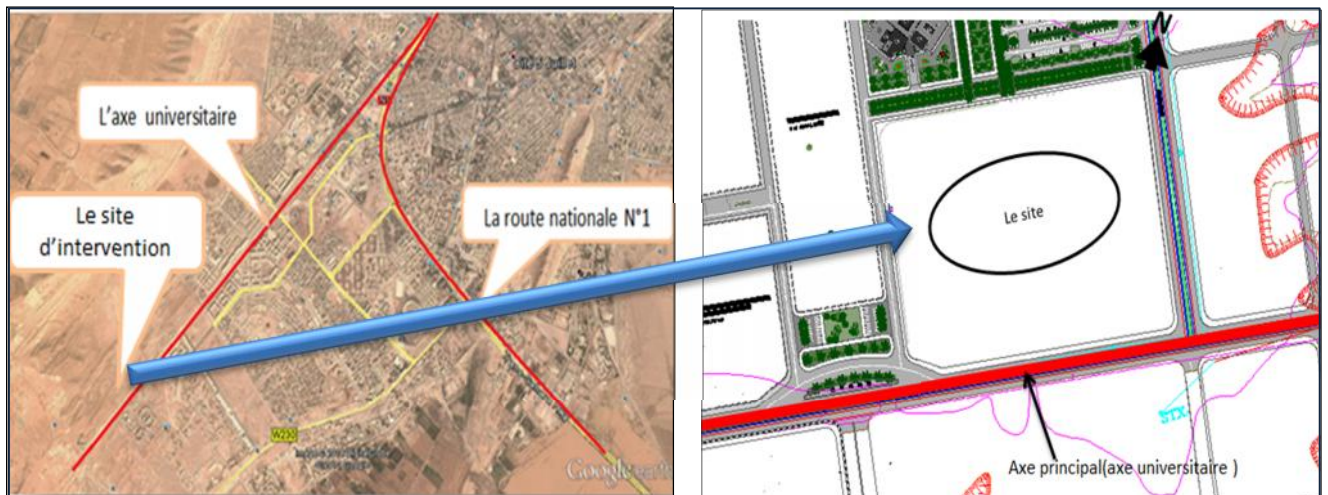


Figure 60: Plan de situation

Source: Google Earth

IV.4 Voisinage Et Les Limites:

Le site est limité :

- Au Nord-Ouest par un Auditorium et un parking.
- Au Sud-Ouest par un espace des services communs.
- Au Sud-Est par un terrain vierge (réservé pour l'université).

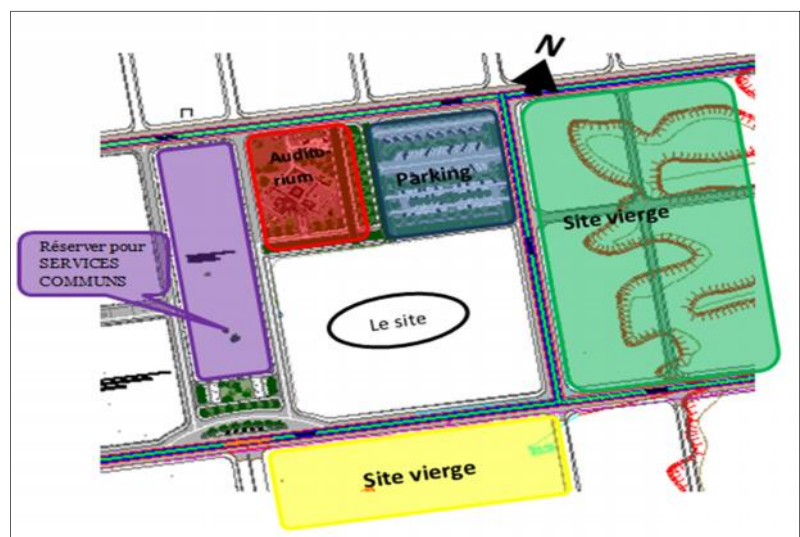
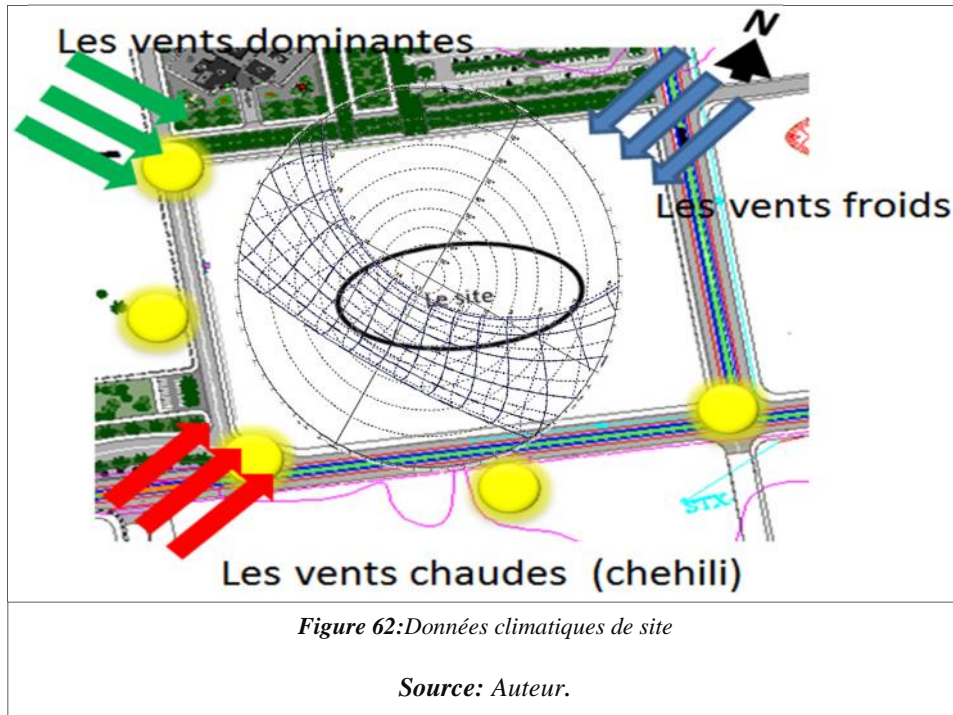


Figure 61: les Voisines et les limites

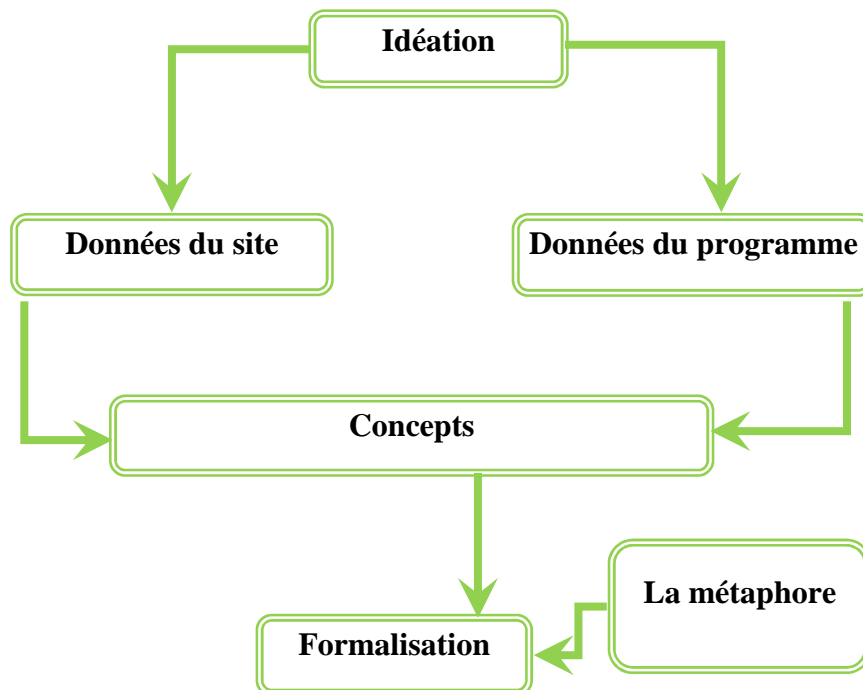
Source: Auteur.

IV.5 Les Données Climatiques Du Site :

Le terrain est exposé aux conditions climatiques (l'ensoleillement, les vents)



IV.6. Formalisation De L'idée De Projet :



IV.6. 1 Programme Propose (1500) Etudiants :

Atelier

DESIGNATION	SURFACE m ²	NOMBRE	NOMBRE TOTALE m ²
Les Ateliers 1 ^{er} _3 ^{er} année	115	18	2070
Les Ateliers master	115	18	2070
Les Ateliers de maquettes (modelage)	150	6	900
Les Atelier d'argile	150	6	900
Les Ateliers de décoration intérieure	100	6	600
la surface totale			6540 m ²

AMPHIS+SALLES

DESIGNATION	SURFACE m ²	NOMBRE	NOMBRE TOTALE m ²
Salle de 1er _3eme année	60	20	1200
Salle de master	60	10	600
Salle d'informatique	50	10	500
Hall d'affichage	220	1	220
Amphi 300 places	370	2	740
Amphi 200 places	320	1	320
la surface totale			3580 m ²

BIBLIOTHEQ

DESIGNATION	SURFACE m ²	NOMBRE	NOMBRE TOTALE m ²
Salle de lecture (pour les étudiants)	350	2	700
Salle de lecture (pour les enseignants)	200	1	200
Salle de périodique	60	1	60
Salle rayonnage	100	1	100
Hall d'accueil	125	1	125
Espace de prêt	18	1	18
Salles pour les clubs	50	2	100
Salles de tirage	40	2	80
Boxes pour les étudiants	115	1	115
Dépôt	50	1	50
Hall de d'exposition	300	2	600
Espace de catalogue	20	1	20
Poste d'emprunt	18	1	18
Salle internet	50	2	100
la surface totale			2286 m ²

LABORATOIRES

DESIGNATION	SURFACE m ²	NOMBRE	NOMBRE TOTALE m ²
Laboratoire de TMC	120	2	240
Laboratoire de topographe	140	1	140
Laboratoire de structure	130	2	260
Salle d'informatique	60	1	60
Salle d'internet	60	1	60
Salle de stockage	60	1	60
Bureaux de gestion	25	2	50
la surface totale			810 m ²

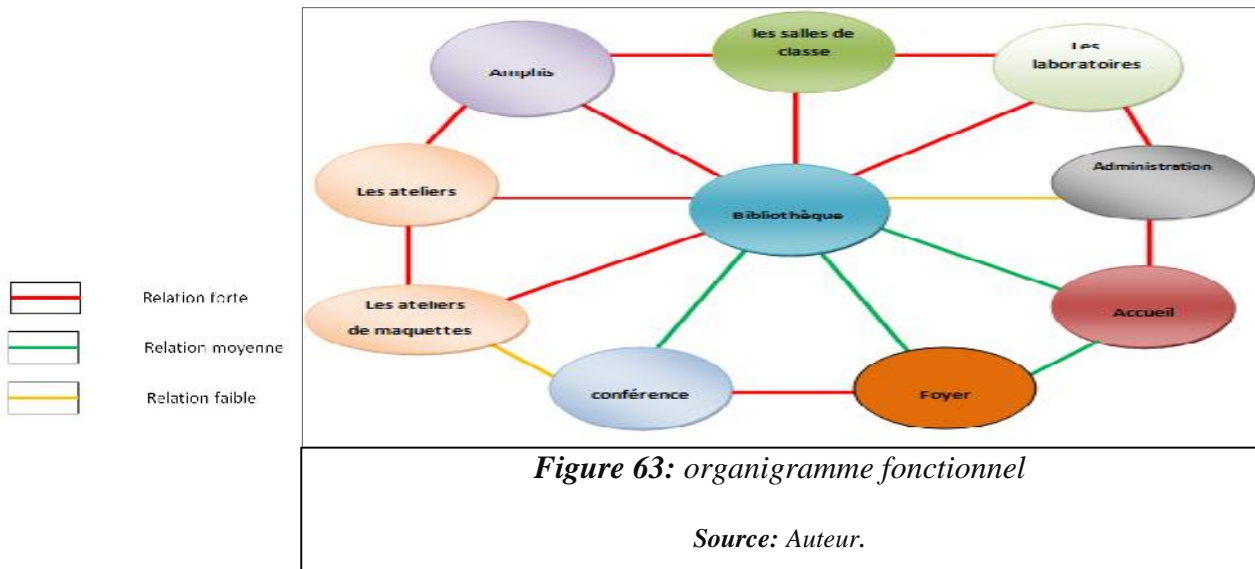
ADMINISTRATION

DESIGNATION	SURFACE m ²	NOMBRE	NOMBRE TOTALE m ²
Accueil (réception)	90	1	90
Bureau du directeur	40	1	40
Bureau de secrétariat	26	1	26
Bureau enseignant	30	3	90
Bureau enseignant	40	8	240
Scolarité	25	1	25
Comptabilité	24	1	24
Salle d'archive	25	1	20
Salle de réunions	85	1	85
Salles d'informatique	30	1	30
Salle de poste graduation	65	1	65
Exposition	340	1	340
Salle de conférence	600	1	600
Salles des professeurs	40	2	80
cafeteria	255	1	255
la surface totale			2005 m ²

IV.6. 1.2 Analyse Du Programme :

Espaces théorique	Espaces communs	Espaces pratique	Gestion
Les salles de classe	La bibliothèque	Les ateliers	Administration
Les amphis	Exposition	Les ateliers de maquettes	Accueil
	Salle de conférence	Les laboratoires	
	Foyer	Les salles d'informatique	

IV.6. 1.3 l'organigramme Fonctionnel :



IV.6. 2 Les Concepts :

La centralité:

Espace central utilisé comme un espace commun et espace d'exposition pour les personnes.

Forme dynamique et statique :

Utilisation des formes dynamique et les contrôlées avec des formes statiques pour des raisons symboliques bioclimatique.

La hiérarchisation dans les chemins et les espaces :

Ce principe est inspiré du style local. Cette hiérarchie passe d'espace public et bruit vers l'espace privé calme (ex.la place, rue puis ruelle).

La notion de parcours:

Le parcours est un concept clés de la perméabilité, le thème et le site vont qualifier l'ensemble des parcours externes périphérique ou internes à l'équipement qui vont canaliser les divers flux traversant et structurant son environnement.

La transparence :

Ce concept sera utilisé à plusieurs entités du projet pour différentes raisons, essentiellement pour assurer une continuité visuelle entre deux espaces par exemple entre la galerie et les vitrines, aussi utilisé pour d'autres espaces, exemple : les bureaux des tours et l'espace d'exposition pour profiter au maximum de l'éclairage naturel, et pour un confort visuel.

Elle assure également une continuité visuelle entre l'extérieur et l'intérieur de l'équipement (patios), ainsi qu'une continuité fonctionnelle (commerces accessibles de l'intérieur de l'équipement).

IV.7. La Genèse Du Projet :

Etape 01:Etat de lieu

Le terrain a une forme rectangulaire, situe au niveau de la façade principale de l'université.



Figure 64:Etat de lieu

Source: Auteur.

Etape 02:_Le Choix Des Accès :

Accès principal au milieu de la façade principale pour accueillir les flux (début de parcours de franchissement, voir l'étape de parcours)

-trois articulations pour assurer la fluidité des flux et la continuité fonctionnelle et spatiale entre le projet et le reste de l'université :



Articulation avec l'espace commun



Articulation avec les autres facultés



Articulation avec le parking existant.

Etape 03:l'Implantation

-implanter la masse du projet au milieu du terrain, pour l'entourer avec des espaces verts (maison dans le jardin(Ghot.) , à fin de créer un micro climat humide, se protéger contre les vents d'hiver et filtrer les vents de sable.

-Cet espace participe à l'hierarchie des flux des espaces actifs (espace extérieur) vers les espaces calmes et appropriées à l'école (intérieur).

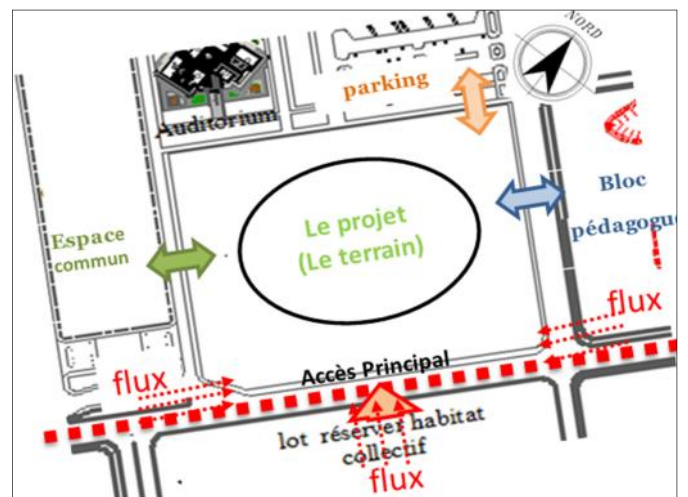


Figure 65: Le choix des accès

Source: Auteur.

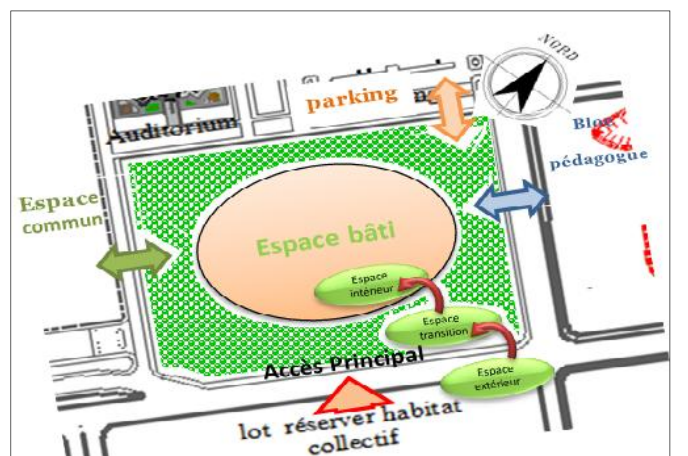


Figure 66:l'implantation

Source: Auteur.

- de point de vue pédagogique, cet espace sera utilisé comme un champ d'application pour quelques modules (la topographie à titre d'exemple).

Etape 05: Zoning

Fragmenter la forme pour bénéficier au maximum de la lumière naturelle (éclairage multilatéral).

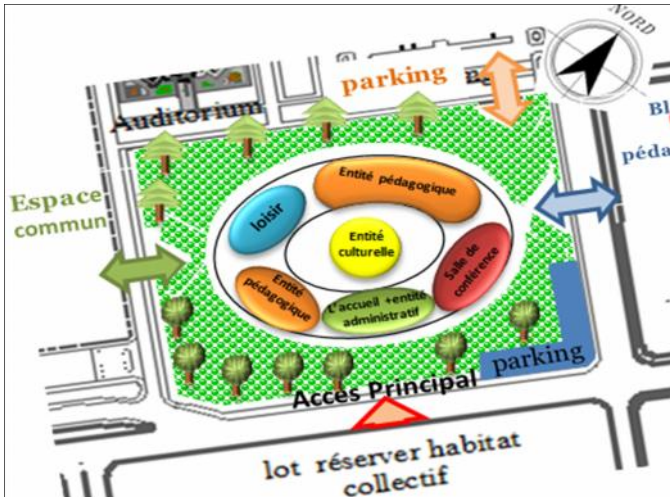


Figure 68: Zoning

Source: Auteur.

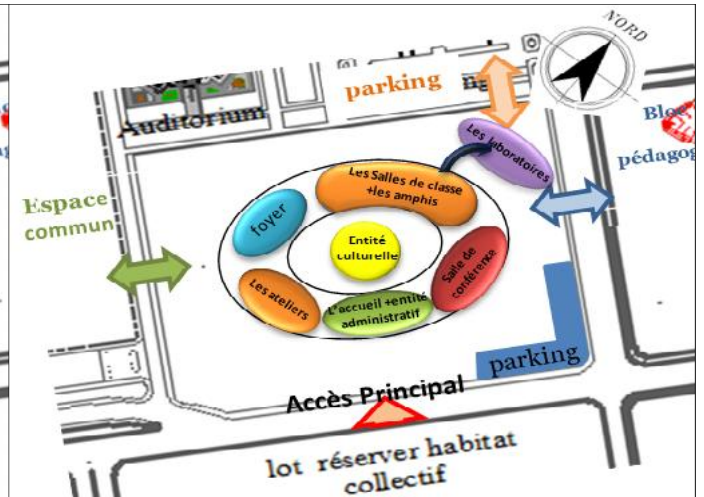


Figure 67: Zoning des entités

Source: Auteur.

Etape 06: forme et volume

1. Principe de métaphore:

On a choisi l'œil comme source d'inspiration parce que la vision constitue la tâche principale pour l'apprentissage en générale et pour apprendre l'architecture en particulier.



Figure 69: Source d'inspiration

2. De point de vue bioclimatique :

-formes fluides et arrondies pour dévier les vents et favoriser le mouvement d'air.

La forme des laboratoires protège le champ des travaux pratiques.

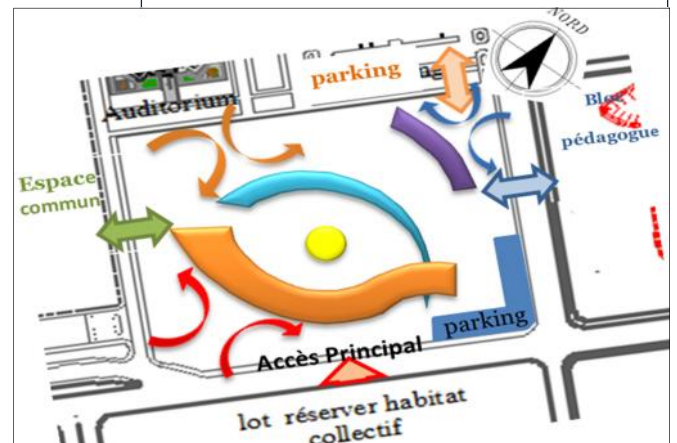


Figure 70: dessin à main levée

Source: Auteur.

3 e point de vue fonctionnell:

exposer la façade principale vers l'extérieur pour la contunuité perceptuelle avec la façade de l'université.

créer un point d'appel, point de convergence des flux au niveau de l'espace central.

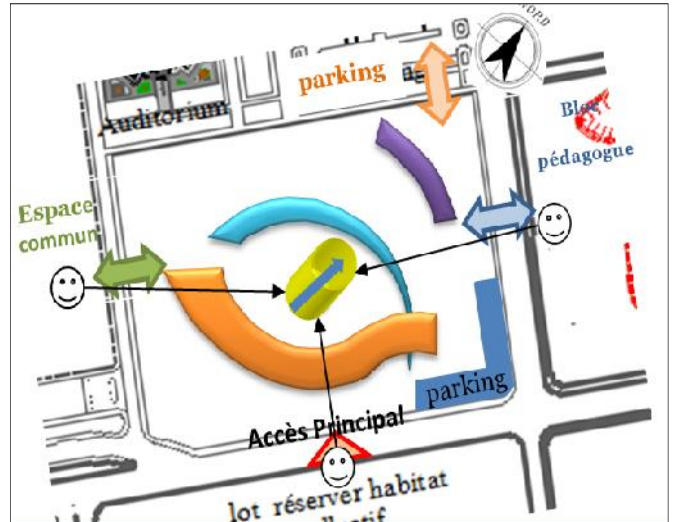


Figure 71:élément d'appelle

Source: Auteur.

Etape 07: les espaces protégé

Créer des espaces protegé (patio, atrium) :

- Les sources de lumière naturelle (atrium, cheminée ...),et l'éclairage bilatéral.
- La aération et la ventilation des masses.

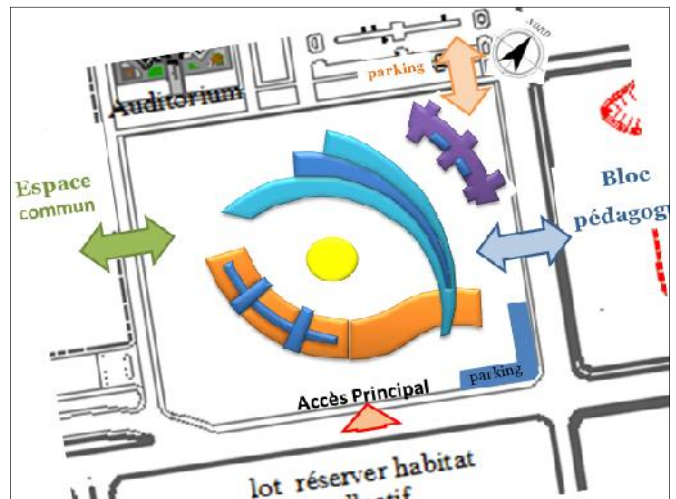


Figure 72:les espaces protégés

Source: Auteur.

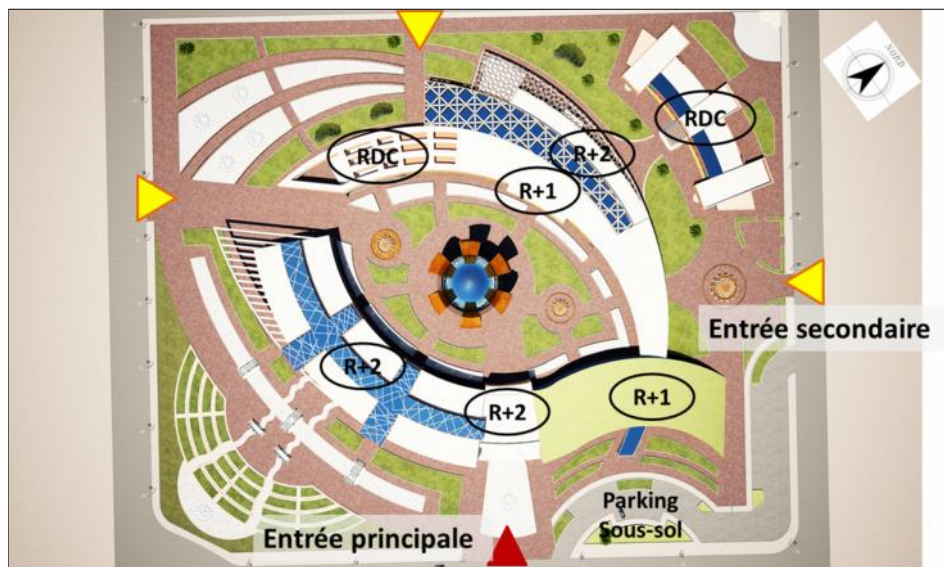


Figure 73:Plan de masse

Source: Auteur.

IV.8 Les solutions bioclimatiques adaptées au projet :

IV.8.1 Au niveau du plan de masse :

- Protection contre les vents froids d'hiver avec des arbres à feuilles persistantes.
- Planter les arbres pour créer de l'ombre et apporter ainsi
- Protection contre les vents froids d'hiver avec des arbres à feuilles persistantes.

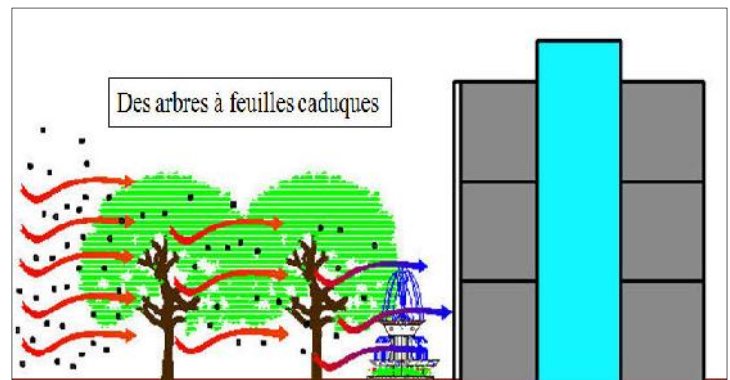


Figure 74: Schéma représente la protection des blocs contre les vents de sable.

Source: Auteur

IV.8.2 au niveau des ateliers :

IV.8.2.1 L'orientation :

Pour les ateliers une double orientation est très recommandée pour fournir un éclairage bilatéral.

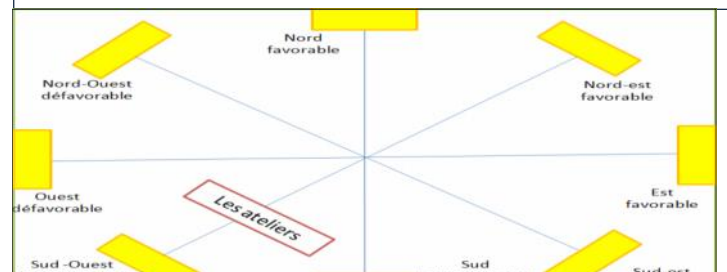


Figure 75: Schéma représente l'orientation et l'emplacement des ateliers de dessin

Source: Auteur

IV.8.2.2 La ventilation naturelle :

IV.8.2.2.1 La ventilation par atrium :

La présence de l'atrium modifie l'organisation de la ventilation du bâtiment. Les mouvements d'air dépendront de la saison et de l'effet recherché.

Créer un mouvement d'air traversant, de l'extérieur vers l'atrium, lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les lieux d'apprentissage.

En été

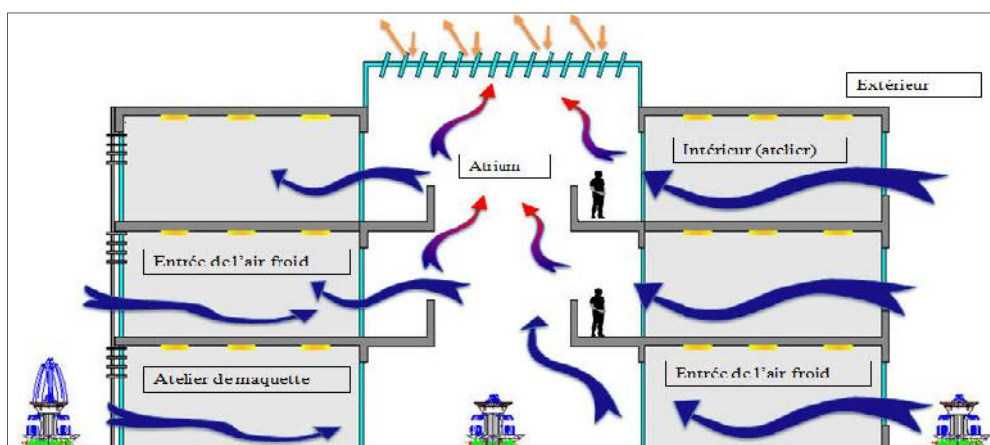


Figure 76: Schéma représente la ventilation par atrium au niveau des ateliers

Source: Auteur

IV.8.2.2 La ventilation transversale :

Il faut ouvrir les fenêtres sur deux façades différentes, dont les pressions exercées ne sont pas les mêmes en fonction du vent, pour que l'air puisse traverser complètement la (ou les) pièce(s).

Cette technique permet un débit important.

En hiver

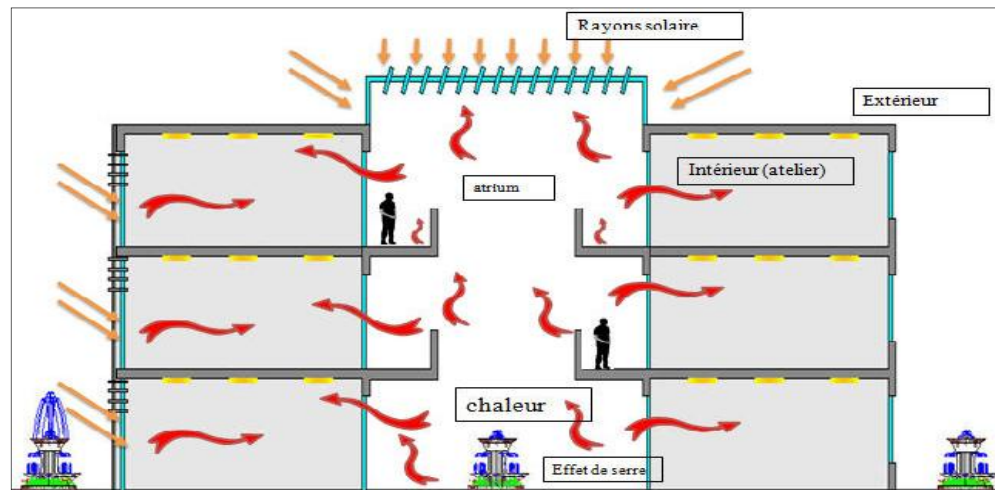


Figure 77:Schéma représente la ventilation par atrium au niveau des ateliers

Source: Auteur

IV.8.2.3 L'utilisation de l'effet de serre:

- Au niveau des atriums et des espaces de circulation, et l'effet de cheminé en été.
- Atrium : Source de lumière indirecte pour Équilibrer l'éclairage intérieur (éclairage bilatérale) minimiser le contraste entre les surfaces intérieures. Les sources de lumière naturelle et l'éclairage bilatéral.
- Atrium joue le rôle de tour à vent, capteur cheminier

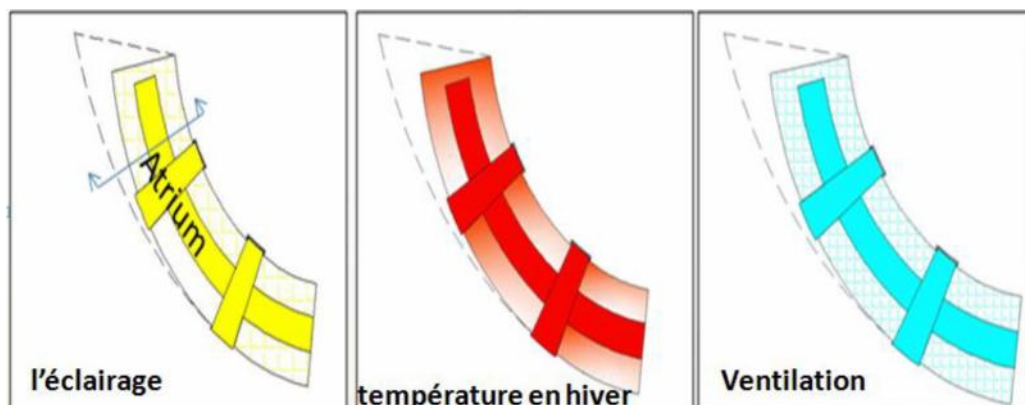


Figure 78:Schéma représente l'éclairage naturel/Température/Ventilation au niveau des ateliers

Source: Auteur

IV.8.2.3 La toiture végétalisée :

La toiture végétalisée consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant, composé de matière organique et volcanique, qui accueille un tapis de plante pré cultivées (sédum, vivaces, graminées ...). S'installant ainsi bien sur une structure en béton, en acier ou en bois, elle offre une surface vivante qui change d'aspect en fonction des saisons et de la floraison des végétaux.

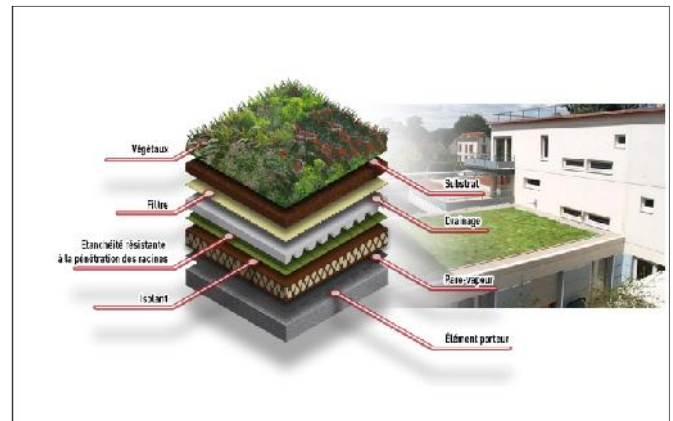


Figure 79: La toiture végétalisée

Source:

www.lorrainemag.com/habitat-et-deco/les-toits-vegetaux-comment-ca-marche/

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de trouver les meilleures techniques pour l'économie et la performance de notre projet, adapté au contexte climatique de la région chaude.

L'étude Analytique consiste à définir le système constructif, les dispositifs environnementaux, les solutions bioclimatiques adaptés sur notre conception architecturale du projet va nous aider à améliorer et assurer toutes types du confort dans les espaces intérieurs comme les ateliers d'architecture et les salles de cours, ainsi que la concordance entre les différents systèmes afin que les détails constructifs trouvent leur justification. Mis à part ses fonctions techniques, la structure à des implications d'ordre architectural sur l'espace bâti, ainsi le choix du système structurel dépendrait du contexte où il s'inscrit et de la forme et de la fonction des espaces.



CHAPITRE 03

SIMULATION NUMERIQUE

I. Introduction

Le confort thermique, dans des espaces d'étude supérieure, constitue une demande reconnue, à laquelle le concepteur doit apporter des solutions durables. Depuis longtemps, l'homme cherche à essayer de tirer parti du climat pour assurer le confort et minimiser la consommation d'énergie.

Dans les zones chaudes et arides comme c'est le cas de la ville de Laghouat. C'est le bâtiment qui doit assurer la fonction du confort à l'utilisateur, la conception du bâtiment doit mettre en œuvre des principes basés sur des solutions durables. Elle doit être adaptée aux besoins saisonniers (chaleur en hiver, fraîcheur en été) et favoriser au maximum l'apport solaire passif et minimiser les déperditions.

Dans cette partie du travail on va essayer de proposer et vérifier des solutions afin de minimiser la consommation d'énergie et assurer un certain seuil de confort thermique dans un atelier de dessin par l'intégration des techniques passives. Ces solutions seront évaluées et vérifiées par des logiciels qui assurent une simulation numérique.

II. Partie pratique : Etude expérimentale de confort thermique d'atelier de dessin

II.1 PRESENTATION DE CAS D'ETUDE :

Choix de l'espace :

Le choix d'étude s'est porté sur un atelier de dessin orienté (sud-ouest), ce dernier est dument justifié par la tâche qui s'y déroule (8h-17h) et son importance dans le projet et pour son activité.

- Surface : 145.5 m²
- Hauteur sous plafond : 3.5m
- Longueur du mur vitré : 15.5 m
- Surface cumulée du mur vitrée : 54.25 m²
- Type d'éclairage : latérale
- Orientation des ouvertures : sud-ouest



Figure 1: Plan de cas d'étude (Atelier de dessin)

Source : Auteur

II.2 Outils de simulation :

II.2.1 Outil d'analyse : Logiciel Energy plus :

L'analyse thermique par simulation se fait dans une perspective d'intégration des paramètres physiques et climatiques au processus de conception des bâtiments, elle permet aussi l'évaluation et le contrôle thermique des projets.

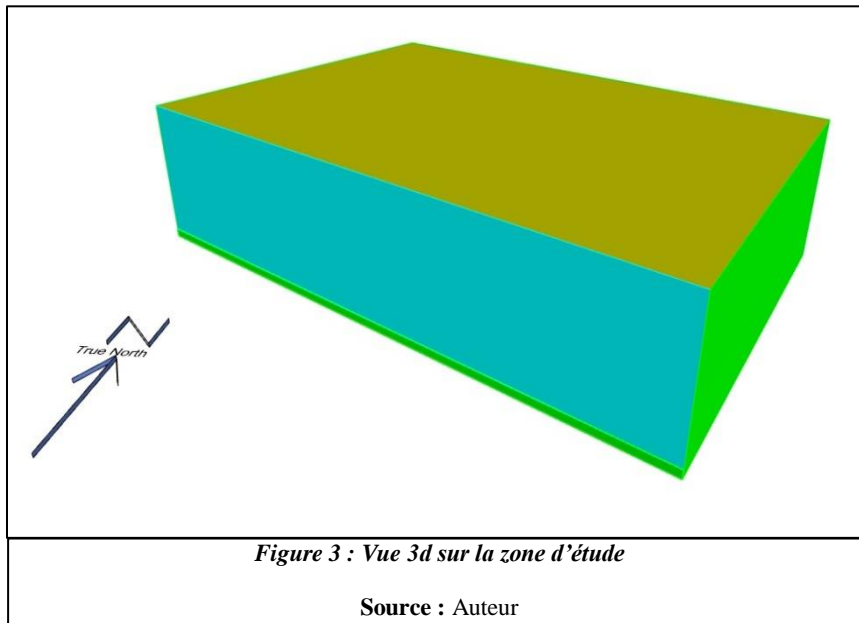
ENERGYPLUS est un programme de simulation thermique et énergétique des bâtiments développé par le DOE (département of Energy, Etats-Unis) permettant de réaliser des études de demande et de consommation énergétique.

La simulation par Energy plus consiste en deux étapes : insertion des données climatiques et les détails de la construction pour obtenir des résultats.



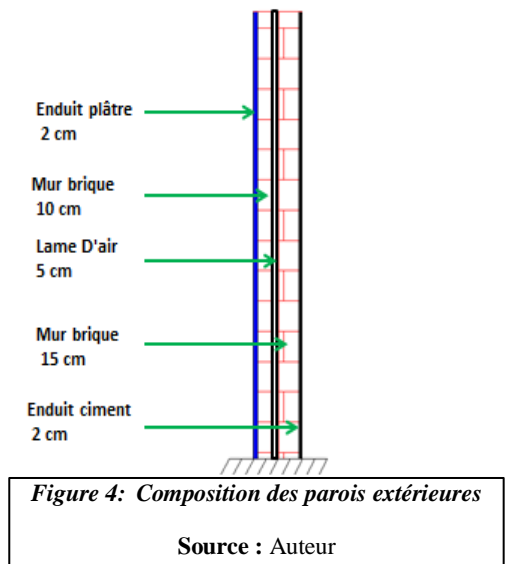
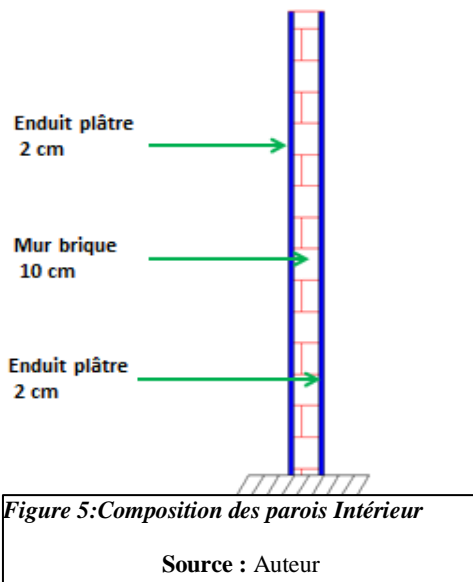
Figure 2: icône du logiciel

Source: google image



II.3 La configuration de l'espace étudié :

- 1/ Utilisation de mur rideau pour le mur extérieur (orienté sud-ouest) avec un vitrage simple de 0.4 cm d'épaisseur
- 2/ La paroi extérieure (nord-ouest) est en double cloison en brique creusé.
- 3/ Utilisation de la brique creuse comme matériaux de construction pour les murs intérieurs.
- 4/ Les portes en bois
- 5/ Les dalles sans isolation.



Propriétés	Chaleur spécifique massique(j/kg.k)	Masse volumique en (kg/m3)	Conductivité thermique
Mur brique 15 cm	940	1200	0.44
Mur brique 10cm	940	1200	0.44
Lame d'air	280	1	0.026
Enduite plâtre 2cm	936	1000	0.35
Enduite ciment	1080	2200	1.4
Corps creux	1000	1800	1.15
carrelage	936	2000	1.2

Tableau 1 : Tableaux de caractéristiques Thermo-physique de matériaux de construction utiliser

Source : document technique règlement aire DT R Algérie

a-Le scénario d'hiver :

Pour le cas d'hiver on a choisi la journée la plus froide de l'année (21 décembre)

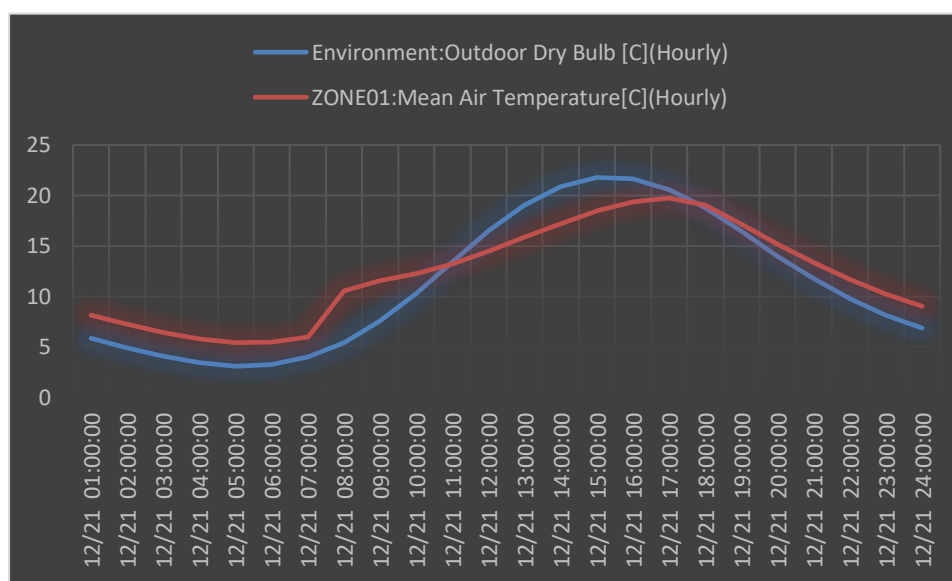


Figure 6:températures intérieures de l'espace étudié, hiver

Source : Auteur

b-Interprétation des résultats :

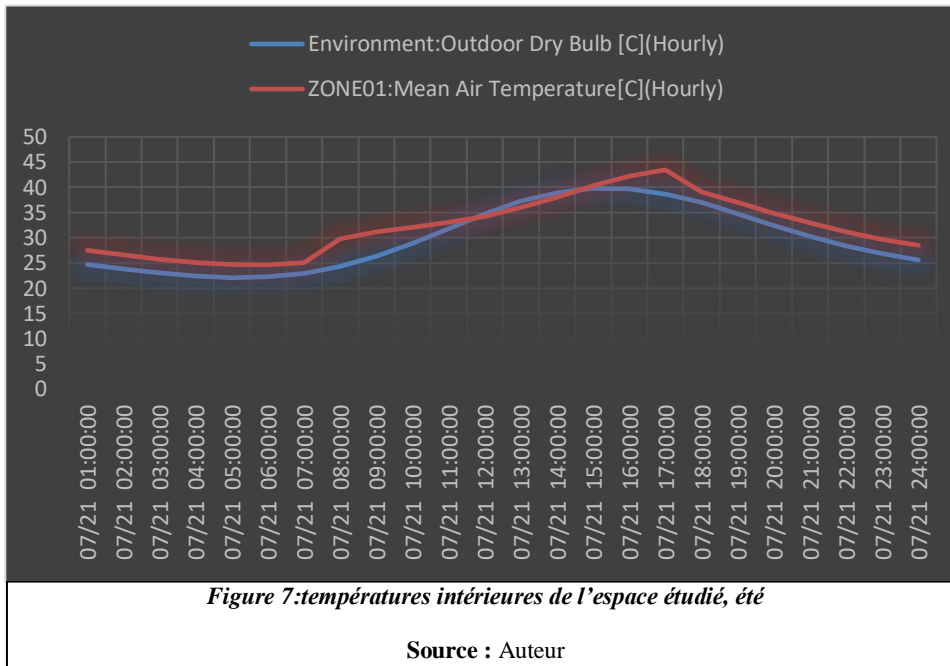
Température externe	Température interne
Entre 3° et 21°.	Entre 05° et 20°.

Notez l'effet rapide de la température externe sur la température interne.

La température interne est inférieure aux normes de confort thermique des ateliers en hiver (18° à 21°) à cause de l'augmentation au niveau des pertes thermiques.

a- Le scénario d'été :

Pour le cas d'été on a choisi la journée la plus chaude de l'année (21 juillet).



b-Interprétation des résultats :

Température externe	Température interne
Entre 22° et 40°.	Entre 24° et 43°.

Notez que la température interne est supérieure à la température externe.

Pendant les heures de travail d'atelier entre 08h00 et 17h00, la différence de température diminue, mais elle reste insuffisante, nous avons donc un problème de température trop élevée.

La température interne dans l'espace étudié est très élevée le jour en raison de l'exposition directe au soleil et aux grandes surfaces vitrées, et dans la nuit en raison du phénomène de déphasage thermique des parois.

II.5 Propositions de corrections et améliorations :

II.5.1 Les solutions proposées sont comme suit

- Réduisez l'exposition directe au soleil en :
- l'intégration du mur vitré avec des motifs en forme d'arcs et des décorations géométriques qui reflète le patrimoine architectural de la région et donne une valeur esthétique à la façade.
- Pose d'un Porte-à-faux qui sert de pare-soleil Il s'étend du sud à l'ouest pour le lieu étudié.

II.5.2 la réduction des pertes de chaleur :

II.5.2.1 Renforcer l' isolation thermique par :

L' isolation de plancher et les **murs** par Polyuréthane d'épaisseur 4.6cm.

La construction des murs en Béton cellulaire d'épaisseur 20cm pour le mur extérieur et 15cm pour les murs intérieurs.

- Utilisation de double vitrage pour les murs extérieurs (mur rideaux).

Enfin, pour évacuer la chaleur interne vers l'extérieur, nous créons une ventilation nocturne.

Propriétés	Chaleur spécifique massique (j/kg.k)	Masse volumique (Kg/m3)	Conductivité thermique (W/m.k)
Polyuréthane	1000	40	0.023
Béton cellulaire	1000	350	0.09

Tableau 2 : Tableaux de caractéristiques Thermo-physique de matériaux de construction utiliser

Source : document technique règlement aire DT R Algérie

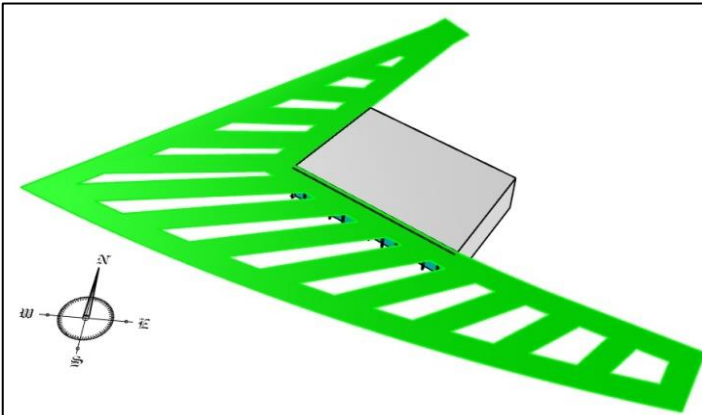


Figure 9: Vue 3d sur la zone d'étude

Source : Auteur

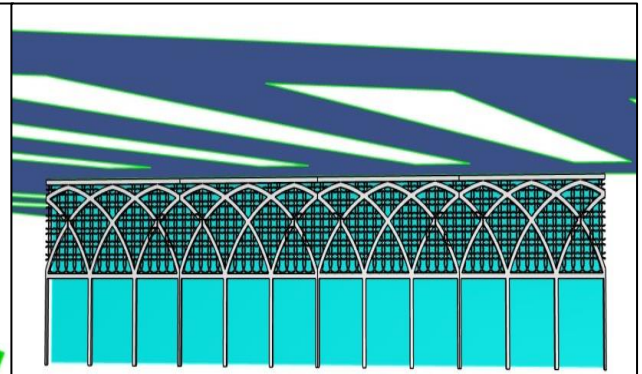


Figure 8: Vue sur la façade de la zone d'étude

Source : Auteur

a- Le scénario d'hiver :

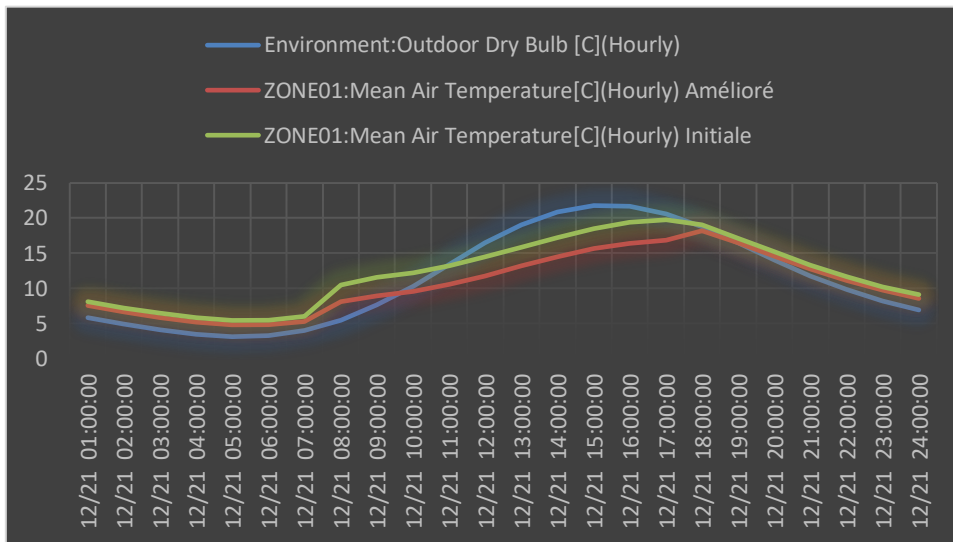


Figure 10: comparaison entre les différents Cas d'hiver

Source : Auteur

b- Comparaison

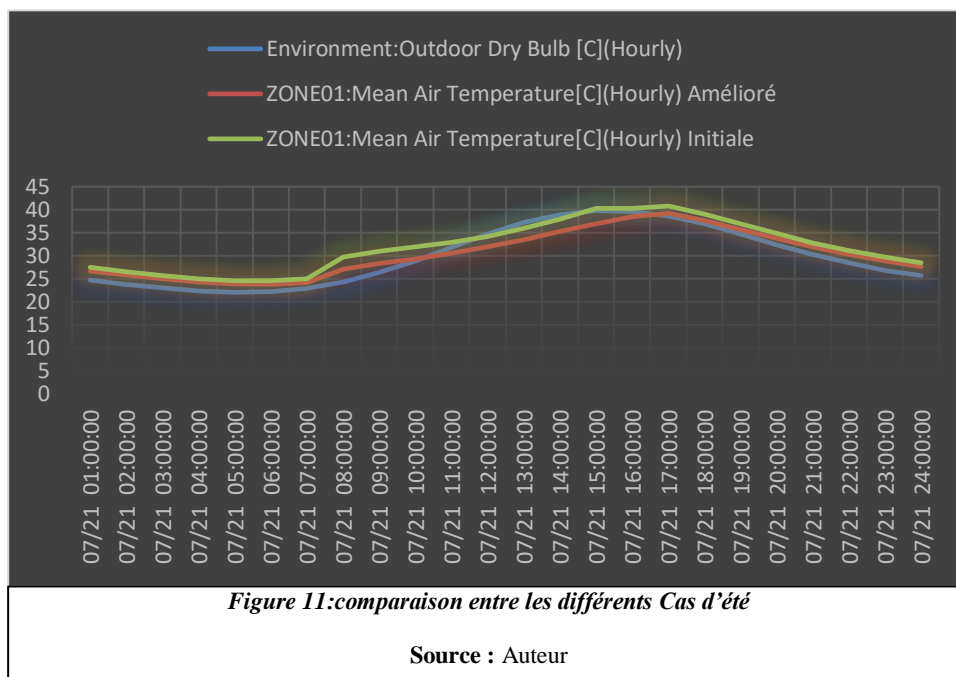
La période d'hiver	
Cas initiale	Cas amélioré
Température interne entre Entre 3° et 21°.	Température interne entre 04° et 16°.

c-Description de résultat :

La basse température est due à réduire l'exposition de l'espace à la lumière du soleil en raison des stores pare-soleil que nous avons installé, en plus de double vitrage qui permet à la lumière d'entrer sans chaleur.

La température interne reste insuffisante Par l'ajout d'un système de chauffage actif le confort de l'hiver sera assuré.

a-Le scénario d'été :



b-Comparaison :

La période d'été	
Cas initiale	Cas amélioré
Température interne entre 24° et 43°.	Température interne entre 23° et 40°.

C-Description de résultat :

La température intérieure de l'espace étudié a diminué 2°C durant les heures du travail, mais elle ne répond toujours pas aux normes de confort thermique.

III. CONCLUSION

Les outils de simulation développés dans le domaine de l'architecture ont permis d'améliorer la recherche et d'identifier les enjeux du bâtiment. Par conséquent, notre utilisation de ces outils nous aide à obtenir des résultats favorables pour les besoins souhaités.

D'après la simulation et l'interprétations des résultats obtenus des deux cas, le cas initial sans isolation, et le cas amélioré avec l'isolation, en été (21 juillet) et en hiver (21 décembre) on a observé qu'il y a une amélioration sur le confort thermique (29°C à 31°C en été et 18°C à 20°C en hiver).

Une amélioration de 2°C (en été) dans plusieurs constructions à Laghouat à un impact économique et permet de réduire la consommation énergétique.



CONCLUSION GENERALE

I. Conclusion générale :

Dans cette étude, nous avons présenté notre projet de recherche en 2014, intitulé la conception d'une école d'architecture bioclimatique à la ville de Laghouat, qui a un climat chaud et sec, dont les commutateurs bioclimatiques ont été adaptés dans la conception de l'école et nous avons pris en compte des contraintes environnementales du bâtiment afin qu'il soit plus économique en termes d'éclairage et de climatisation.

Le but de cette étude c'est l'amélioration de confort thermique dans un atelier de dessin.

En effet, l'ensoleillement, l'humidité...etc. constituent les éléments importants qui constituent la relation entre le climat et le bâtiment dans le but de procurer une sensation de confort à la construction. Lutter contre les déperditions thermiques en hiver et les infiltrations d'air chaud en été est le rôle des matériaux de construction. Le choix des matériaux est primordial, L'isolation thermique et transparente est devenue une nécessité afin de réduire les besoins énergétiques, ce qui permettra d'économiser de l'énergie pour le chauffage en période de froid, le rafraîchissement en période de chaud.

A travers ce travail, nous espérons avoir répondu au moins à quelques exigences et des objectifs préétablis avec des intentions claires et restons ouverts à toute suggestion et réflexion.

- BIBLIOGRAPHIE

ouvrage

- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques 2005, A.DE HERDE, A. LIEBARD. Observatoire des énergies renouvelables, Paris, 2005.
- Neufert 10e édition Les éléments des projets de construction.
- Dictionnaire Encyclopédique Larousse, 1979

Thèse et mémoire :

- MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » MÉMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE/ Université Mouloud
- NEFISSA BELKACEM « Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Souidania –Alger- (Algérie) » THÈSE Présentée pour l'obtention du diplôme de DOCTORAT Université Hassiba Benbouali de Chlef.

Sites internet :

- https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Architecture-ecologique.html?fbclid=IwAR2x8LmXNj_lkIfXc6M4u61DyxjaAdVKSOGZgSiudhcuZOpslODIPT-oeLs
- <https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique>
- <https://www.architecte-batiments.fr/l-architecture-durable-en-pratique>
- IDEM/traité par l'auteur/
- <https://www.climamaison.com/lexique/confort.htm>
- <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html>
- <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/>

-<https://fr.scribd.com/document/382305400/PG028-pdf>

-<https://conseils-thermiques.org>

-<https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1>

-<https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

-<http://docplayer.fr/10837611-Etude-et-evaluation-du-confort-thermique-des-batiments-a-caractere-public.html>

-<http://www.vitragevir.fr>

-<https://www.guardian-possibilities.com>

-<https://www.souchier-boullet.com/prescription/prescription-gestion-energetique/facadebioclimatique-intelligente-fci/>

-<https://architectura.be/fr/actualite/37639/facades-double-peau-choisir-la-bonne-combinaison-de-verre-pour-optimiser-leurs-avantages>

<http://www.nantes.archi.fr>

-Nantes - Ecole 'Arc itecture. [ttp://www.explorations-architecturales.com](http://www.explorations-architecturales.com)

-<https://www.archiprep.com/ensa-nantes-prepa-architecture/>

-www.aasarchitecture.com

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

[www. Laghouat-dz.org](http://www.laghout-dz.org)

www.aasarchitecture.com

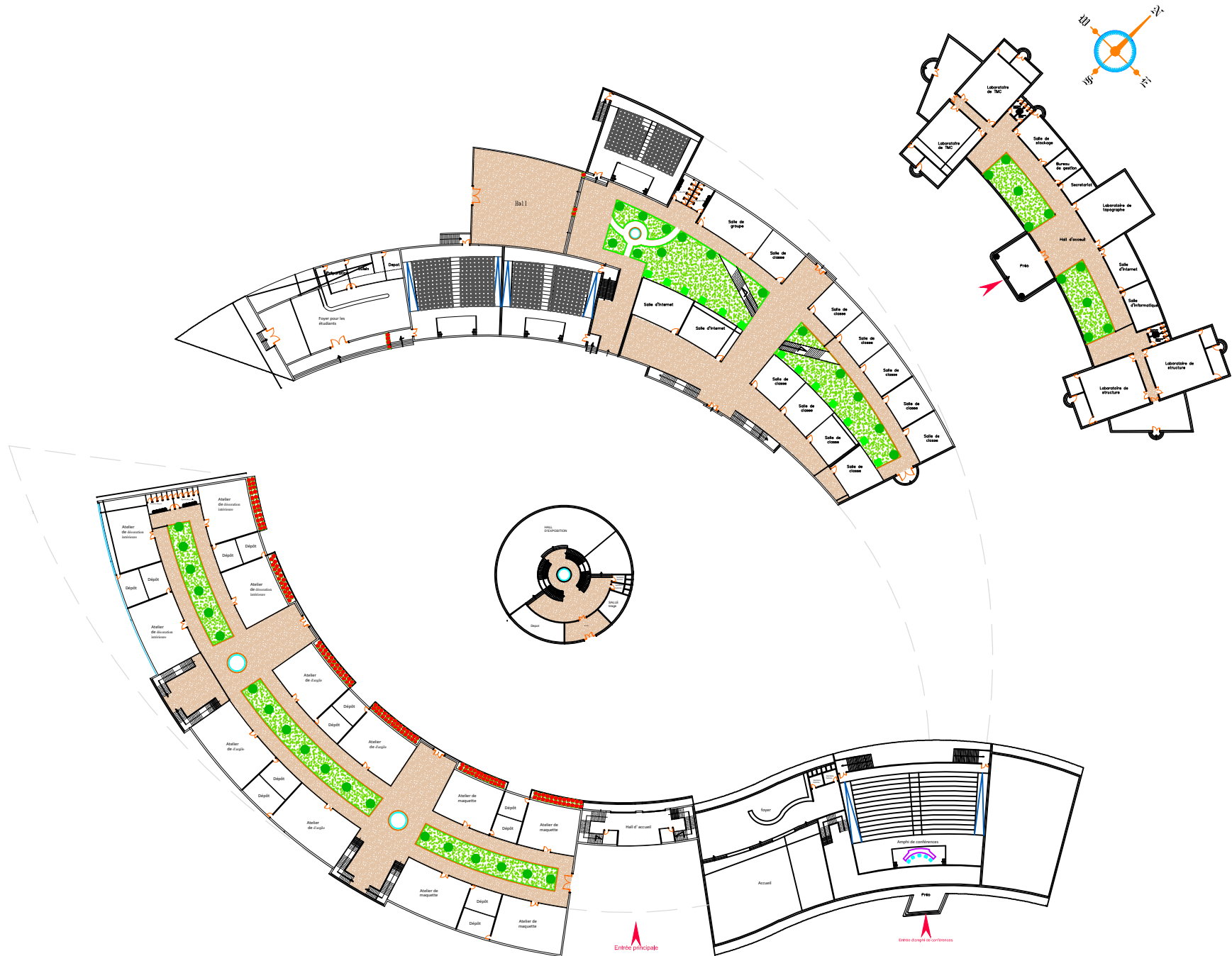


ANNEXES

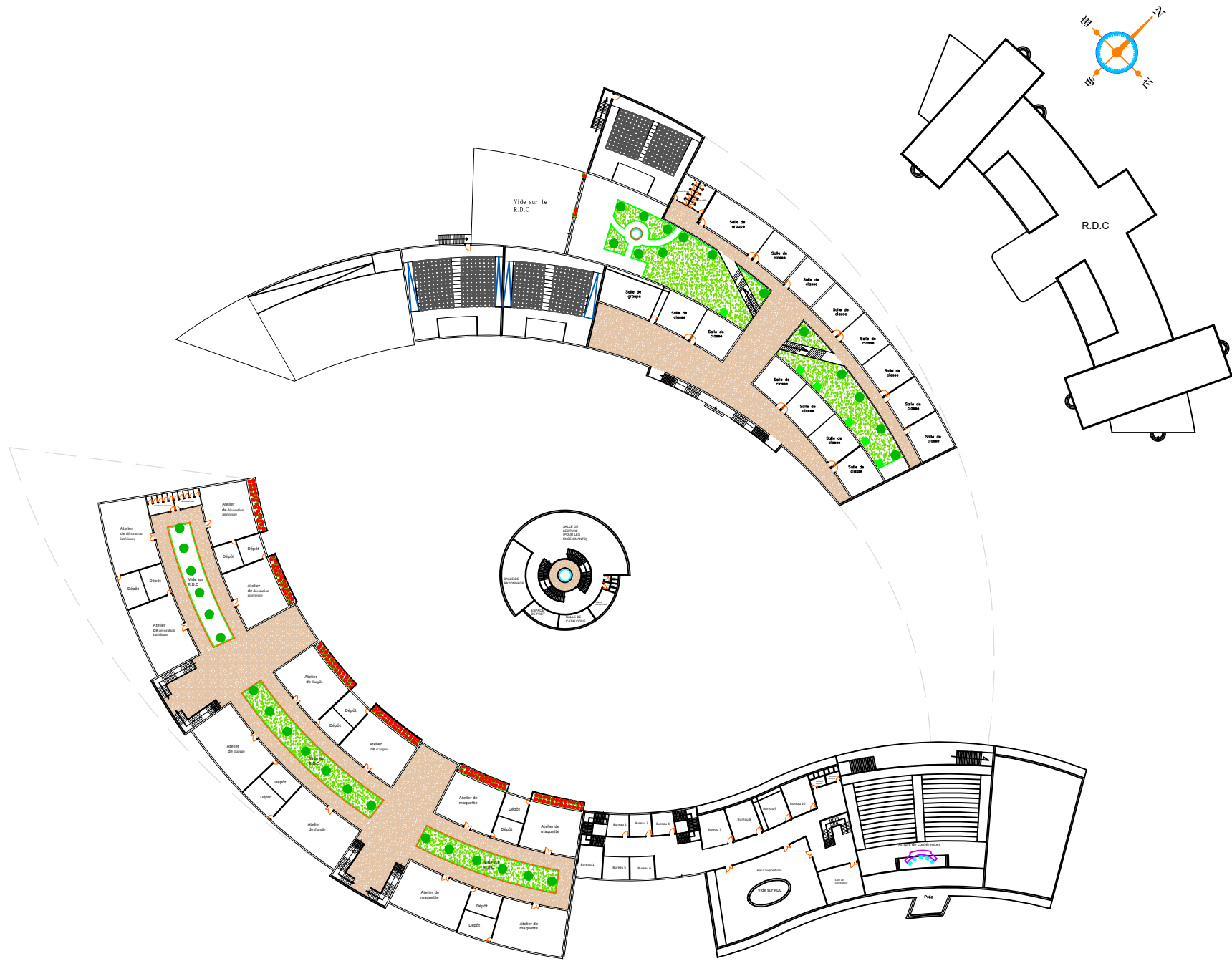


ANNEXE 01

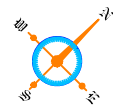
Plans architectural du Projet



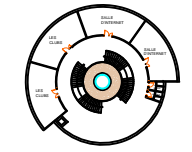
PLAN DE R.D.C



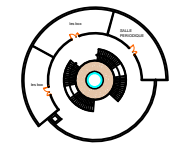
PLAN DE R+1



PLAN DE R+2



PLAN DE BIBLIOTHEQUE R+3



PLAN DE BIBLIOTHEQUE R+4



Figure 1:Vue en plan



Figure 2:Vue 3D(coté sud-ouest)



Figure 3:vue 3D sur la façade principale



Figure 4:vue 3D (coté Nord Est)



Figure 5:vue 3D sur la façade principale



Figure6: vue 3D sur la façade (Sud-ouest)