



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

**Université Amar Thelidji- Laghouat**



**FACULTÉ : Génie civil et d'Architecture**

**DÉPARTEMENT : Architecture**

## **MÉMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

**CHEKNANE Noura**

**DOMAINE : ARCHITECTURE, URBANISME ET METIERS DE LA VILLE**

**FILIERE : ARCHITECTURE**

**OPTION : ARCHITECTURE, ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE**

### **Thème**

**Conception d'une école préparatoire technologique  
durable à Laghouat / 820p**  
*Etude du niveau d'éclairément dans les salles de classe  
orientées nord*

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr. Mustapha KORIBAA	M.A.A	President
Mr. Lakhdar MZAOUKHE	M.A.A	Examineur
Mr. Abderrezzak BENCHEIKH	M.A. A	Rapporteur

*2019-2020*

*Remerciement*

*Mes remerciements vont d'abord au Créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien ma période d'étude. Je tiens aussi à adresser mes remerciements à ma famille, et plus précisément à ma mère qui m'a toujours soutenue et poussée à continuer mes études. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à son soutien.*

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.*

*Je tiens à remercier mon encadreur Monsieur **BENCHEIKH** Abdelrezzak, d'avoir accepté de diriger ce travail, pour sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses qualités humaines, qui m'ont profondément touchée, son soutien, sa clairvoyance et ses compétences m'ont été d'une aide inestimable et de ses précieuses directives tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Mes reconnaissances vont aussi à l'ensemble de l'équipe du département de l'architecture, pour leurs enseignements, leurs conseils et les connaissances qu'ils m'ont permis d'acquérir.*

*Toute ma gratitude s'adresse aussi à Messieurs **MZAOUERH** Lakhdar et **KORIBAA** Mustapha, qui m'ont fait l'honneur d'examiner ce mémoire et de participer à la soutenance de cette thèse.*



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



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE**

**DEPARTEMENT : D'ARCHITECTURE**

---

### **RESUME DE MEMOIRE DE MASTER**

**Domaine** : Architecture, urbanisme et métiers de la ville

**Filière** : Architecture

**Option** : Architecture, Environnement et technologie

**Thème** : Conception d'une école préparatoire technologique durable à Laghouat  
*Etude du niveau d'éclairage dans les salles de classe orientées nord.*

**Présenté par** : CHEKNANE Noura

**Encadré par** : Mr BENCHEIKH Abderrezzak

#### **Résumé :**

La conception d'une école préparatoire technologique dans la ville de Laghouat, caractérisée par son climat chaud et sec, nécessite des précautions appropriées, afin de garantir un environnement confortable pour le bien-être des étudiants et l'exécution des tâches d'enseignement, surtout dans les salles de classe. Le recours à une forme compacte orientée nord/sud et l'utilisation de l'atrium comme élément d'aération et source d'éclairage indirect, constitue une solution efficace pour s'intégrer dans le contexte climatique.

En hiver, l'exploitation de l'atrium pour le chauffage passif par effet de serre afin d'assurer les besoins en chaleur, par contre pendant la période chaude un scénario de ventilation nocturne participe à l'évacuation de la chaleur stagnée dans l'espace.

Concernant les conditions lumineuses, pour les salles de classe orientées nord, un éclairage bilatéral avec des ouvertures longues et étroites, aide à contrôler la qualité de la lumière naturelle. A l'aide de logiciel de simulation « Energy plus » on a approuvé que l'orientation nord ou nord-est avec des longues fenêtres en face des tables de travail permet de garantir un niveau d'éclairage favorable.

**Mots clés** : Ecole préparatoire technologique ; climat chaud et sec ; L'environnement ; la ville de Laghouat ; salle de classe ; orientation nord ; éclairage bilatéral ; niveau d'éclairage.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي - الأغواط

كلية الهندسة المدنية و الهندسة المعمارية  
قسم الهندسة المعمارية

## ملخص مذكرة الماستر

**الميدان:** هندسة معمارية، عمران ومهن المدن.

**الشعبة:** هندسة معمارية.

**التخصص:** هندسة معمارية وبيئة وتكنولوجيا

**عنوان المذكرة:** تصميم مدرسة تحضيرية تكنولوجية مستدامة في مدينة الأغواط

دراسة مستوى الاضاءة في قاعات الدراسة الموجهة شمالا

**تقديم الطالب:** شقنان نورة

**الأستاذ المؤطر:** بن الشيخ عبد الرزاق

**ملخص المذكرة:**

يتطلب تصميم مدرسة تحضيرية، في مناخ الاغواط الحار والجاف، اتخاذ الاحتياطات الخاصة لضمان الراحة حرارية وبصرية لرفاهية المستعملين وأداء المهام المدرسية، خاصة في القاعات الدراسية. اللجوء إلى شكل مدمج موجه شمال جنوب مع استعمال الفناء الداخلي هو حل ناجع للحد من فقدان وانتقال الحرارة. خلال فصل الشتاء، استغلال الاتريوم الموجه جنوبا لإنتاج الاحتياجات الحرارية، بالمقابل خلال الفترة الساخنة، اتباع سيناريو التهوية الليلية يَمَكِّن من صرف الحرارة المحتبسة داخل المجال. فيما يتعلق بظروف الإضاءة، فإنّ الإضاءة من جهتين بنوافذ ضيقة ومرتفعة تمكن من التحكم في نوعية الإضاءة والحد من دخول أشعة الشمس غير المرغوب فيها. استعمال المحاكاة ببرنامج Energie plus بالنسبة للجانب البصري تمكن من تأكيد نجاعة الحلول المتبعة.

**الكلمات المفتاحية:** مدرسة تحضيرية تكنولوجية؛ مناخ حار وجاف؛ البيئة؛ مدينة الأغواط؛ التوجيه

شمالا؛ قاعة القسم؛ الإضاءة بوجهتين؛ مستوى الاضاءة.



## **Faculty of Civil Engineering and Architecture**

### **Architecture Department**

---

#### **ABSTRACT OF MASTER MEMORY**

**Domine:** Architecture, Urban and professions of city.

**Career:** Architecture

**Option:** Architecture, Environment and Technology

**Theme:** Design of a sustainable technology preparatory school in Laghouat

Study of the lighting level in the classrooms

**Submitted by:** CHEKNANE Noura

**Supervised by:** Mr. BENCHEIKH Abderrezzak

#### **Abstract:**

The design of a technological preparatory school in the city of Laghouat, characterized by its hot and dry climate, requires appropriate precautions, in order to guarantee a comfortable environment for the well-being of students and the execution of teaching tasks, especially in classrooms. The use of a compact north/south-facing form and the use of the atrium as an aeration element and source of indirect lighting is an effective solution for integrating into the climate context. In the winter, the use of the atrium for passive greenhouse heating to ensure heat needs, while in the warm season a night ventilation scenario helps to evacuate stagnant heat into space.

Regarding the light conditions, for the north-facing classrooms, bilateral lighting with long and narrow openings helps to control the quality of natural light. With the help of "Energy plus" simulation software, it has been approved that the north or north-east orientation with long windows in front of the working tables ensures a favorable level of lighting.

**Keywords:** Technological preparatory school; hot and dry climate; The environment; the city of Laghouat; classroom; North orientation; bilateral lighting; lighting level.

## Table des matières :

Remerciement.....	I
Résumé .....	II
ملخص .....	III
Abstract.....	IV
Table des matières.....	V
Liste des figures.....	XIV
Liste des tableaux.....	XXII
Introduction générale.....	01
Problématique.....	02
Hypothèses.....	03
Objectifs.....	03
Méthodologie.....	04
<b>Chapitre I : Etude thématique</b>	
1- Définition des concepts liés à l'environnement.....	05
1-1- L'environnement.....	05
1-2- Architecture durable.....	05
1-3- Construction durable.....	06
1-4- Haute qualité environnementale.....	06
1-5- Climat aride.....	06
1-5-1-Les Principes de base de conception durable dans une zone chaude et aride...	06
a- L'implantation.....	07
b- Orientation.....	07
c- La Forme et le volume.....	07
➤ Toit.....	08
➤ Sol.....	08
➤ Espaces externes.....	08
➤ Les couleurs utilisées.....	08
D- Choix de matériaux.....	08
➤ L'isolation.....	08
➤ Le confort.....	09
2- Définition des concepts liés au thème.....	09

2-1- Enseignements supérieurs.....	09
2-2- Ecole supérieur.....	09
2-3-La salle de classe.....	10
➤ Les exigences de la salle de classe.....	10
• Orientation.....	10
• Exigences structurelle.....	10
• Exigences de sécurité.....	10
➤ L'aménagement de salle de classe.....	10
• Les dispositions spatiales des tables dans une salle de classe.....	11

## **Analyse des exemples :**

<b>I-1- Exemple 01: École d'architecture de Strasbourg</b>	12
I-1-1- Critère de choix.....	12
I-1-2- La fiche technique.....	12
I-1-3- Situation.....	12
I-1-4- Accessibilité.....	13
I-1-5- Plan de masse.....	13
I-1-6- La forme (volumétrie) .....	14
I-1-7- l'intégration du projet.....	14
I-1-8- Les plans.....	15
I-1-9- l'organigramme fonctionnel.....	17
I-1-10- Le Programme.....	18
I-1-11- Les Façades.....	18
I-1-12- Les Techniques.....	19
a- La Structure.....	19
b- l'éclairage.....	19
<b>I-2- Exemple 02 : Université Morgan state.</b>	20
I-2-1- Critère de choix.....	20
I-2-2- La fiche technique.....	20
I-1-3- Le programme contient.....	20
I-1-4- Situation.....	20
I-1-5- Accessibilité.....	20
I-1-6- Plan de masse.....	21
I-1-7- La forme (volumétrie) .....	21

I-1-8- Les plans.....	21
I-1-9- Le programme.....	23
I-1-10- Les façades.....	23
I-1-11- Les techniques.....	24
<b>I-3- Exemple 03: Université de Pau et des Pays de l'Adour</b>	<b>25</b>
I-3-1- Critère de choix.....	25
I-3-2- La fiche technique.....	25
I-3-3- Situation.....	25
I-3-4- Accessibilité.....	26
I-3-5- Plan de masse.....	26
I-3-6- La forme (volumétrie) .....	26
I-3-7- Les plans.....	27
I-3-8- l'organigramme fonctionnel.....	28
I-3-9- Le Programme.....	29
I-3-10- Les Façades.....	29
I-3-11- Les Techniques.....	30
<b>I-4- Exemple 04: Swenson Civil Engineering Building</b>	<b>30</b>
I-4-1- Critère de choix.....	30
I-4-2- La Fiche technique.....	31
I-4-3- Situation.....	31
I-4-4- Accessibilité.....	31
I-4-5- Plan de masse.....	32
I-4-6- La forme (volumétrie) .....	32
I-4-7- Les plans.....	33
I-1-8- l'organigramme fonctionnel.....	33
I-4-9- Le Programme.....	34
I-4-10- Les Façades.....	34
a- Matériaux de construction.....	35
I-4-11- Les Techniques.....	36
<b>Synthèse</b> .....	<b>37</b>
A. Situation et accessibilité.....	37
B. Plan de masse.....	37
C. Volume et façades.....	38

D. Conception intérieure.....	38
-------------------------------	----

## **Chapitre II : Etude contextuelle**

<b>Introduction.....</b>	<b>39</b>
<b>I- Échelle territoriale.....</b>	<b>39</b>
I-1- Situation de Laghouat.....	39
I-2– Accessibilité de Laghouat.....	39
A- Les voies.....	39
B- Gare ferroviaire.....	40
C- Aéroport.....	40
I-3 - Présentation climatique de ville de Laghouat.....	40
I-3-1- Le climat lumineux de Laghouat.....	40
I-3-2- La température.....	41
A- Le diagramme de Givoni.....	42
I-3-3- l'humidité.....	42
I-3-4- La précipitation.....	42
I-3-5- Les vents.....	43
<b>II- Échelle urbaine.....</b>	<b>44</b>
II-1- Evolution urbaine de la ville de Laghouat.....	44
II-2- Etablissements d'enseignement supérieur et le système routier.....	44
II-3- La typologie architecturale de la ville de Laghouat.....	45
II-3-1- Le style architectural de Laghouat.....	45
<b>III- Échelle locale.....</b>	<b>45</b>
III-1 Choix de site.....	45
III-1-1- Critères de choix.....	45
III-2- Situation du site par rapport à la ville.....	46
III-3- L'accessibilité.....	46
III-4- Les flux.....	46
III-5- Le voisinage.....	47
III-6- Les limite.....	47
III-7- La forme de l'assiette.....	48
III-8- Typologie et climatologie du terrain d'intervention.....	48
III-8-1- Topographie de terrain.....	48
a- Coupe topographique.....	48

b- Les vents.....	49
c- L'ensoleillement.....	49
<b>Synthèse.....</b>	<b>50</b>

### **Chapitre III : Etude programmatique**

<b>Introduction.....</b>	
1- Programmation qualitatif.....	52
2- Programmation quantitatif.....	57

### **Chapitre IV : Conception architecturale**

<b>1- Introduction.....</b>	<b>59</b>
<b>2- Démarche conceptuelle.....</b>	<b>59</b>
<b>3- Genèse de projet.....</b>	<b>60</b>
3-1- état de lieu.....	60
3-2- choix des accès.....	60
3-3- Implantation (mode d'occupation) .....	61
3-4- parcours mécanique et parking.....	61
3-5- zoning.....	62
3-6- sou zoning.....	62
3-7- aspect environnemental.....	63
3-8- zoning extérieur.....	64
3-9- les parcours extérieurs.....	65
3-10- sou zoning extérieur.....	66
3-10-1- espace vert.....	67
a- Au niveau de la clôture.....	67
b- Au niveau des espaces de repos et d'exposition.....	67
3-10-2- l'eau.....	67
3-10-3- mobilier.....	67
3-10-4- pavage et traitement de sol.....	68
3-11- Distribution et organisation intérieures.....	68
3-11-1- les amphis.....	68
3-11-2- les laboratoires.....	68
3-11-3- salle d'informatique.....	68
3-11-4- foyer.....	68
3-11-5- les salles de classe.....	68

3-11-6- administration.....	68
3-11-7- les bureaux des enseignants.....	68
3-12- orientation, chauffage, éclairage et aération.....	70
3-12-1- éclairage naturelle.....	73
3-12-2- chauffage.....	73
3-12-3- ventilation et rafraichissement.....	73

## **Chapitre V : Etude technique**

<b>Introduction.....</b>	<b>75</b>
<b>1- Système constructif.....</b>	<b>75</b>
<b>2- L'infrastructure.....</b>	<b>75</b>
2-1- les fondations.....	75
<b>3- La superstructure.....</b>	<b>76</b>
3-1- le système constructif utilisé.....	76
3-2- éléments de structure.....	76
a- Les poteaux.....	76
b- Les poutres.....	76
c- Planchers.....	76
d- Les joints.....	77
<b>4- Les matériaux de construction.....</b>	<b>77</b>
4-1- les murs.....	78
a- Mur Extérieur et mur intérieur.....	78
b- Mur végétaux.....	78
c- Mur rideaux (vitrage) .....	78
4-2- le vitrage.....	78
4-3- cellule photovoltaïque translucide.....	79
4-4- panneaux photo voltaïques.....	80
4-5- protection solaire.....	80
a- Les éléments de protection solaire.....	80
<b>5- L'éclairage à l'énergie solaire.....</b>	<b>81</b>
<b>6- Les couleurs.....</b>	<b>82</b>
6-1- mur supportant tableau.....	82
<b>7- Façade double peau ventilé.....</b>	<b>82</b>
<b>8- L'éclairage artificiel.....</b>	<b>82</b>

8-1- l'éclairage direct.....	82
8-2- l'éclairage indirect.....	83
<b>9- Système de Fixation de l'atrium.....</b>	<b>83</b>
<b>10- Les différents types de revêtements.....</b>	<b>83</b>
<b>Synthèse.....</b>	<b>84</b>

## **Chapitre VI : Simulation numérique**

<b>1- Introduction.....</b>	<b>85</b>
<b>2- Problématique.....</b>	<b>85</b>
2-1- Hypothèse.....	86
<b>3- Objectifs.....</b>	<b>86</b>
<b>4- Méthodologie.....</b>	<b>87</b>
<b>I-1- L'éclairage naturel.....</b>	<b>87</b>
1-1- Eclairage naturel.....	87
1-1-1- Eclairage latéral.....	87
Type d'éclairage latéral.....	87
a- Eclairage unilatéral.....	87
b- Eclairage bilatéral.....	87
1-2- Les paramètres d'influencer au l'éclairage naturel.....	88
a- Allège.....	88
b- Linteau.....	88
c- Position de l'ouverture.....	88
d- Forme de l'ouverture.....	88
<b>I-2- Confort visuel.....</b>	<b>89</b>
2-1- définition.....	89
<b>I-3- Le confort visuel dans les salles de classes.....</b>	<b>90</b>
Les paramètres du confort visuel dans les salles de classe.....	90
3-1- niveau d'éclairement.....	91
3-2- facteur humain.....	91
3-3- facteur d'ambiance.....	92
a- Couleur des parois internes.....	92
b- Couleur des plans internes.....	92
c- La répartition de la lumière.....	92
3-4- éclairage général.....	93

3-5- éclairage des tableaux.....	93
3-6- uniformité de l'éclairage.....	94
3-7- les ombres gênantes.....	94
3-8- éblouissement.....	94
Types d'éblouissement.....	96
a- éblouissement perturbateur ou gênant.....	96
b- L'éblouissement aveuglant.....	96
<b>I-4- Tâches visuelles dans les salles de classe.....</b>	<b>96</b>
<b>I-5- Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle.....</b>	<b>97</b>
5-1- Type des systèmes de modélisation.....	97
<b>I-6- Normes des salles de classe.....</b>	<b>97</b>
6-1- Besoin de surface d'une salle de classe.....	98
<b>II-1- Salle de classe étudiée.....</b>	<b>99</b>
<b>1-1- Position en plan.....</b>	<b>99</b>
<b>1-2- Première position.....</b>	<b>101</b>
<b>1-3- Outil d'analyse.....</b>	<b>102</b>
<b>1-4- Présentation de logiciel de simulation.....</b>	<b>102</b>
<b>1-5- Résultats.....</b>	<b>103</b>
5-1- le premier cas dimensions 0,8 et 2.....	103
5-2- deuxième cas dimensions 0,6 et 2,6.....	106
5-3- troisième cas bilatéral dimensions 0,6 et 2,6/0,6 et 1,6.....	109
5-4- quatrième cas l'utilisation de light shelves.....	111
5-5- augmentation de la hauteur des fenêtres 2,8.....	113
5-6- La réorienter la salle de classe vers le nord-est.....	114
Conclusion.....	119
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>120</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>122</b>

## Annexe 01

<b>1- Parmi les plantes qui vivent dans la commune de Laghouat.....</b>	<b>124</b>
a- Les arbres.....	124
b- Les arbustes.....	125

## Annexe 02

<b>Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle.....</b>	<b>126</b>
--	------------

1. Les stores réfléchissants (les persiennes).....	126
2. Système light shelf.....	127
a- Les light shelves type Combine.....	128
3. Les vitrages spéciaux	129
a. Les vitrages directionnels :	129
b. Les vitrages prismatiques :	129

### **Annexe 03**

### **Annexe 04**

Utilisation de logiciel énergie plus.....	172
1- L'application des données astronomique et géographique.....	172
2- Insertion des surfaces.....	172
3- Insertion des subsurfaces.....	173
4- Insertion de la trame daylighting.....	173
5- Résultat.....	174
6- Modelage 3d.....	174

## Liste des figures :

### Etude thématique

<b>Figure I-1:</b> Schéma de l'intersection entre environnement, bâtiment et occupants selon la définition de lexilogos.....	05
<b>Figure I-2 :</b> schéma représente l'implantation d'un bâtiment.....	07
<b>Figure I-3 :</b> schéma de l'orientation optimal d'un bâtiment.....	07
<b>Figure I-4 :</b> dessin présente la différence de déperdition dans deux formes différentes.....	07
<b>Figure I-5 :</b> Flux d'air dans toit en dôme avec ouverture au sommet.....	08
<b>Figure I-6 :</b> schéma présente la ventilation entre « le toit – plafond » et le reflet des rayons du soleil.....	08
<b>Figure I-7 :</b> Maison isolée.....	08
<b>Figure I-8 :</b> photo de l'École d'architecture de Strasbourg.....	12
<b>Figure I-9 :</b> photo satellite de la situation de l'École d'architecture de Strasbourg.....	12
<b>Figure I-10 :</b> photo satellite de la situation et le voisinage de l'École d'architecture de Strasbourg.....	13
<b>Figure I-11 :</b> Schéma du plan de masse de l'École d'architecture de Strasbourg.....	13
<b>Figure I-12 :</b> photo synthèse de la volumétrie de l'École d'architecture de Strasbourg.....	14
<b>Figure I-13 :</b> photo de l'intégration de l'École d'architecture de Strasbourg.....	14
<b>Figure I-14 :</b> Plan de sous sol de l'École d'architecture de Strasbourg.....	15
<b>Figure I-15 :</b> Plan de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg.....	15
<b>Figure I-16 :</b> Plan de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-17 :</b> Plan de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-18 :</b> Plan de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-19 :</b> Plan de R+4 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-20 :</b> Plan de R+5 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-21 :</b> Plan de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	16
<b>Figure I-22 :</b> organigramme de sous sol de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17
<b>Figure I-23 :</b> organigramme de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17
<b>Figure I-24 :</b> organigramme de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17
<b>Figure I-25 :</b> organigramme de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17
<b>Figure I-26 :</b> organigramme de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17
<b>Figure I-27 :</b> organigramme de R+4 de l'École d'architecture de Strasbourg.....	17

<b>Figure I-28</b> : organigramme de R+5de l'École d'architecture de Strasbourg	17
<b>Figure I-29</b> : organigramme de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg	17
<b>Figure I-30</b> : Façade de l'École d'architecture de Strasbourg	18
<b>Figure I-31</b> : Façade de l'École d'architecture de Strasbourg	18
<b>Figure I-32</b> : Façade de l'École d'architecture de Strasbourg	18
<b>Figure I-33</b> : Façade de l'École d'architecture de Strasbourg	19
<b>Figure I-34</b> : Façade de l'École d'architecture de Strasbourg	19
<b>Figure I-35</b> : La Structure de l'École d'architecture de Strasbourg	19
<b>Figure I-36</b> : La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg	19
<b>Figure I-37</b> : La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg	19
<b>Figure I-38</b> : Université Morgan state	20
<b>Figure I-39</b> : plan de situation de l'Université Morgan state	20
<b>Figure I-40</b> : plan de situation de l'Université Morgan state	20
<b>Figure I-41</b> : plan de situation de l'Université Morgan state	21
<b>Figure I-42</b> : la volumétrie de l'Université Morgan state	21
<b>Figure I-43</b> : plan de réez de chaussé de l'Université Morgan state	21
<b>Figure I-44</b> : Titre : Hiérarchie des espaces au niveau de réez de chaussé.	22
<b>Figure I-45</b> : plan de R+1 de l'Université Morgan state	22
<b>Figure I-46</b> : plan de R+2 de l'Université Morgan state	22
<b>Figure I-47</b> : façade de l'Université Morgan state	23
<b>Figure I-48</b> : façade de l'Université Morgan state	23
<b>Figure I-49</b> : l'atrium de l'Université Morgan state	24
<b>Figure I-50</b> : les techniques de l'Université Morgan state	24
<b>Figure I-51</b> : photo de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	25
<b>Figure I-52</b> : photo satellite de la situation de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	25
<b>Figure I-53</b> : photo satellite de la situation et le voisinage de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	26
<b>Figure I-54</b> : Schéma du plan de masse de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	26
<b>Figure I-55</b> : photo synthèse de la volumétrie de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	26
<b>Figure I-56</b> : Plan de réez de chaussé de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	27
<b>Figure I-57</b> : Plan de R+1 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	27
<b>Figure I-58</b> : Plan de R+2 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour	28

<b>Figure I-59</b> : organigramme de réez de chaussé de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.....	28
<b>Figure I-60</b> : organigramme de R+1 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.....	28
<b>Figure I-61</b> : organigramme de R+2 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.....	28
<b>Figure I-62</b> : Photo des espaces intérieurs de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.....	29
<b>Figure I-63</b> : Façade de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.....	29
<b>Figure I-64</b> : brise de soleil de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour...	30
<b>Figure I-65</b> : photo de Swenson Civil Engineering Building.....	31
<b>Figure I-66</b> : photo satellite de la situation de Swenson Civil Engineering Building.....	31
<b>Figure I-67</b> : photo satellite d'accessibilité de Swenson Civil Engineering Building.....	31
<b>Figure I-68</b> : Schema du plan de masse de Swenson Civil Engineering Building.....	32
<b>Figure I-69</b> : photo synthèse de la volumétrie de Swenson Civil Engineering Building.....	32
<b>Figure I-70</b> : Plan de RDC de Swenson Civil Engineering Building.....	33
<b>Figure I-71</b> : Plan de R+1 de Swenson Civil Engineering Building.....	33
<b>Figure I-72</b> : Photo des espaces intérieurs de l'Université de Swenson Civil Engineering Building.....	33
<b>Figure I-73</b> : organigramme spatial élaboré selon les plans.....	33
<b>Figure I-74</b> : Les façades de l'Université de Swenson Civil Engineering Building.....	34
<b>Figure I-75</b> : vues extérieures de l'Université de Swenson Civil Engineering Building.....	35
<b>Figure I-76</b> : les matériaux de construction de l'Université de Swenson Civil Engineering Building.....	36
<b>Figure I-77</b> : système de récupération de l'Université de Swenson Civil Engineering Building.....	36

### **Etude contextuelle**

<b>Figure II - 1</b> : carte de la ville de Laghouat.....	39
<b>Figure II - 2</b> : aéroport de la ville de Laghouat.....	40
<b>Figure II - 3</b> : Zonage climatique de Laghouat.....	40
<b>Figure II - 4</b> : fréquence des cieux ensoleillés, 2014.....	40
<b>Figure II - 5</b> : Longueur du jour centre météo de Laghouat.....	41
<b>Figure II - 6</b> : centre météo de Laghouat (période 2004-2013).....	41
<b>Figure II - 7</b> : Diagramme de Givoni de Laghouat.....	41
<b>Figure II - 8</b> : Graphe de l'humidité. Annuelle 2015.....	42
<b>Figure II - 9</b> : graphe des précipitations.....	43

<b>Figure II – 10</b> : moyens de vent de la ville de Laghouat 2015.....	43
<b>Figure II – 11</b> : Rose des vents.....	43
<b>Figure II – 12</b> : Les différentes phases de développement urbain de la ville.	44
<b>Figure II – 13</b> : activités d'enseignement supérieur dans la ville.....	44
<b>Figure II – 14</b> : Les éléments architectoniques de Laghouat.....	45
<b>Figure II – 15</b> : la localisation du site d'intervention par rapport à la ville.....	46
<b>Figure II –16</b> : l'accessibilité du site d'intervention.....	46
<b>Figure II – 17</b> : les flux du site d'intervention.....	46
<b>Figure II – 18</b> : le voisinage du site d'intervention.....	47
<b>Figure II – 19</b> : les limites du site d'intervention.....	47
<b>Figure II – 20</b> : la forme de l'assiette.....	48
<b>Figure II – 21</b> : topographie du terrain.....	48
<b>Figure II – 22</b> : vents dominants.....	49
<b>Figure II – 23</b> : l'assiette de l'implantation du projet avec le trajet solaire d'été et d'hiver.....	49

### **Conception architecturale**

<b>Figure IV – 1</b> : démarche conceptuelle.....	59
<b>Figure IV – 2</b> : état de lieu.....	60
<b>Figure IV – 3</b> : choix des accès.....	60
<b>Figure IV – 4</b> : mode d'occupation.....	61
<b>Figure IV – 5</b> : parcours mécanique et parking.....	61
<b>Figure IV – 6</b> : zoning.....	62
<b>Figure IV – 7</b> : sous zoning.....	63
<b>Figure IV – 8</b> : aspect environnemental.....	64
<b>Figure IV – 9</b> : zoning extérieur.....	65
<b>Figure IV – 10</b> : les parcours extérieur.....	66
<b>Figure IV – 11</b> : sous zoning extérieur.....	66
<b>Figure IV – 12</b> : distribution et organisation intérieur.....	69
<b>Figure IV – 13</b> : orientation.....	70
<b>Figure IV – 14</b> : éclairage.....	71
<b>Figure IV – 15</b> : chauffage et aération.....	72
<b>Figure IV – 16</b> : les façades.....	74

## Etude technique

<b>Figure V-1</b> : semelle isolée.....	75
<b>Figure V-2</b> : Dalle corps creux.....	76
<b>Figure V-3</b> : Dalle.....	76
<b>Figure V-4</b> : couvre joint.....	77
<b>Figure V-5</b> : Principe technologique du vitrage «Électro chrome Sage Glass» (Quantum Glass) .....	78
<b>Figure V-6</b> : principe de fonctionnement des Cellules photos voltaïques translucides.....	79
<b>Figure V-7</b> : protection solaire avec végétation et percolas.....	80
<b>Figure V-8</b> : les éléments de protection solaire.....	81
<b>Figure V-9</b> : éclairage à énergie solaire.....	81
<b>Figure V-10</b> : façade double peau ventilée.....	82
<b>Figure V-11</b> : lampe led carré.....	82
<b>Figure V-12</b> : Lampes à économie d'énergie.....	82
<b>Figure V-13</b> : Image de lumière indirecte.....	83
<b>Figure V-14</b> : fixation de l'atrium.....	83

## Simulation numérique

<b>Figure VI-1</b> : Allège et le Linteau et son rôle sur l'éclairage. ....	88
<b>Figure VI-2</b> : Disposition des ouvertures.....	88
<b>Figure VI-3</b> : Forme des ouvertures. ....	88
<b>Figure VI-4</b> : la stratégie de l'éclairage.....	89
<b>Figure VI-5</b> : Schéma le confort visuel dans un espace architecturale.....	90
<b>Figure VI-6</b> : Les paramètres de confort visuel.....	90
<b>Figure VI-7</b> : Niveau d'éclairement de Référence adapté à l'activité prévue. ....	91
<b>Figure VI-8</b> : Les facteurs de réflexion des surfaces internes.....	93
<b>Figure VI-9</b> : Ombre dû à l'éclairage latéral.....	94
<b>Figure VI-10</b> : source lumineuse de haute luminance.....	95
<b>Figure VI-11</b> : Eblouissement de voile.....	95
<b>Figure VI-12</b> : Meilleur position des luminaires.....	95
<b>Figure VI-13</b> : Angle d'éblouissement.....	95
<b>Figure VI-14</b> : paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle. ....	96
<b>Figure VI-15</b> : Les réglementations et les recommandations de conception des écoles en Algérie.....	98
<b>Figure VI-16</b> : position de la salle de classe en plan.....	100

<b>Figure VI-17</b> : dimensions de la salle de classe latérale.....	101
<b>Figure VI-18</b> : dimensions de la salle de classe bilatérale.....	101
<b>Figure VI-19</b> : coupe de la salle de classe.....	102
<b>Figure VI-20</b> : position de la fenêtre par rapport la table.....	106
<b>Figure VI-21</b> : position des lightshelves par rapport la fenêtre.....	111

### **Annexe 01**

<b>Figure 1-1</b> : Arbres dans les zones arides	124
<b>Figure 1-2</b> : arbustes dans les zones arides	124

### **Annexe 02**

<b>Figure 2-1</b> : Les stores réfléchissants.	126
<b>Figure 2-2</b> : Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.	126
<b>Figure 2-3</b> : Les hauteurs des lights shelf.	127
<b>Figure 2-4</b> : Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.	127
<b>Figure 2-5</b> : types de light shelves.	127
<b>Figure 2-6</b> : Rendement de type combiné extérieur / intérieur	128
<b>Figure 2-7</b> : Light shelves combinés	128
<b>Figure 2-8</b> : Les Holo-lux	129
<b>Figure 2-9</b> : vitrage prismatique	129

### **Annexe 03**

<b>Figure 3-1</b> : Entré principale à l'école	130
<b>Figure 3-2</b> : Accès principale à l'école	130
<b>Figure 3-3</b> : Entré principale à l'école	130
<b>Figure 3-4</b> : Entré principale à l'école	131
<b>Figure 3-5</b> : Entré principale à l'école	131
<b>Figure 3-6</b> : La réception	131
<b>Figure 3-7</b> : Espace extérieur végétation et l'eau	132
<b>Figure 3-8</b> : Espace de stationnement	132
<b>Figure 3-9</b> : Espace de stationnement	132
<b>Figure 3-10</b> : Entré principale à l'école	133
<b>Figure 3-11</b> : Protection solaire galerie (Passage)	133
<b>Figure 3-12</b> : Façade des amphis	133
<b>Figure 3-13</b> : Vue intérieure de l'amphi	134

<b>Figure 3-14</b> : Vue intérieure de l'amphi	134
<b>Figure 3-15</b> : Vue intérieure de l'amphi	134
<b>Figure 3-16</b> : Végétation et point d'eau	135
<b>Figure 3-17</b> : Végétation et point d'eau	135
<b>Figure 3-18</b> : Espace de repos extérieur	135
<b>Figure 3-19</b> : Espace de repos extérieur	136
<b>Figure 3-20</b> : Espace de repos extérieur	136
<b>Figure 3-21</b> : Façade Nord des salles de classe	136
<b>Figure 3-22</b> : L'aménagement extérieur près des salles de classe	137
<b>Figure 3-23</b> : Façade sud	137
<b>Figure 3-24</b> : Façade sud des salles de classe	137
<b>Figure 3-25</b> : Vue intérieure des salles de classe	138
<b>Figure 3-26</b> : Vue intérieure des ouvertures des salles de classe	138
<b>Figure 3-27</b> : Vue intérieure du tableau dans la salle de classe	138
<b>Figure 3-28</b> : Vue des salles de classe	139
<b>Figure 3-29</b> : Façade des laboratoires et bureaux des enseignants et champs d'essai	139
<b>Figure 3-30</b> : Façade de hall d'accueil	139
<b>Figure 3-31</b> : Motif de l'atrium	140
<b>Figure 3-32</b> : Vue intérieure de l'atrium	140
<b>Figure 3-33</b> : Vue intérieure de l'escalier	140
<b>Figure 3-34</b> : Vue intérieure de l'atrium	141
<b>Figure 3-35</b> : Vue intérieure de l'atrium	141
<b>Figure 3-36</b> : Vue intérieure de l'atrium	141
<b>Figure 3-37</b> : Vue intérieure sur le corridor	142
<b>Figure 3-38</b> : Vue intérieure sur le corridor	142
<b>Figure 3-39</b> : Vue sur le deuxième atrium	142
<b>Figure 3-40</b> : Vue global du projet	143
<b>Figure 3-41</b> : Vue sur la rampe	143
<b>Figure 3-42</b> : Vue sur la bibliothèque	143
<b>Figure 3-43</b> : Vue sur l'espace de repos et de lecture extérieure	144
<b>Figure 3-44</b> : Vue sur l'espace extérieure de foyer	144
<b>Figure 3-45</b> : Vue sur l'espace extérieure de foyer	144
<b>Figure 3-46</b> : Vue intérieure de la bibliothèque	145

## Annexe 04

<b>Figure 4-1</b> : les données astronomiques	172
<b>Figure 4-2</b> : insertion des surfaces	172
<b>Figure 4-3</b> : insertion des subsurfaces	173
<b>Figure 4-4</b> : la trame daylight map	173
<b>Figure 4-5</b> : résultat numérique	174
<b>Figure 4-6</b> : modelage 3d	174

### Liste des tableaux :

<b>Tableau VI-1</b> : Niveaux d'éclairément recommandés par l'A.F.E Enseignement du premier et second degré.....	<b>91</b>
<b>Tableau VI-2</b> : Les facteurs de réflexions conseillés pour différentes surfaces intérieures.....	<b>92</b>
<b>Tableau VI-3</b> : facteurs de réflexion recommandés par l'association promotelec.....	<b>93</b>
<b>Tableau VI-4</b> : niveaux d'éclairéments recommandes pour les espaces d'enseignement.....	<b>94</b>
<b>Tableau VI-5</b> : normes d'éclairément.....	<b>96</b>

# **Introduction générale**

## 1. Introduction

Actuellement dans tous les pays, l'environnement constitue un paramètre essentiel pour la conception, la réalisation et l'exploitation des bâtiments, surtout la dégradation de l'écosystème et la pollution. Les statistiques démontrent que le secteur des bâtiments représente presque 40% des sources de pollution.

Pour faire face aux enjeux de l'environnement et la durabilité la préoccupation primordiale est de réaliser un produit architectural confortable en prenant en considération les principes de conception et les matériaux de construction et de maintenir l'efficacité énergétique de la totalité du cycle de vie d'un bâtiment.

Le recours à l'intégration des bâtiments à son environnement vise trois raisons ; La protection de l'environnement où le secteur du bâtiment représente une grande portion des sources de pollution de l'environnement, Le bien-être parce que les conditions de confort ont un effet direct sur le bien-être des usagers et le déroulement des activités, et enfin la consommation modérée de l'énergie cet objectif constitue une nouvelle démarche, qui tente de construire des bâtiments répondant aux exigences de l'architecture durable.

L'enseignement supérieur représente le moteur de développement des pays, dans tous les secteurs et spécialement les domaines technologiques, par l'encadrement des ressources humaines et le développement des connaissances. Les infrastructures de l'enseignement supérieur en Algérie tel que les écoles polytechniques, les universités, se trouvent sur tout le territoire du pays. Mais pour les écoles préparatoires, malgré les potentialités des régions de sud, on a constaté qu'elles se limitent dans le nord du pays. Pour cette raison on a donné une importance particulière aux écoles préparatoires technologiques.

### **2. Problématique**

Les potentialités de Laghouat caractérisées essentiellement par un réseau de production dispatching et transport des hydrocarbures ; complexe gazier au niveau de Hassi R'mel, stations de pompage et de compression des hydrocarbures dans tout le territoire de la Wilaya ainsi que la direction de maintenance des équipements de transport des hydrocarbures au niveau de la ville de Laghouat. La proposition des infrastructures d'enseignement supérieur technologique pourrait participer à l'encadrement et la formation des cadres futurs.

Parmi les infrastructures nécessaires pour la zone de Laghouat comme pôle industriel, les instituts de formation technologiques et les écoles préparatoires technologiques où les étudiants assistent à une formation de base dans les domaines technologiques.

La proposition d'une école préparatoire technologique à côté des pôles technologiques de l'université de Laghouat pourrait renforcer la formation et l'encadrement des étudiants et assurer la continuité de formation formelle et informelle. Dans cette infrastructure les étudiants passent deux ans avant de s'orienter vers différentes spécialités technologiques.

Cette école doit présenter un foyer adéquat et favorable à l'apprentissage et la santé des étudiants. Cet environnement, qui pourrait améliorer la performance d'apprentissage et le bien-être des occupants, désigne des immeubles confortables, des moyens soigneusement élaborés (les livres, les manuels et les cahiers) et un microclimat agréable...etc.

La conception dans un climat chaud et aride tel que celui de Laghouat caractérisé par un ciel clair, un ensoleillement intense et une température élevée en été et basse en hiver, remet en question les conditions de confort à l'intérieur des espaces d'étude. La solution est de concevoir un projet qui pourrait fournir un environnement confortable et assurer le bien-être de ses usagers. On ne pourrait avoir un environnement favorable qu'à travers une architecture intégrée dans son environnement climatique.

L'objectif visé est comment concevoir une école préparatoire technologique avec un aspect environnemental ; qui s'intègre dans son contexte chaude et aride et répond aux exigences du confort visuel pour le bien-être et l'exécution des tâches ?

# Introduction générale

---

## **Hypothèses :**

La conception dans ce climat nécessite une forme compacte pour diminuer la déperdition thermique, une orientation nord/sud afin de contrôler la qualité de lumière naturelle et l'exploitation des rayonnements solaires, des fenêtres étroites équipées par des dispositifs d'occultation pour éliminer la pénétration indésirable des rayons solaires, l'utilisation des couleurs claires pour la réflexion des rayons solaires et l'utilisation des matériaux isolants et de haut inertie thermique pour contrôler la transmission de chaleur ext/int et int/ext. Ainsi, l'exploitation des rapports solaires avec effet de serre pour le chauffage passif et les systèmes de ventilation et rafraîchissement naturels aident à conserver la température intérieure dans la marge de confort pendant les heures de travail. Afin de vérifier toutes ces solutions, on pose les hypothèses suivantes :

- Une orientation nord-sud pourrait assurer des conditions de confort pendant toute la période d'étude, qui s'étale de septembre à juin.
- L'utilisation des systèmes passifs tels que l'atrium et le patio pourraient assurer un confort thermique et visuel.
- L'utilisation des matériaux isolant et à haute inertie thermique pourrait améliorer les caractéristiques thermiques et par extension la performance énergétique du bâtiment.
- L'orientation nord-sud des fenêtres des salles de classe équipées avec des dispositifs de contrôle solaire pourrait faciliter la maîtrise de l'environnement lumineux à l'intérieur des salles de classe.

## **3. Objectifs :**

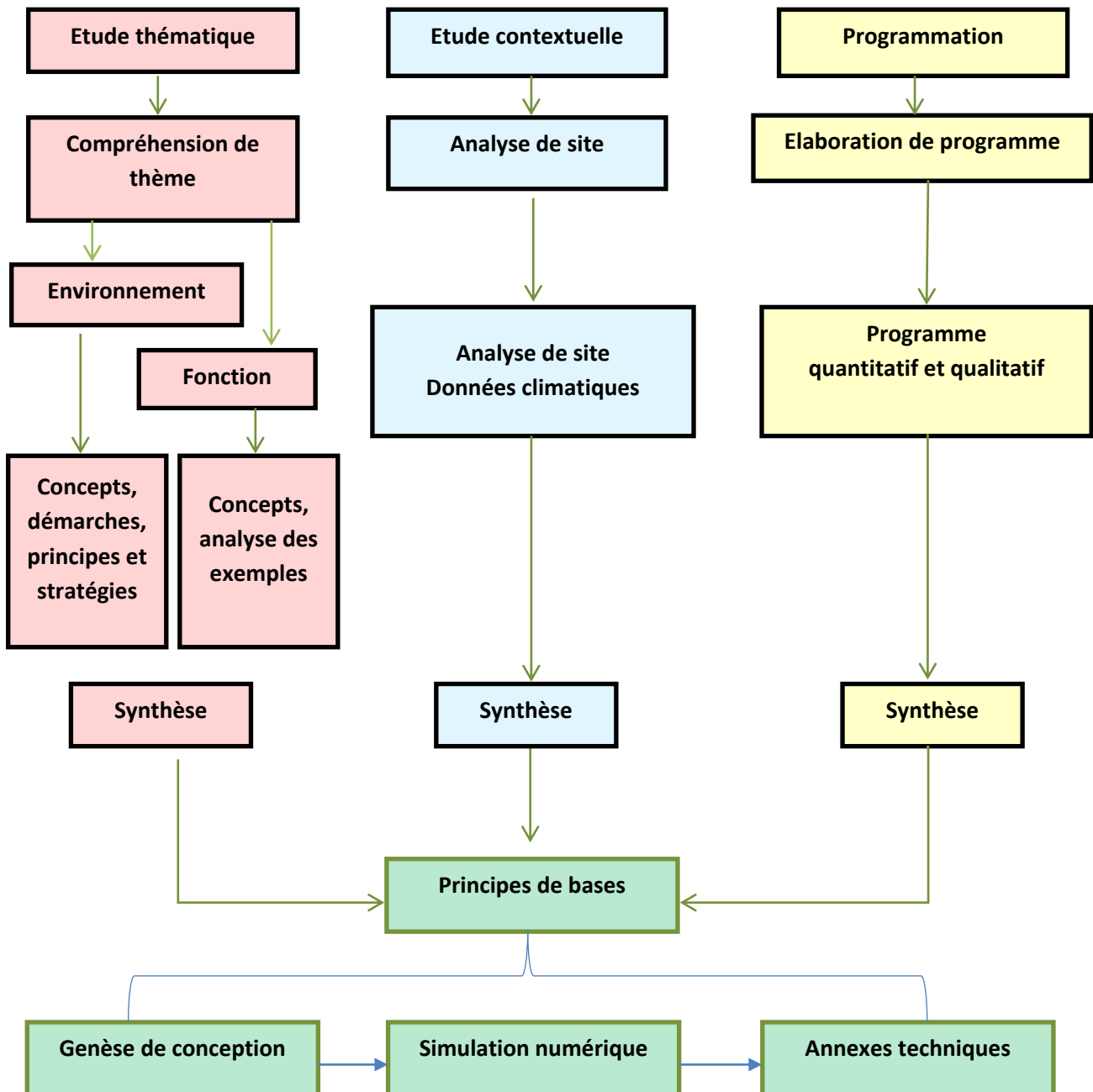
À travers ce mémoire dont une école préparatoire comme projet, on souhaite arriver aux objectifs suivants :

- Avoir un perçu sur les principes de conception des espaces d'étude et la conception environnementale.
- Découvrir l'impact des conditions climatiques sur la qualité de l'environnement intérieur dans les espaces d'étude et surtout les salles de classe.
- Vérifier les hypothèses.
- Élaborer des conseils de conception, pour la conception des espaces d'étude appropriés à la zone de Laghouat.

# Introduction générale

## 4. Méthodologie :

Ce mémoire s'est structuré en deux parties, la première partie représente le cadre théorique et contextuelle, la deuxième partie est consacrée à la conception architecturale et la simulation numérique. Le schéma ci-dessous représente l'organigramme de séquence de travail.



# Chapitre I :

# Etude thématique

# Chapitre I : étude thématique

## Introduction :

Dans ce chapitre, notre recherche aide à orienter nos choix conceptuels pour tirer d'avantage les intérêts de l'environnement par la définition des concepts et l'analyse des exemples, afin d'arriver aux recommandations nécessaires pour bâtir les premiers points de notre esquisse. Notre étude va nous permettre de constituer une source d'inspiration et de compréhension des différentes logiques de conception, et d'organisation relative à notre thème et d'aborder la première étape constitutive du projet qui consiste à élaborer le cadre théorique et les outils opératoires afin de lui donner un sens.

## 1- Définition des concepts liés à l'environnement :

### 1-1- L'environnement :

D'après le Vocabulaire de l'environnement Hachette, édition 1972, l'environnement est défini comme :

« Ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les organismes vivants et les activités humaines »

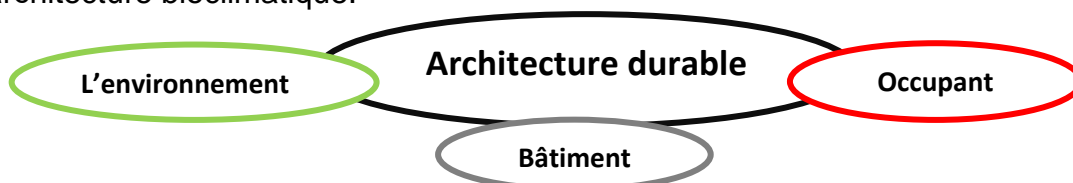
D'une façon plus générale, l'environnement est constitué d'un ensemble des éléments qui, dans la complexité de leurs relations, constitue le cadre, le milieu, les conditions de vie pour l'homme (Pierre.G.,1992)

### 1-2- Architecture durable :

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

([www.lexilogos.com](http://www.lexilogos.com))

Elle repose sur l'application des technologies les plus appropriées en vue d'offrir des niveaux élevés de confort et d'environnement, de vie et de travail sains sans compromettre la qualité environnementale des générations futures. Cette démarche procède des racines reviennent à l'architecture vernaculaire et plus récent l'architecture bioclimatique.



**Figure I-1** : Schéma de l'intersection entre environnement, bâtiment et occupants selon la définition de lexilogos

**Source** : auteur

### **1-3- Construction durable :**

Notion utilisée pour toute construction qui, tout en assurant confort et santé des occupants, limite au mieux les impacts sur l'environnement, en cherchant à s'intégrer le plus respectueusement possible dans un milieu et en utilisant le plus possible les ressources naturelles et locales. On parle encore d'éco construction.

(JEAN PASSINI.,2016)

### **1-4- Haute qualité environnementale :**

Une démarche volontaire qui a pour objectifs de maîtriser les impacts des bâtiments sur l'environnement extérieur et de créer un environnement intérieur sain et confortable. Elle s'agit d'une réponse opérationnelle à la nécessité d'intégrer les critères du développement durable dans l'activité du bâtiment.

Cette démarche s'appuie sur 4 cibles éco-construction, éco-gestion, confort et santé. Ce qui nous concerne c'est les deux derniers. (*HQE association., 2010*)

### **1-5- Climat aride :**

Le climat aride se caractérise par la sécheresse toute l'année (l'aridité). Les températures sont différentes dans les déserts froids et les déserts chauds. Les précipitations n'excédant pas en moyenne 500 millimètres par an ont des conséquences sur la végétation : celle-ci est rare ou adaptée à la sécheresse permanente, avec une humidité relative inférieure à 55%. Dans les zones désertiques, les températures peuvent dépasser les 50°C en été, et au dessous du 0°C, pendant les nuits d'hiver. Ce que nous concerne pour notre région de Laghouat c'est le climat chaud et sec Ces zones caractérisé par plusieurs espèces de végétation tel que les palmiers, Cypres vert, et caroubier... etc. (voir annexe 1) (Sjöholm.,1992)

#### **1-5-1. Les Principes de base de conception durable dans une zone chaude et aride :**

A travers la consultation des ouvrages et investigations qui traitent l'intégration du bâtiment dans son environnement dans les zones chaudes et arides, on a conclu qu'une conception environnementale doit être capable à :

➤ **Minimiser les pertes énergétiques :**

La compacité du volume : réduire les vitres sur les façades exposées au froid.

➤ **Privilégier les apports thermiques et lumineux naturels et gratuits :**

## Chapitre I : étude thématique

- **Privilégier le rafraîchissement naturel** : Protections solaires, ventilation naturelle.
- **Choix réfléchi des modes de climatisation et chauffage**
- **Choix réfléchi des matériaux** :

Et ce, Dans chaque élément des étapes de conception :

### a- L'implantation :

On tient en compte : le relief, les vents locaux et l'ensoleillement. Les emplacements privilégiés sont :

- Les pentes ombragées (inclinées au nord).
- Les niveaux élevés.
- Les endroits avec des possibilités d'évaporation et de végétation.
- Les bâtiments groupés les uns à côté des autres.

(Paul Gut et Dieter Acker knecht., 2018)

### b- Orientation :

- L'orientation optimale du bâtiment devrait Faire face au nord et au sud.
- Les murs principaux et les fenêtres doivent faire face à la direction du vent (froid) surtout en été.
- Les zones de vie active vers le Sud et l'Est pour capter le soleil matinal.

(Paul Gut et Dieter Acker knecht., 2018)

### c- La Forme et le volume :

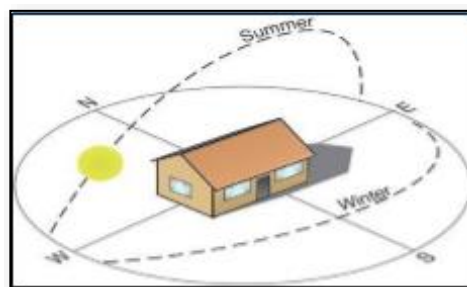
La forme optimale est celle qui présente un gain de chaleur minimal en été et un gain de chaleur maximal en hiver. Donc La forme idéale du bâtiment c'est la forme compacte avec le patio au centre, mais quelque peu allongés le long de l'axe Est-Ouest.

(Paul Gut et Dieter Acker knecht.,2018)



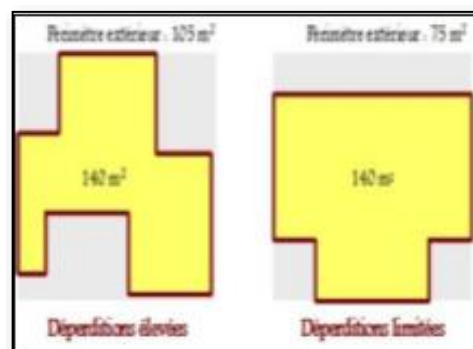
**Figure I-2** : schéma représente l'implantation d'un bâtiment.

**Source** : (Alain Liébard.A et harde.De.A 2015)



**Figure I-3** : schéma de l'orientation optimale d'un bâtiment

**Source** : «inspectionprosinc.com »



**Figure I-4** : dessin présente la différence de déperdition dans deux formes différentes

**Source** : (Alain Liébard.A et harde.De.A 2015)

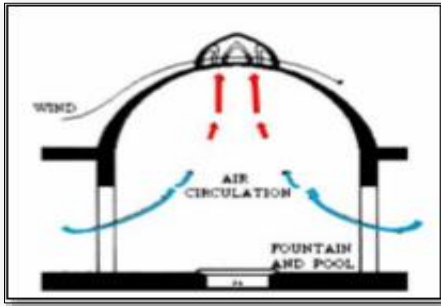
## Chapitre I : étude thématique

### ➤ Toit :

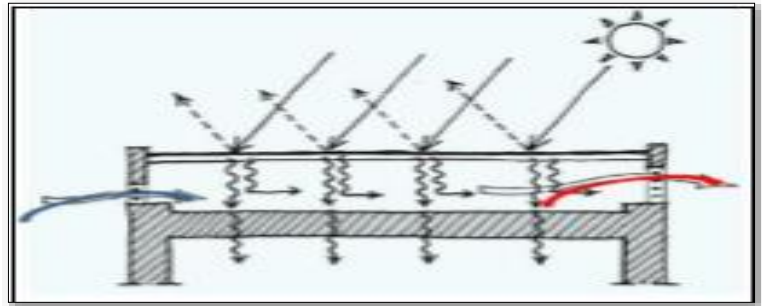
On distingue deux types de toit :

Toit en dôme et toit ventilée se sont des toits que nous permet de bénéficier de la ventilation naturelle. Ils sont des solutions efficaces dans

Les zones chaudes et arides.



**Figure I- 5 :** Flux d'air dans toit en dôme avec ouverture au sommet  
**source :** (instapicto.top)



**Figure I- 6 :** schéma présente la ventilation entre « le toit – plafond » et le reflet des rayons du soleil  
**Source :** (Paul Gut et Dieter Ackerknecht.,2018)

### ➤ Sol:

Le bâtiment doit avoir un contact maximal avec le sol (éviter le pilotis...) et Les revêtements de ce dernier doivent avoir une conductance thermique élevée.

(Jerusha Ngungui, Zeltia Blanco, Anthony., 2017)

➤ **Espaces externes :** Les murs des bâtiments surtout de côté Sud, Ouest et les espaces extérieurs doivent être ombragés.

➤ **Les couleurs utilisées:** Les couleurs externes nécessaires sont :

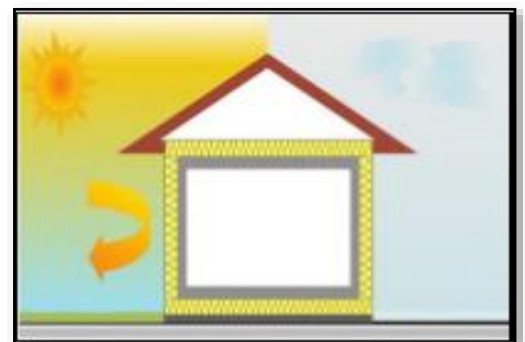
Les couleurs claires et non brillante et les couleurs sombres pour les surfaces ombrées. Les couleurs internes nécessaires sont: les couleurs "froides".

### **d- Choix de matériaux :**

Utiliser des matériaux lourds de forte inertie thermique (aide à stocker la température de l'intérieur et absorber la chaleur pendant la journée et la restituer la nuit), locaux, durables renouvelables qui consomment peu d'énergie dans leur fabrication.

(Paul Gut et Dieter Ackerknecht.,2018)

➤ **L'isolation:** Les murs extérieurs et les toits nécessitent une Isolation et une réflectivité élevées (Doivent permettre de conserver la température



**Figure I- 7 :** Maison isolée  
**Source :** (Alain Liébard.A et harde.De.A 2015)

## Chapitre I : étude thématique

---

Interne le plus longtemps possible quel que soit la saison). (*Paul Gut et Dieter Ackerknecht.,2018*)

### ➤ **Le confort :**

Le confort est une notion subjective qui résume tout un ensemble de Sensation et un état d'équilibre entre l'être humain et le milieu dans lequel il se trouve à un moment donné. (*Claude-Alain.R.,2012*)

## **2- Définition des concepts liés au thème :**

### **2-1- Enseignements supérieurs :**

L'enseignement supérieur regroupe toutes les formations postérieures au baccalauréat. Deux systèmes coexistent :

- Un système ouvert au sein des universités. C'est le système qui accueille le plus d'étudiants. Tous les bacheliers ont le droit d'y entrer sans sélection préalable. Les formations y sont très diversifiées
- Un système sélectif à capacité d'accueil contrôlée. L'entrée s'y fait par concours, examen, ou dossier, éventuellement complété par un entretien. C'est le système en vigueur notamment dans les grandes écoles (telles que l'Ecole Nationale d'Administration, l'Ecole Nationale Supérieure, les écoles d'ingénieurs et d'architecture), les instituts universitaires et les instituts universitaires professionnalisés. Ils forment principalement les cadres supérieurs et intermédiaires de l'Etat et des entreprises. ([www.dicodunet.com](http://www.dicodunet.com))

### **2-2- Ecole supérieur :**

Est un équipement destiné à l'enseignement. Il est constitué de plusieurs espaces et annexes, bâtis. En d'autre terme, c'est l'équipement abritant les activités scolaire.

Dans sa conception, les espaces décomposés en trois catégories principales :

- Espaces spéciaux pour les amphis les salles de classe les salles de cour et les laboratoires et les ateliers.
- Espaces communs, y compris les bibliothèques, les salles audio-visuelles, foyer.
- Espaces concernés avec l'administration et la maintenance. ([www.dicodunet.com](http://www.dicodunet.com))

### **2-3-La salle de classe :**

La Salle de classe est l'endroit où se retrouvent les élèves pour suivre les leçons à l'école primaire. Ce même type de pièce prend le nom de "salle de cours" dans les collèges et lycées et université. Typiquement, la salle de classe est équipée de chaises et tables de travail (parfois individuelles) et de tous les équipements utiles à l'apprentissage: tableau noir ou blanc, étagères pleines de livres et encyclopédies, nécessaires d'écriture, éventuellement des ordinateurs... ([www.dicodunet.com](http://www.dicodunet.com))

➤ **Les exigences de la salle de classe :**

• **Orientation:**

Doit tenir compte:

- Les effets d'ensoleillement.
- Les vents dominants et leurs forces.
- La topographie du terrain.
- Les locaux d'enseignements sont orientée (nord-sud), ce dispositif permet de diminuer les efforts d'ensoleillement en saison chaude.

• **Exigences structurelle :**

- éviter d'avoir des poteaux au milieu des salles de classe.

• **Exigences de sécurité :**

Les contraintes de sécurité:

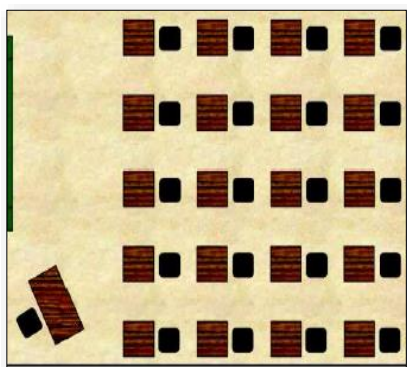
- contre l'incendie, Dotant le bâtiment de détecteurs de fumée.
- Le bâtiment doit présenter une perméabilité facilitant l'évacuation des personnes.
- Contre les accidents
- Contre les cambriolages: Prévoir un point de control dans chaque entrée afin d'assurer la sécurité des personnes.

▪ **L'aménagement de salle de classe :**

Pour rendre cet espace fonctionnel, son aménagement est nécessaire pour permettre de répondre à la fonction première et primordiale d'une salle de classe unidirectionnelle

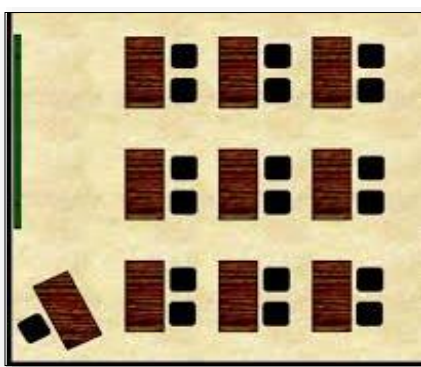
# Chapitre I : étude thématique

## ➤ Les dispositions spatiales des tables dans une salle de classe:



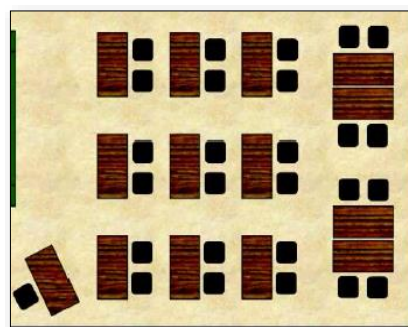
### **La disposition frontale avec des tables individuelles:**

L'alignement des tables en rangées, adapté à un cours magistral.  
(Ou au travail individuel)



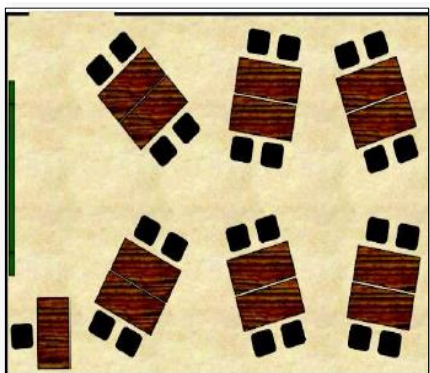
### **La disposition frontale avec des tables Doubles :**

Les élèves sont par deux, face au tableau.



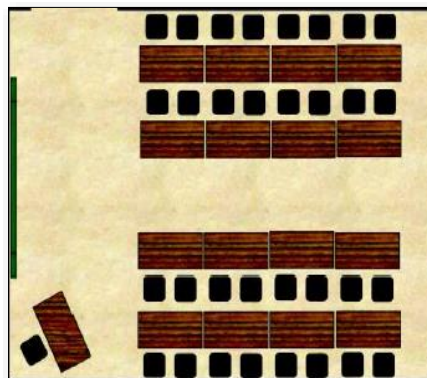
### **La disposition frontale avec des tables doubles et quelques tables de groupes :**

Les élèves sont face au tableau et peuvent participer de temps en temps à des travaux de groupes.



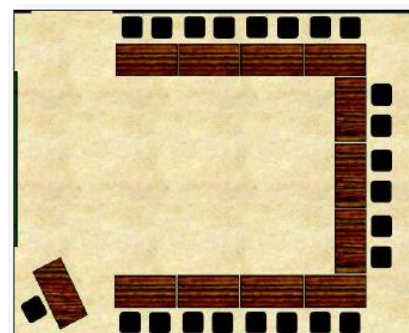
### **La disposition en groupes :**

La classe est composée de plusieurs tables de groupes.



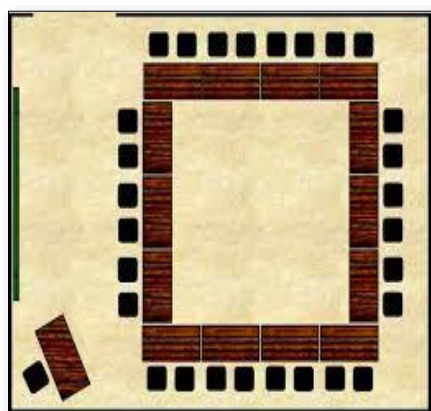
### **La disposition face à face, en débat :**

Deux rangées de tables se font face, de part et d'autre d'une allée centrale.



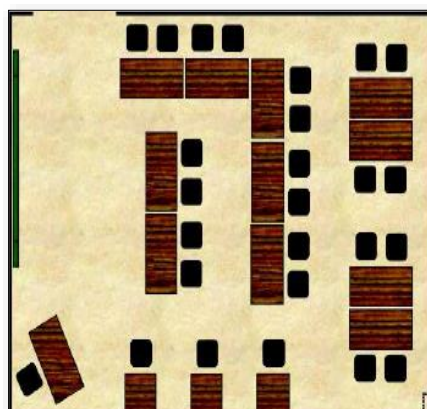
### **La disposition en U.**

Les élèves sont disposés en U, certains face au tableau, d'autres sur le côté.



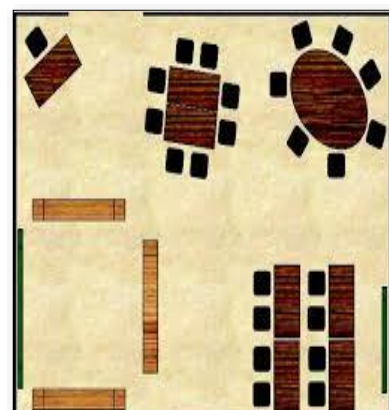
### **La disposition en carré (ou en cercle) :**

Les élèves sont placés dans un cercle fermé. Ils peuvent tous se voir.



### **La disposition multiple :**

activités et ateliers autonomes.



### **La disposition en ateliers et en frontal, avec coin de regroupement :**

La classe est organisée avec des tables groupées, des tables face au tableau, un espace pour se regrouper.

### I- Analyse des exemples :

#### I-1- Exemple 01: École d'architecture de Strasbourg

##### I-1-1- 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 permis de passer l'éclairage entre l'extérieur et l'intérieur).
  - l'utilisation des matériaux recyclable.
- L'organisation fonctionnelles, spatiale et la gestion des flux au niveau du projet.

##### I-1-2- 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 m<sup>2</sup>;  
surface après travaux, 8 880 m<sup>2</sup> avec extension*

*Programme : Salles de classe, salle de cour, amphi, Ateliers, Salles de séminaire, Salle de conférence et service.*

##### I-1-3- Situation :

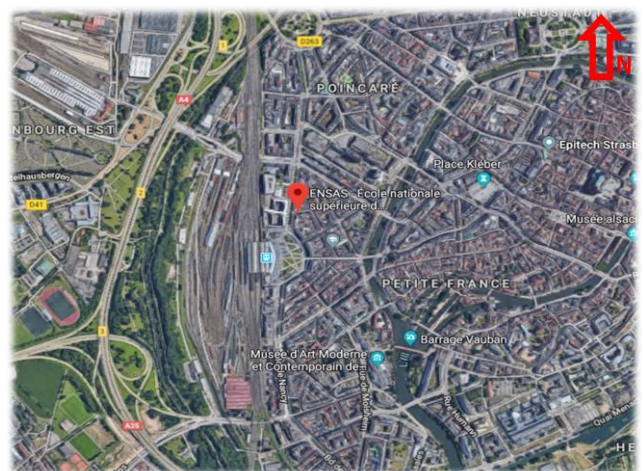
L'école située au cœur de Strasbourg au 4<sup>ème</sup> Boulevard du Président Wilson

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



**Figure I-8** : photo de l'École d'architecture de Strasbourg

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

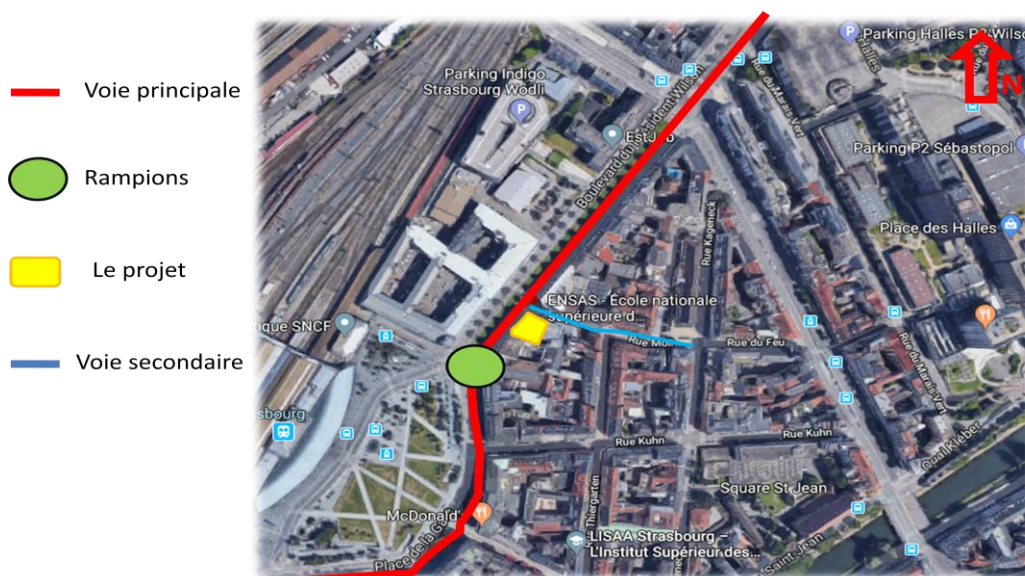


**Figure I-9** : photo satellite de la situation de l'École d'architecture de Strasbourg

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

## I-1-4- 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.

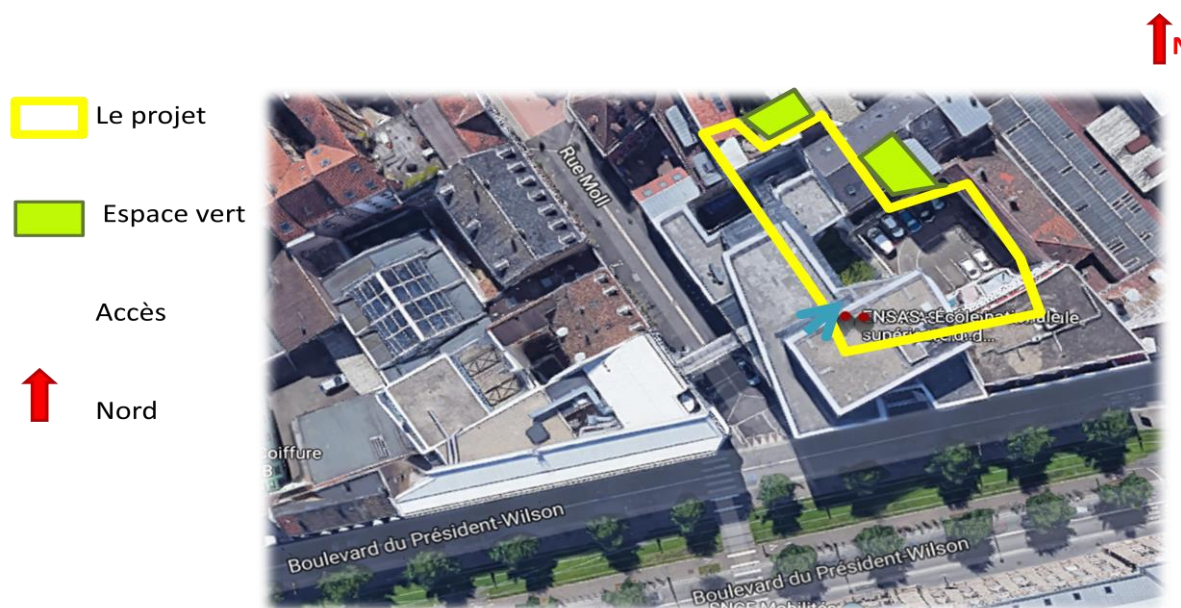


**Figure I-10 :** photo satellite de la situation et le voisinage de l'École d'architecture de Strasbourg  
**Source :** <https://www.archdaily.com>

## I-1-5- Plan de masse :

Le projet possède un accès principale au coté 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 % ce limite dans le cotés est et la deuxième dans le nord-ouest.



**Figure I-11 :** Schéma du plan de masse de l'École d'architecture de Strasbourg  
**Source :** <https://www.archdaily.com>

### I-1-6- 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 d'urbanisme.



**Figure I-12** : photo synthèse de la volumétrie de l'École d'architecture de Strasbourg  
*Source* : <https://www.archdaily.com>

### I-1-7- L'intégration du projet :

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



**Figure I-13** : photo de l'intégration de l'École d'architecture de Strasbourg  
*Source* : <https://www.archdaily.com>

### I-1-8- 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.

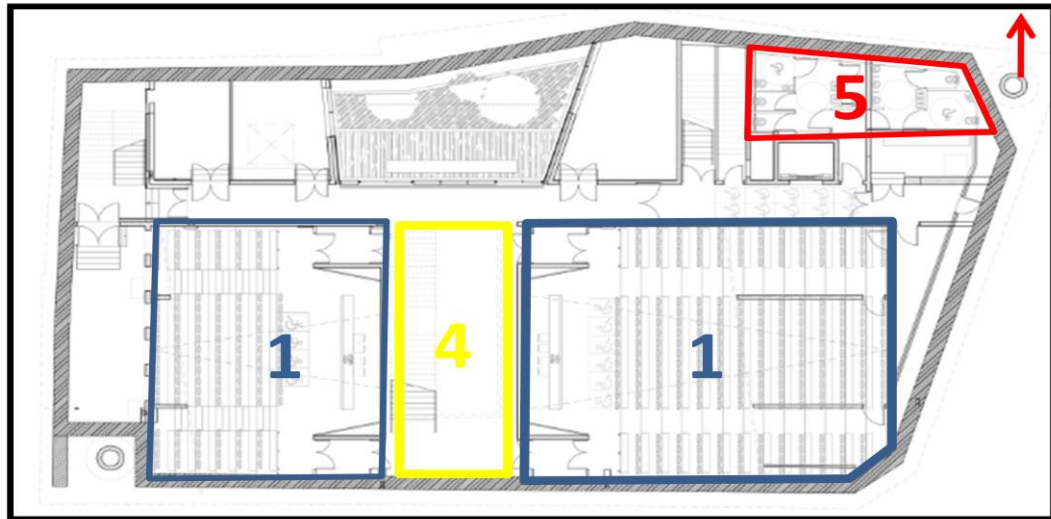


Figure I-14 : Plan de sous sol de l'École d'architecture de Strasbourg

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

- Le réez de chaussé compte les espaces de services :  
cafeteria et espace d'exposition ce que justifie ça transparence au niveau de façade (continuité visuel int ↔ ext )



Figure I-15 : Plan de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg

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

## Chapitre I : étude thématique

- 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'atrium et à la limite du bâtiment, et aussi par un ascenseur.



**Figure I-16 :** Plan de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg

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



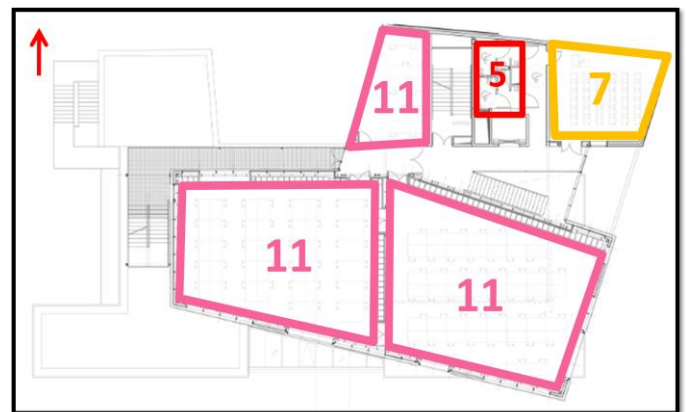
**Figure I-17 :** Plan de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg

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



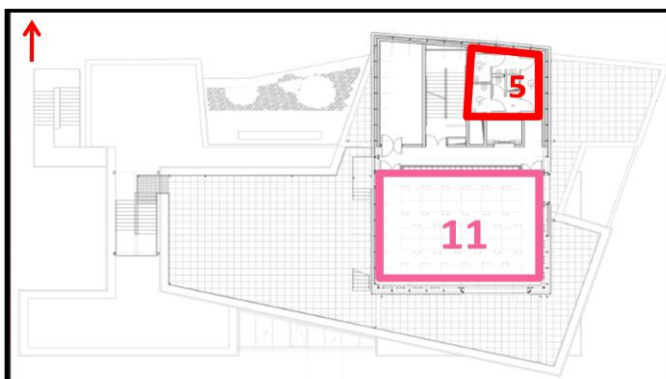
**Figure I-18 :** Plan de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg

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



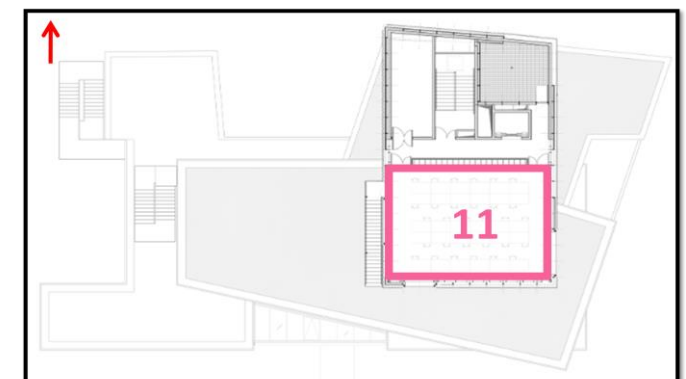
**Figure I-19 :** Plan de R+4 de l'École d'architecture de Strasbourg

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



**Figure I-20 :** Plan de R+5 de l'École d'architecture de Strasbourg

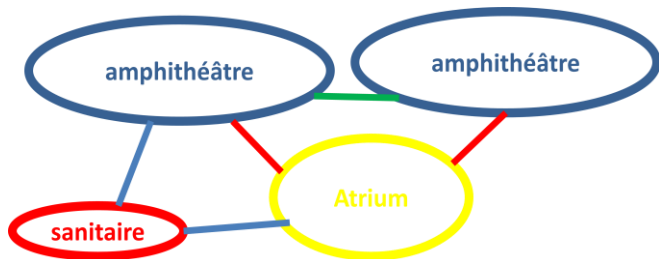
Source : <https://www.archdaily.com>



**Figure I-21 :** Plan de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg

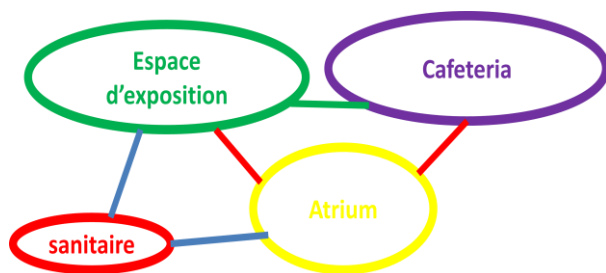
Source : <https://www.archdaily.com>

## I-1-9- L'organigramme fonctionnel :



**Figure I-22 :** organigramme de sous sol de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



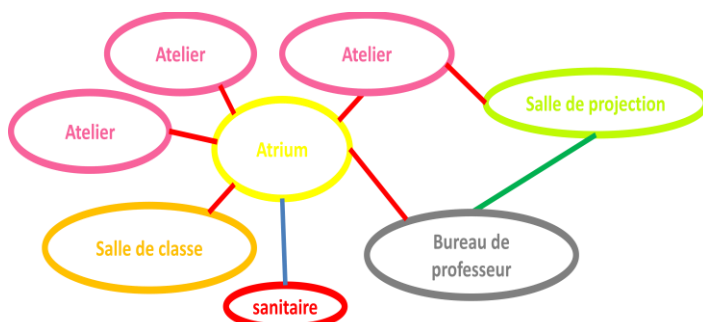
**Figure I-23 :** organigramme de réez de chaussé de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



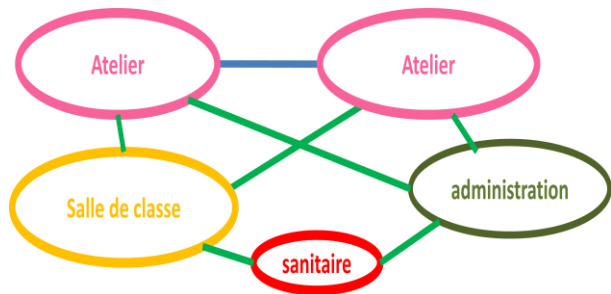
**Figure I-24 :** organigramme de R+1 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



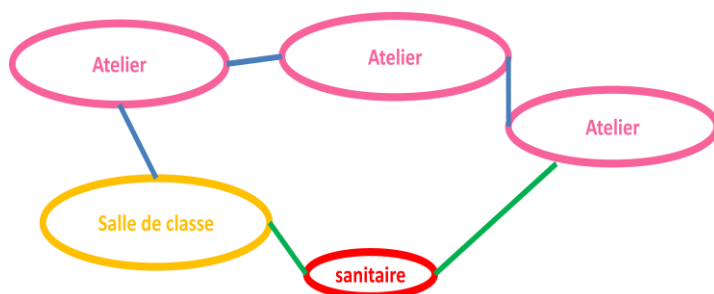
**Figure I-25 :** organigramme de R+2 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



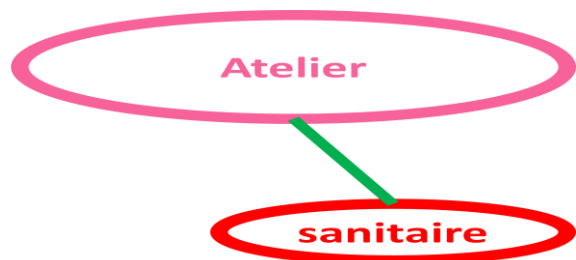
**Figure I-26 :** organigramme de R+3 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



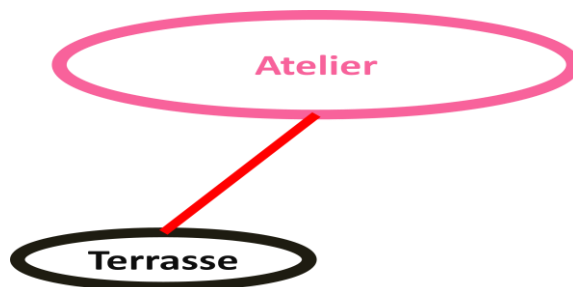
**Figure I-27 :** organigramme de R+4 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



**Figure I-28 :** organigramme de R+5 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur



**Figure I-29 :** organigramme de R+6 de l'École d'architecture de Strasbourg

Source : auteur

## Chapitre I : étude thématique


### I-1-10- Le Programme :

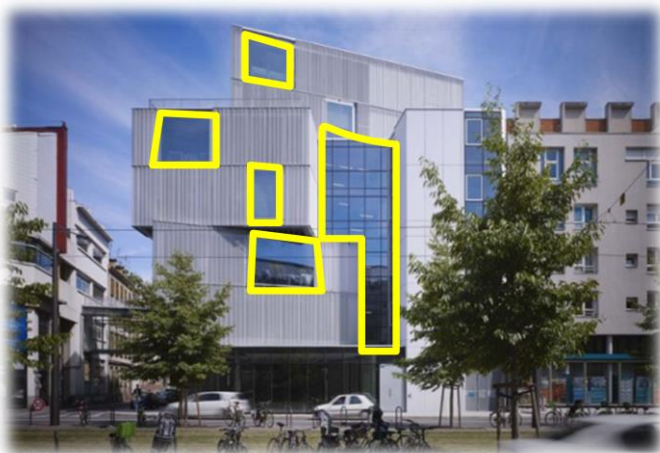
Le programme contient :

- 2 amphithéâtre
- 1 cafeteria
- 1 espace d'exposition
- 1 atrium
- 4 sanitaire
- 1 salle des cours
- 4 salle de classe
- 1 administration
- 10 atelier
- 1 salle de projection
- 1 salle d'informatique
- 2 bureau de professeur

### I-1-11- 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 au façade.
- Présence des portes à feu
- Traitement : avec des grandes baises pour la continuité visuel
- L'utilisation des couleurs claires et des matériaux de construction métalliques donne un aspect de clarté et de propreté au bâtiment.

 Les grandes baises



**Figure I-31 :** Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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



**Figure I-30 :** Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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



**Figure I-32 :** Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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

## Chapitre I : étude thématique

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



**Figure I-33 :** Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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



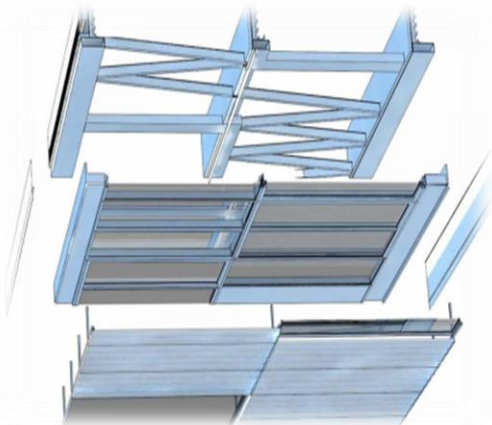
**Figure I-34 :** Façade de l'École d'architecture de Strasbourg

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

### I-1-12- Les Techniques :

#### 12-1- La Structure :

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



**Figure I-35 :** La Structure de l'École d'architecture de Strasbourg

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

#### 12-2- L'éclairage :

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



**Figure I-36 :** La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg

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



**Figure I-37 :** La peau semi-transparente de l'École d'architecture de Strasbourg

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

## I-2- Exemple 02 : Université Morgan state.

### I-2-1- Critère de choix :

- L'utilisation des techniques et systèmes environnementaux et de durabilité par :
  - la valorisation de l'éclairage naturel (lumière de jour)
  - L'énergie renouvelable (solaire)
- L'organisation fonctionnelles, spatiale et la gestion des flux au niveau des plans.

### I-2-2- La fiche technique :

- Architectes : les frelons group
- Lieu : location Morgan état Etats-Unis
- Surface : 12480 m<sup>2</sup>
- Année : 2012



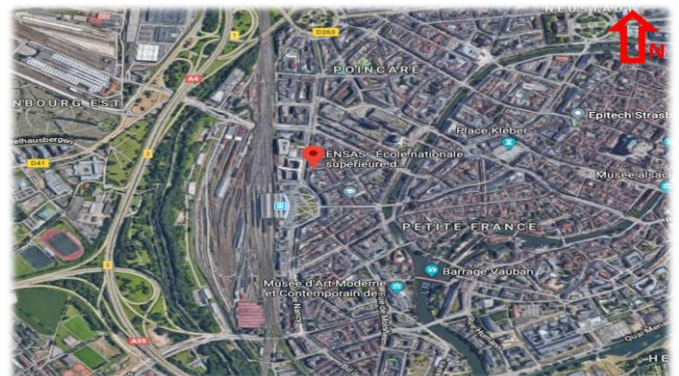
**Figure I-38 : Université Morgan state**  
Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

### I-1-3- Le programme contient :

- Salles de classe.
- Ateliers
- Salles de séminaire.
- Salle de conférence.
- Et service

### I-1-4- Situation :

Le projet situe à la partie sud de  
La ville au niveau de l'université de  
Morgan state.

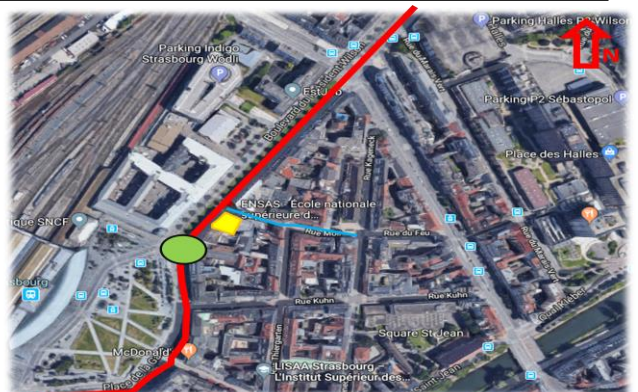


**Figure I-39 : plan de situation de l'Université Morgan state**  
Source : <https://www.archdaily.com>

### I-1-5- Accessibilité:

L'école est accessible  
Par le boulevard de Wilson  
La voie de Moll qui relie  
L'université avec le centre  
ville.

- Voie principale
- Rampions
- Le projet
- Voie secondaire



**Figure I-40 : plan de situation de l'Université Morgan state**  
Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

### I-1-6- Plan de masse :

Le projet possède trois accès, une principale au coté nord, la deuxième secondaire dans le coté sud et une troisième de l'atrium.

Le bâtiment se prolonge sur le terrain avec deux bandes d'espace vert l'une dans le coté nord au niveau de l'accès principale et la deuxième dans le coté sud au niveau de l'accès secondaire.

Le deuxième bâtiment c'est un garage pour les véhicules.

### I-1-7- La forme (volumétrie) :

Le volume se compose de deux barres horizontales avec un gabarit de R+2, délimitent un atrium ciel éclairé qui court le long du bâtiment sous forme d'une rue intérieure. Le socle de la petite barre est en pilotis ce qui assure une continuité visuelle entre l'espace vert du coté sud, le socle et l'atrium.

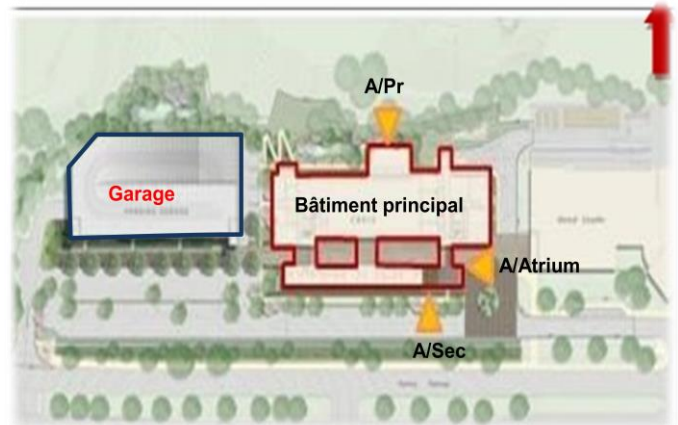
### I-1-8- Les plans :

Les espaces sont distribués en deux

blocs, en 3 niveaux, séparés avec un atrium qui assure l'aération et l'éclairage naturels.

Le petit bloc pour les salles de classe et l'autre pour les ateliers. Les autres espaces situent généralement au socle ou à la limite des blocs.

Le rez-de-chaussée compte les espaces de services :



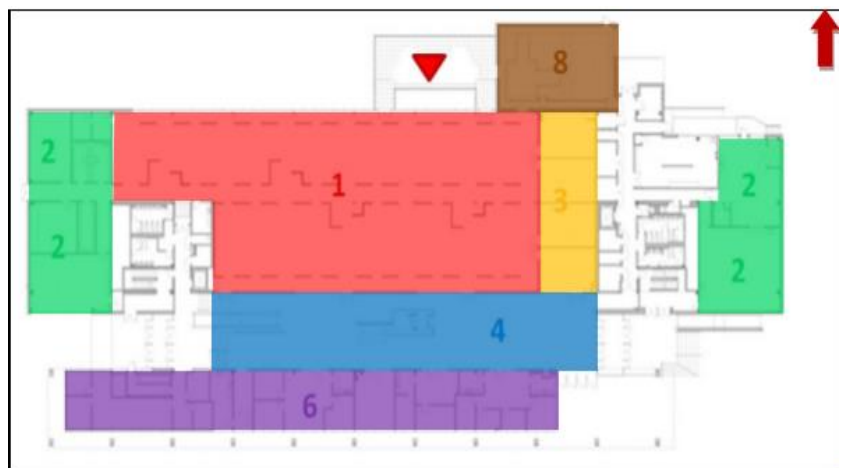
**Figure I-41 :** plan de situation de l'Université Morgan state

Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



**Figure I-42 :** la volumétrie de l'Université Morgan state

Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



**Figure I-43 :** plan de réz de chaussé de l'Université Morgan state

21 Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## Chapitre I : étude thématique

Cafeteria et espace d'exposition ce que justifie ça transparence au niveau de la façade (continuité visuelle). Les ateliers et salle de séminaire, et Les salles de classe dans l'autre bloc. Cette hiérarchie des espaces assure le calme pour les salles de classe et le contrôle de flux des étudiants



**Figure I-44** : Titre : Hiérarchie des espaces au niveau de réz de chaussé

Source : auteur



Les autres étages R+1 et R+2

contient essentiellement les ateliers et les salles de classe.

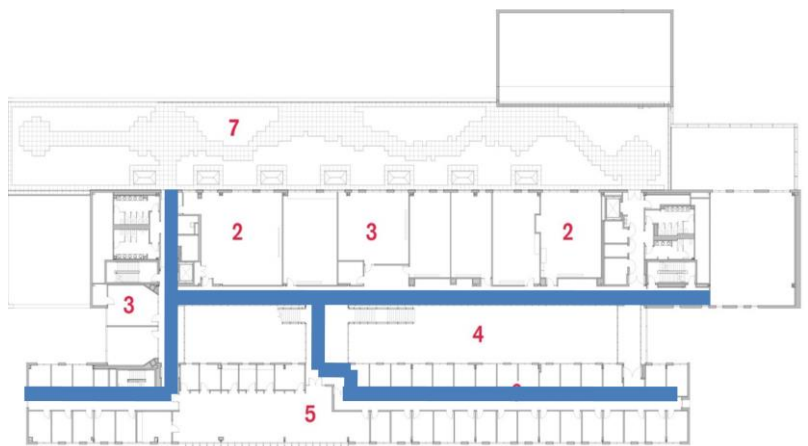
Toutes les ateliers sont orientées nord et les salles de classe divisées en deux bandes articulées par un couloir. Elles sont orientées sud et l'autre nord sur l'atrium. La partie de l'administration située au côté ouest des salles de classe et garde la même orientation nord/sud.

Au niveau de toute l'école la distribution des flux se fait avec des couloirs droits. Le passage entre les niveaux est à travers des escaliers et des ascenseurs au niveau de l'atrium.



**Figure I-45** : plan de R+1 de l'Université Morgan state

Source : www.archdaily.com



**Figure I-46** : plan de R+2 de l'Université Morgan state

Source : www.archdaily.com

### I-1-9- Le programme :

Le programme contient :

- Salles de classe : 65
- Ateliers : 14
- Salles de séminaire : 5
- Salle de conférence.
- Salle de jury
- Bureaux.
- Café.
- Un espace de galerie pour l'interactivité des personnes et l'affichage de leur travail.

### I-1-10- Les façades :

- Façade horizontale avec des grandes baies vitrées en bande tramée et équipées avec des brises soleil.
- Le socle vitré en pilotis et l'utilisation des couleurs claires et des matériaux métalliques donnent une transparence, un aspect de clarté et de propreté et une légèreté aux façades.



**Figure I-47** : façade de l'Université Morgan state  
**Source** : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



**Figure I-48** : façade de l'Université Morgan state  
**Source** : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## Chapitre I : étude thématique

### I-1-11- Les techniques :

Les différents principes et techniques environnementaux adoptés.

1. L'orientation nord/sud des blocs,
2. L'utilisation de l'atrium comme élément de ventilation et une source d'éclairage uniforme.
3. L'utilisation de la lumière naturelle directe et indirecte avec des larges ouvertures.
4. La protection des façades sud avec des brises soleil.
5. deux systèmes de toit verts sont incorporés (quoi)
6. un toit traditionnel en bois combiné avec des capteurs photovoltaïques intégrés.



**Figure I-49 :** l'atrium de l'Université Morgan state  
**Source :** [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



**Figure I-50 :** les techniques de l'Université Morgan state  
**Source :** [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



### I-3- Exemple 03: Université de Pau et des Pays de l'Adour

#### I-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) (système d'éclairage (bris de soleil mobile)
  - l'utilisation des matériaux recyclable.
- L'organisation fonctionnelles, spatiale et la gestion des flux au niveau du projet
- Année de réalisation

#### I-3-2- La fiche technique :

L'Architecte : André Grésy

Surface: 3 600m<sup>2</sup>

Année de réalisation: 2015

Département: Pyrénées-Atlantiques

Ville: PAU (France)

Programme : Salles de classe, salle de

cours, Ateliers, Salles de séminaire,

Salle de conférence et service,

amphithéâtre, cafeteria, administration,

espace d'exposition, salle de projection, sanitaire , salle d'informatique, bureau de professeur

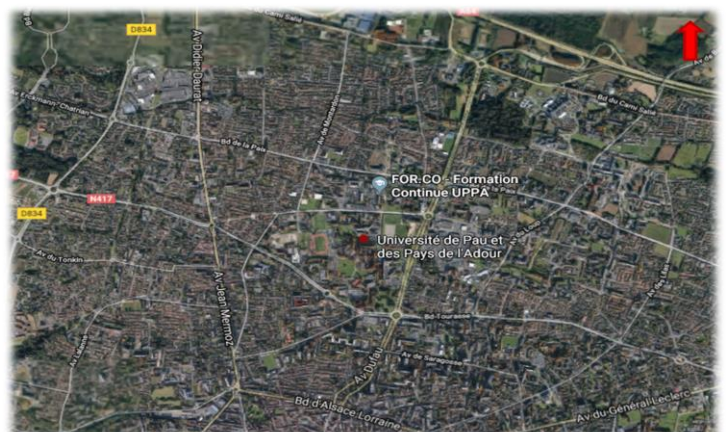
#### I-3-3- Situation :

Le projet situé au cœur de la ville de Pau, au niveau de l'université de Pau et des pays de l'Adour, dans une zone éducatif.



**Figure I-51** : photo de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

**Source** : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



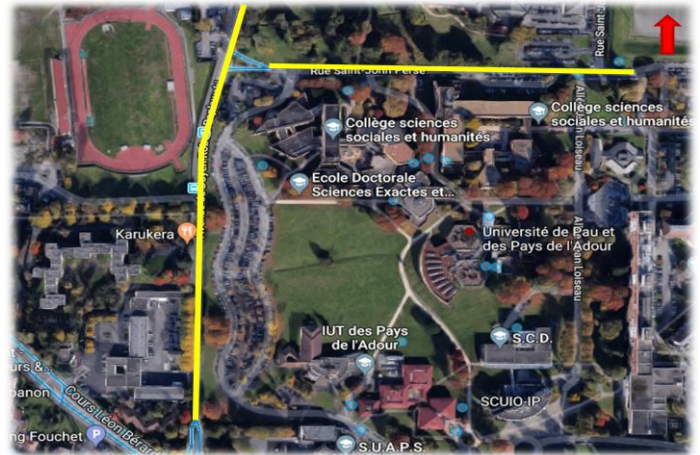
**Figure I-52** : photo satellite de la situation de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

**Source** : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## I-3-4- Accessibilité:

L'accessibilité assurée par :

- Au Nord par La voie Saint John Perse.
- Au Ouest par Avenue du Doyen de Rober Poplwaski.



**Figure I-53 :** photo satellite de la situation et le voisinage de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

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

## I-3-5- Plan de masse :

- Le projet est une extension.
- Le projet possède deux accès.
- l'espace non bâti occupe presque 50% du terrain.



— La partie bâti du projet

▶ Les accès

**Figure I-54 :** Schéma du plan de masse de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

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

## I-3-6- La forme (volumétrie) :

La volumétrie du bâtiment est un bloc de forme de L de trois étages. En gradin dans un côté.



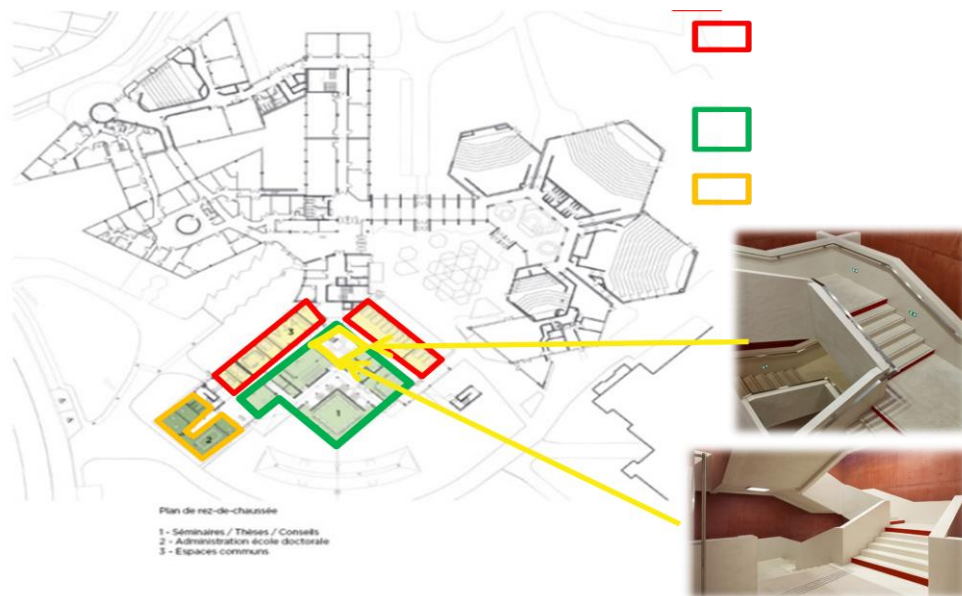
**Figure I-55 :** photo synthèse de la volumétrie de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

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

## I-3-7- Les plans :

- Les espaces des projets sont distribués en 3 niveaux.
- Le réz de chaussé compte :

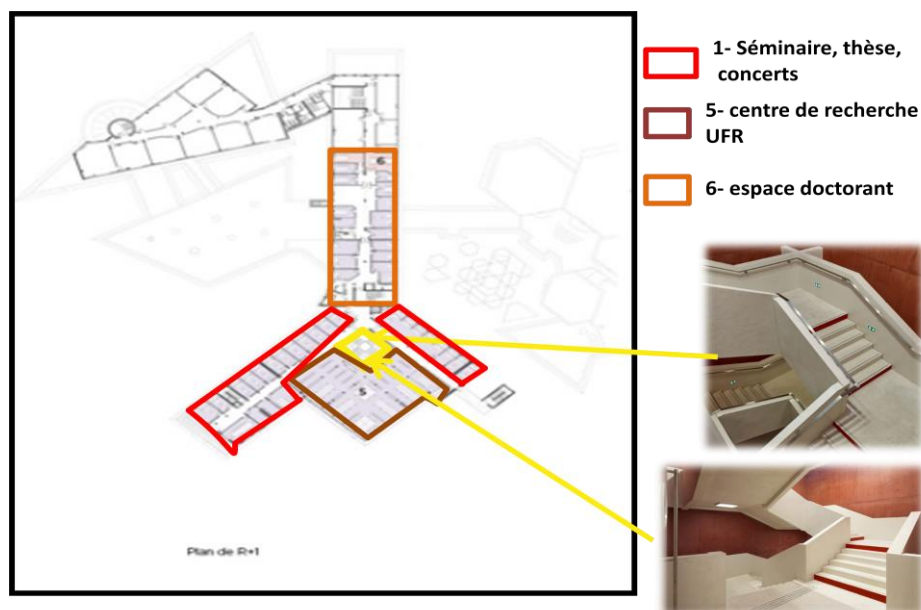
Les salles de séminaire, thèses et concerts et administration et école doctorale.



**Figure I-56 :** Plan de réz de chaussé de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

- Le premier étage compte :

Centre de recherche UFR et l'espace doctorant



**Figure I-57 :** Plan de R+1 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## Chapitre I : étude thématique

- Le deuxième étage compte:

Le centre de recherche IAE et l'espace doctorant et l'Espace maters et logistique.

- 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 cœur et de limite du bâtiment.

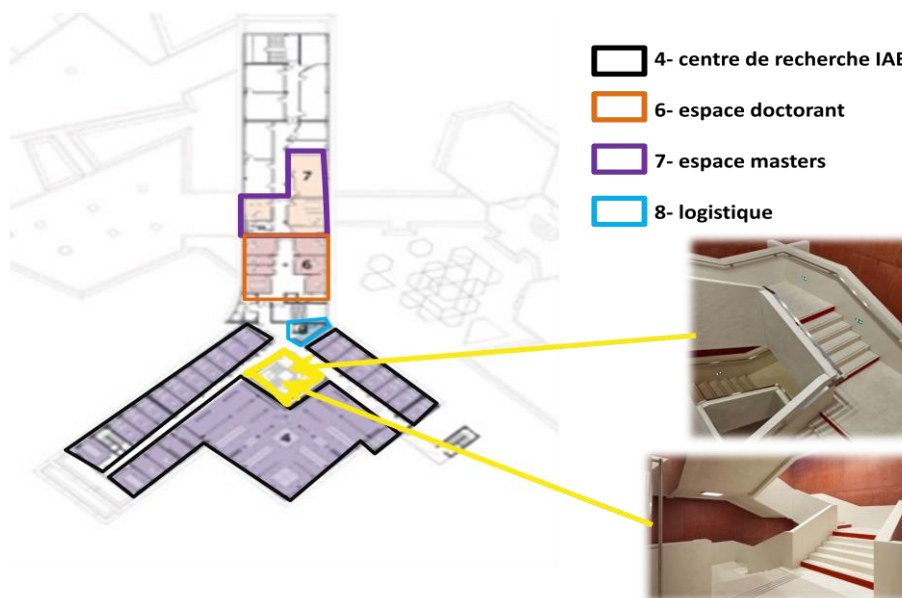


Figure I-58 : Plan de R+2 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : [www.patrickmauger.com](http://www.patrickmauger.com)

### I-3-8- L'organigramme fonctionnel :

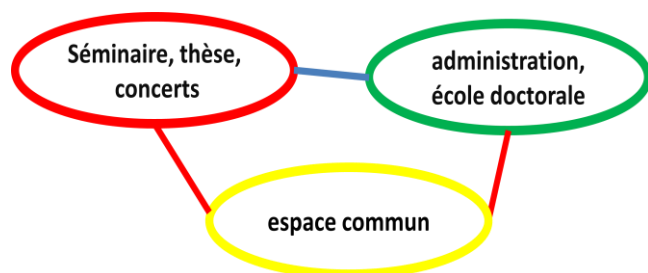


Figure I-59: organigramme de réez de chaussé de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : auteur

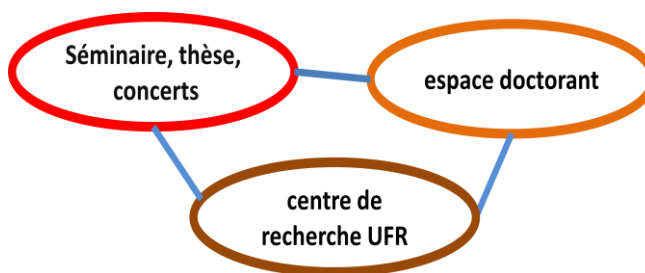


Figure I-60 : organigramme de R+1 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : auteur

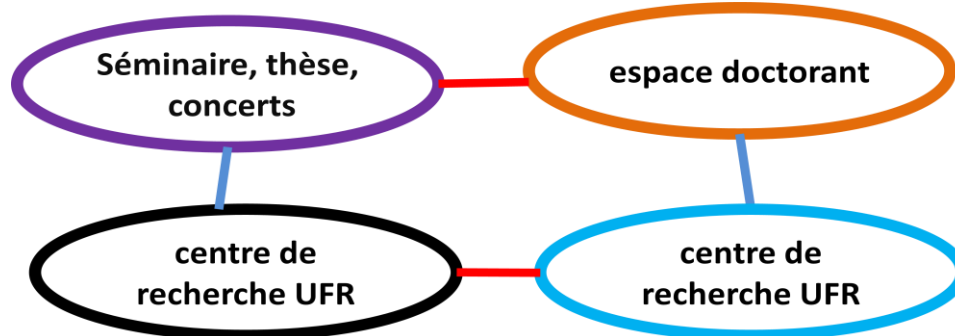


Figure I-61 : organigramme de R+2 de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : auteur

## Chapitre I : étude thématique

### I-3-9- Le Programme :

Le programme contient :

- Séminaire, thèse, Concerts
- administration, école doctorale
- espace commun
- centre de recherche IAE
- espace doctorant
- centre de recherche UFR
- espace masters
- logistique



**Figure I-62 :** Photo des espaces intérieurs de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

### I-3-10- Les Façades :

*Source : [www.patrickmauger.com](http://www.patrickmauger.com)*

Façade simple, moderne, tramée, avec l'utilisation des brises soleil et des grandes baies vitrées.

En extérieur, la façade est revisitée et modernisée. Les bandeaux horizontaux qui caractérisent l'architecture initiale sont repris. Un mélange aléatoire de 5 teintes de tuiles, émaillées et non émaillées, anime les façades et facilite l'identification. Ces nouveaux bandeaux abritent des coffres brise-soleil orientables et escamotables, pour une gestion personnalisée de l'apport lumineux et une gestion thermique optimale à partir de l'ensoleillement.



**Figure I-63 :** Façade de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

*Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)*

### I-3-11- Les Techniques :

L'emploi de matériaux bio-sources et éco-responsables (menuiseries bois extérieures et intérieures, isolation extérieure en laine de bois, terre cuite) contribue à une empreinte carbone réduite du nouveau bâtiment. D'autres dispositifs actifs viennent enrichir le travail de démarche environnementale : récupération d'énergie sur l'ensemble des centrales de traitement d'air, sur-ventilation naturelle nocturne, système GTB et double flux pour une réduction des consommations, optimisation de la lumière naturelle

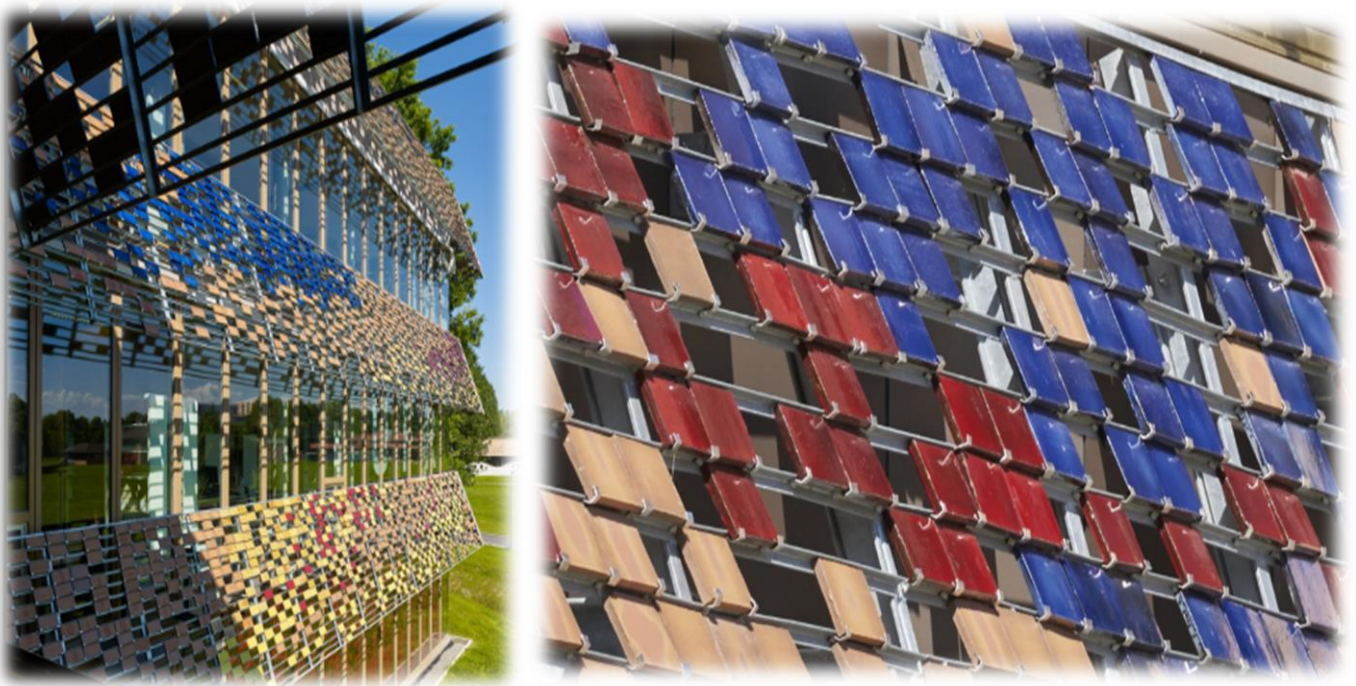


Figure I-64 : brise de soleil de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

### I-4- Exemple 04: Swenson Civil Engineering Building

#### I-4-1- Critère de choix :

- Projet d'enseignement supérieur
- L'utilisation des techniques et systèmes environnementaux et de durabilité
- Utilisation des ressources naturelle.
- Année de réalisation 2011

### I-4-2- La Fiche technique :

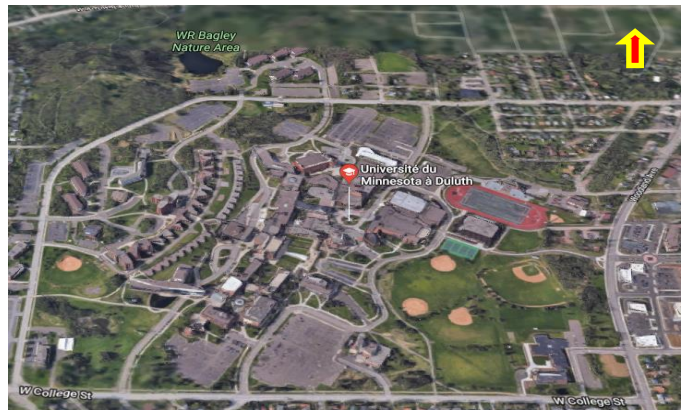
Architectes : groupe Ross-Barney  
Chef de projet Carol Ross Barney, FAIA  
Architecte de record SJA Architectes.  
Emplacement : Duluth, MN, États-Unis.  
Catégorie : Université.  
Surface : 35300 m<sup>2</sup>.



**Figure I-65:** photo de Swenson Civil Engineering Building  
**Source:** <https://www.archdaily.com>

### I-4-3- Situation :

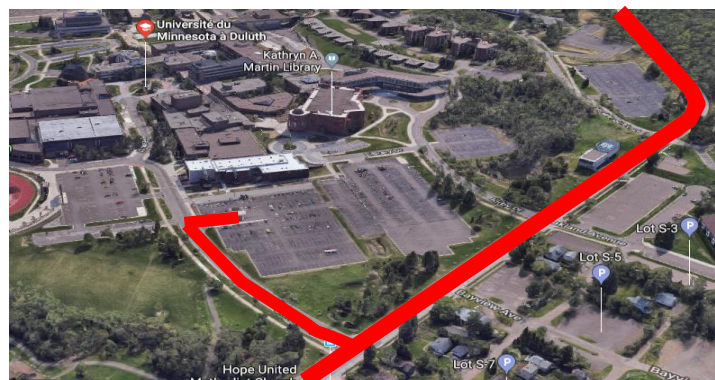
Le projet est situé dans le nord-est de la ville de Duluth Minnesota, au niveau de l'université de Minnesota à Duluth.



**Figure I-66 :** photo satellite de la situation de Swenson Civil Engineering Building  
**Source :** <https://www.archdaily.com>

### I-4-4- Accessibilité:

Le projet est relié par la voie principale de Marie Street.



**Figure I-67:** photo satellite d'accessibilité de Swenson Civil Engineering Building  
**Source:** <https://www.archdaily.com>

### I-4-5- Plan de masse :

- Le projet possède trois accès ; principal au côté Nord-est, les autres secondaires au niveau des cotés Est et Ouest.
- Le bâtiment se prolonge sur le terrain avec deux bandes d'espace vert l'une dans le coté nord-est au niveau de l'accès principale et la deuxième dans le coté sud-ouest.

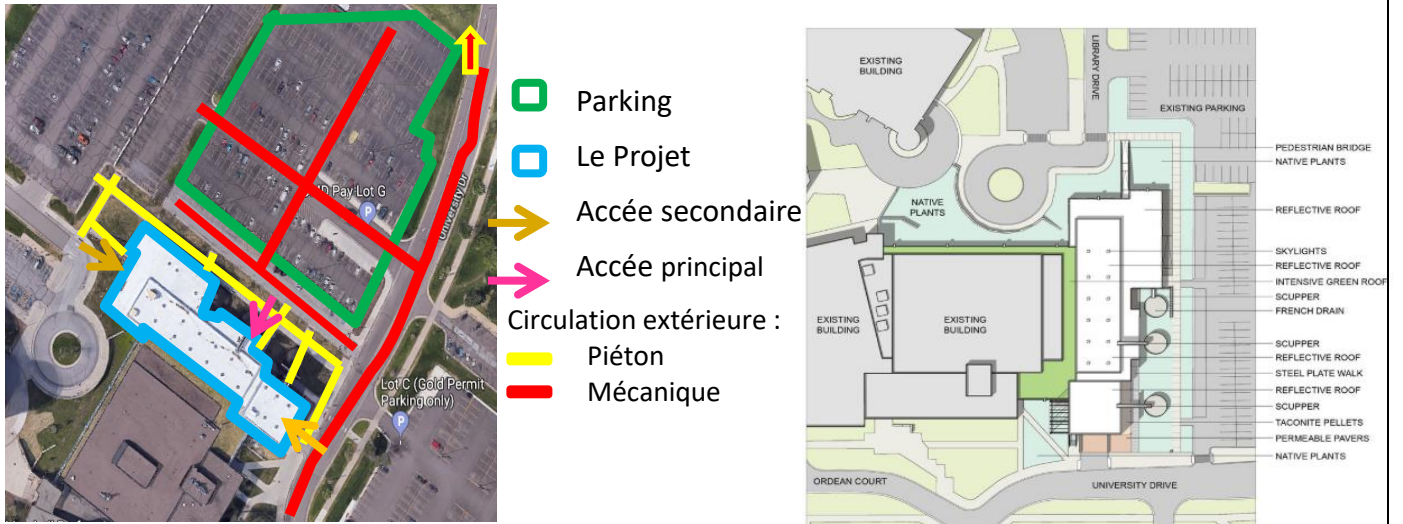


Figure I-68 : Schéma du plan de masse de Swenson Civil Engineering Building

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

### I-4-6- La forme (volumétrie) :

Le bâtiment est composé par l'emboîtement de trois parallélépipèdes (volume compacte), avec un gabarit de R+1. Il est traité avec des éléments minces en porte à faux encastés et apparent sur les façades.



Figure I-69 : photo synthèse de la volumétrie de Swenson Civil Engineering Building

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

# Chapitre I : étude thématique

## I-4-7- Les plans :

Les espaces sont distribués linéairement en deux niveaux.

Le rez-de-chaussée compte :

- les Laboratoires
- Les bureaux

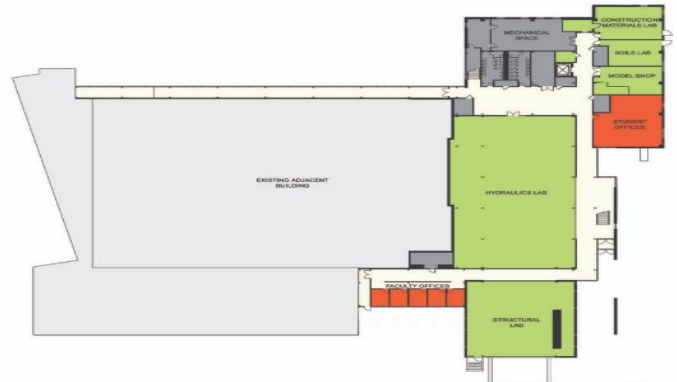




Figure I-70: Plan de RDC de Swenson Civil Engineering Building

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

Le premier étage compte :

- Les salles de classe
- Les bureaux

-  La circulation verticale
-  La circulation horizontale

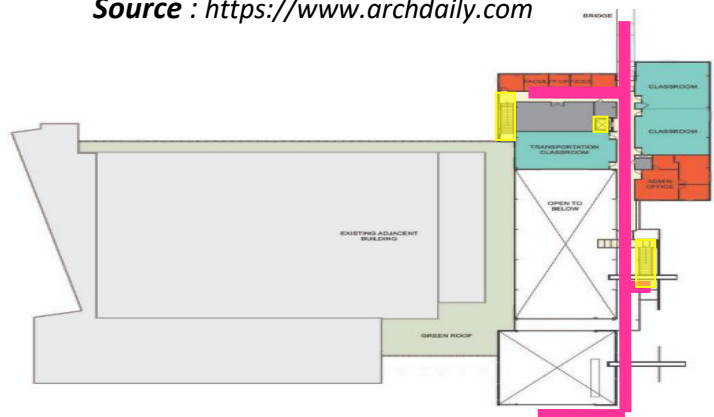


Figure I-71: Plan de R+1 de Swenson Civil Engineering Building

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

Le projet est caractérisé par la transparence et la continuité visuelle à niveau des espaces de circulation et entre les niveaux pour faciliter l'orientation et le déplacement.



Figure I-72: Photo des espaces intérieurs de l'Université de Swenson Civil Engineering Building

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

## I-1-8- L'organigramme fonctionnel :

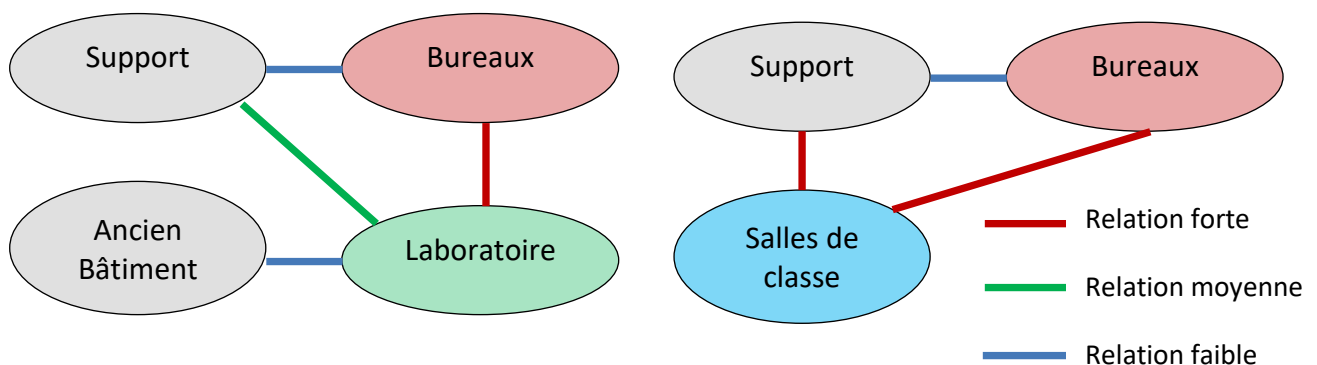


Figure I-73: organigramme spatial élaboré selon les plans

Source : Auteur

### I-4-9- Le Programme :

Le programme contient:

- 5 Laboratoires
- 3 Salles de classe
- 2 Bureaux
- administration

### I-4-10- Les Façades :

Le projet est attaché aux autres bâtiments existants, et caractérisé par des façades horizontales avec des baies vitrées verticales.

La façade Nord-est est composée d'une partie pleine opaque en bois et en béton préfabriqué isolant avec un pourcentage 30% de verre qui représente l'espace de circulation. L'absence de décrochements dans la façade Nord-Est aide à éviter les déperditions de chaleur.



Façade Nord-Est



Façade Sud-Est



Façade Sud-Ouest

**Figure I-74** : Les façades de l'Université de Swenson Civil Engineering Building

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

## Chapitre I : étude thématique

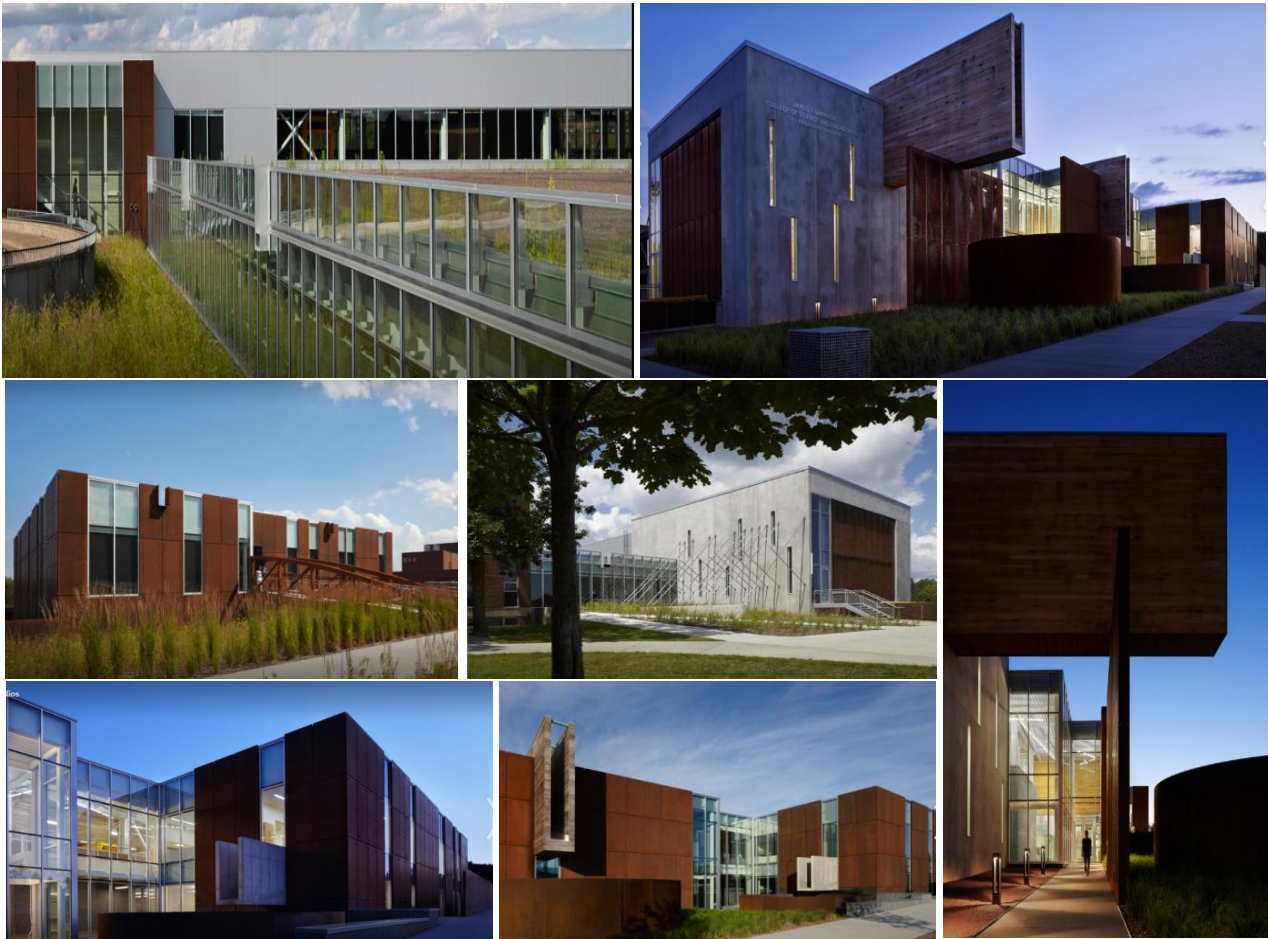


Figure I-75 : vues extérieures de l'Université de Swenson Civil Engineering Building

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

### Matériaux de construction :

La majorité des matériaux sont des matériaux avec des caractéristiques thermiques efficaces pour s'adapter avec le climat et minimiser les déperditions énergétiques.

1- Bois de cyprès

2- Les panneaux de mur préfabriqués en béton offrent une valeur R élevée en raison de l'isolation et des liens non thermiquement conducteurs

3- Vitrage spectralement sélectif et à faible émissivité utilisé pour réduire la charge thermique et les rayons UV nocifs

4- Accès à la lumière du jour pour plus de 90% des espaces

5- Toit réfléchissant atténue l'effet de chaleur et maintient le bâtiment plus frais

6- Acier corten laissé naturellement inachevé à la patine

7- Les eaux de pluie sont collectées via un système de dalots sur le toit et détournées vers un système de drainage français pour la filtration et la réutilisation des eaux pluviales

8- Les bouteilles en acier corten sont remplies de taconite de stériles miniers récupérés pour filtrer les eaux pluviales

## Chapitre I : étude thématique

9- Paysage avec des plantes indigènes et adaptées. Aucune irrigation permanente utilisée pour l'aménagement paysager



**Figure I-76** : les matériaux de construction de l'Université de Swenson Civil Engineering Building

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

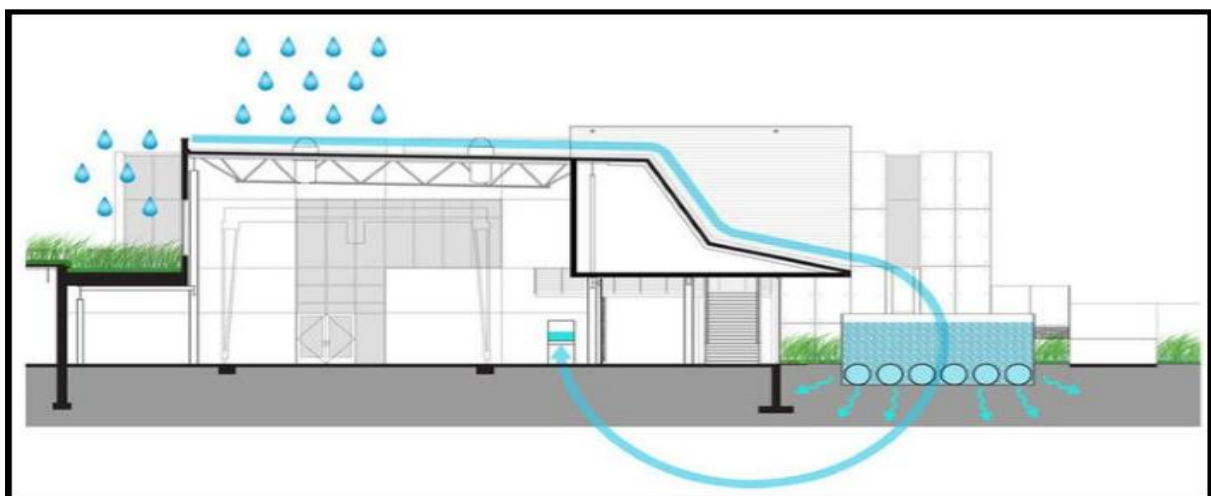
### I-4-11- Les Techniques :

Un drain français sert de grand bassin de sédimentation humide pour capter les eaux de ruissellement provenant du toit et des trottoirs adjacents.

Le système utilise le volume de stockage permanent pour refroidir les eaux pluviales afin de contrôler la température, offrant ainsi une rétention au repos pour permettre la sédimentation des sédiments.

Le système souterrain permet l'infiltration pour réduire le volume de ruissellement. Les eaux pluviales retenues sont pompées dans le bâtiment pour être utilisées dans le canal expérimental du laboratoire d'hydraulique. Les canaux de 7 500 gallons sont remplis au moins 3 fois par an.

Un système de végétation intensive couvre 23% du toit, réduisant l'impact global des eaux pluviales. Assure l'isolation phonique et thermique.



**Figure I-77** : système de récupération de l'Université de Swenson Civil Engineering Building

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

### **Synthèse :**

A travers cet étude thématique et l'analyse des exemples on a synthétisé que le choix de site et la conception d'une école préparatoire d'enseignement supérieure technologique doit prendre en considération plusieurs critères et principes.

#### **a. Situation et accessibilité**

-Ce genre d'équipement doit situer à proximité d'infrastructure d'enseignement supérieur surtout ceux qui ont des disciplines complémentaires ou similaires (université, institut, cité universitaire).

- le site choisi pour cet équipement doit être s'articuler avec le système routier principale de la ville pour faciliter l'accessibilité.

#### **b. Plan de masse**

- le projet doit possède plusieurs accès ; accès principal sur la façade principale et d'autre accès secondaire et de service ; multitude et variété des accès pour garantir une fluidité des flux et séparation selon le genre des usagers ou d'activités.

- Il doit contenir des espaces non bâtis :

Espace d'accueil

Espace extension pour les espaces de conférence

Espaces d'exposition extérieurs

Espaces de repos

Espaces de stationnement pour les enseignants, les étudiants et de service

Espaces pour les travaux extérieurs comme espace d'essai.

La distribution de tous ces espaces et en relation avec les espaces bâtis et le voisinage de site.

- L'espace bâti doit occuper le milieu du terrain pour exploiter les espaces libres tous en tour et minimiser le bruit et les flux avant d'accéder aux espaces intérieurs.

L'utilisation de la végétation et de l'eau pour créer un microclimat confortable (minimiser l'albédo, créer l'ombre, humidifier l'air, briser et dévier les vents)

## Chapitre I : étude thématique

---

### **c. Volume et façades**

- Le volume doit être monobloc et orienter nord-sud pour profiter de l'éclairage naturel pendant toute la journée surtout pour les salles de classe et minimiser l'impact indésirable d'ensoleillement.
- Volume caractérisé par la transparence et la continuité visuelle pour refléter l'aspect de la technologie, de légèreté et de propreté.
- L'utilisation des couleurs claires pour réfléchir le maximum des rayons solaires et reflète la clarté de science.
- L'utilisation des brises solaires pour occulter les ouvertures et contrôler la pénétration de la lumière à l'intérieur des espaces.

Des décrochements et des pilotis pour créer des zones ombrées

### **d. Conception intérieure**

- Hiérarchisation des espaces et la gestion des flux (active/calme)  
(Entrée->classe)
- hiérarchie des parcours pour gérer le flux.
- Séparation des espaces d'enseignement selon leur activité (amphi, atelier, laboratoires, salle de classe).
- positionner les salles de classe au niveau des étages supérieurs.
- Créer des patios et des atriums pour l'éclairage indirect et de chauffage et climatisation et comme éléments structurant d'organisation des fonctions et de distribution des flux.
- Continuité de circulation entre les parcours extérieurs et intérieurs.
- Garantir aux salles de classe et les ateliers un éclairage et une ventilation naturels.
- Organisation linéaire des classes.
- Multitude des entrées et issues pour garantir l'évacuation des grandes masses des flux surtout au niveau du hall principal et des amphis.
- Séparer les espaces de services des espaces d'enseignement pour éviter l'intersection des circuits étudiants/enseignants et services.
- Dans les salles de classe, laboratoires et ateliers la source d'éclairage naturel principal doit être de côté gauche.
- Créer une continuité visuelle entre les différentes zones par les mezzanines.

# Chapitre II :

# Etude Contextuelle

### Introduction :

Le contexte du projet joue un rôle très important dans le processus de la conception, Cette influence est transmise à travers une multitude de vecteurs, qui font que la forme soit définie à travers la morphologie du site, la composition avec les éléments naturels du climat, et le voisinage. L'analyse contextuelle incite à connaître les conditions climatiques, la topographie du terrain, la typologie architecturale de la région, les voisinages, les besoins, les avantages et les contraintes ; pour les prendre en considération lors de la conception du projet, afin d'aboutir à une assiette d'intervention la plus appropriée à la compatibilité et la fiabilité du produit architectural.

### I- Échelle territoriale

#### I-1- Situation de Laghouat :

Laghouat situe au cœur du pays, sur les bords de l'oued M'ZI, au piémont de l'Atlas saharien et du plateau saharien, fait partie des villes du sud de l'Algérie. Se trouve à 400 Km de la capitale Alger. La wilaya de Laghouat est limitée par les wilayas suivantes :

Au Nord : Tiaret, Au Sud : Ghardaïa, A l'Est : Djelfa, A l'Ouest : El-Bayadh

La ville est définie par les coordonnées :

Latitude : 33°47'59" Nord

Longitude : 2°51'54" Est

L'altitude : 767 m 764 m (Les coordonnées géographiques de Laghouat, Algérie)

#### I-2- Accessibilité de Laghouat :

##### a- Les voies :

Laghouat est relié par une route nationale RN°1 allant jusqu'à l'extrême sud du pays, et par la route nationale RN°23 du côté Nord-Ouest, ainsi la route national RN°47 (pour la région de Aflou), elle contribue à un flux décharge socio-économique très important dans l'organisation de l'espace et le développement de la région.



Figure II - 1 : carte de la ville de Laghouat.

## Chapitre II : étude contextuelle

### b- Gare ferroviaire :

Nouvelle gare ferroviaire en cour de réalisation, relié le Nord de pays avec le sud.

### C- Aéroport :

Laghouat est doté d'un aéroport qui se trouve à 14km de la ville de surface de 1500m<sup>2</sup>.



Figure II- 2 : aéroport de la ville de Laghouat.

### I-3- Données climatique de la ville de Laghouat :

La zone Laghouat se situe dans la zone D, des zones climatiques caractérisant le territoire algérien, appelée la zone pré-Sahara et Sahara. Cette zone est caractérisée par une température élevée dans la saison de chaud (max de 45°C) et un hiver très froid, d'une humidité très réduite vers 20%.



Figure II – 3 : Zonage climatique de Laghouat.

#### I-3-1- Le climat lumineux de Laghouat :

La ville de Laghouat se caractérise par un ciel clair et un éclairement lumineux horizontal moyen égal à 42 Kilo lux.

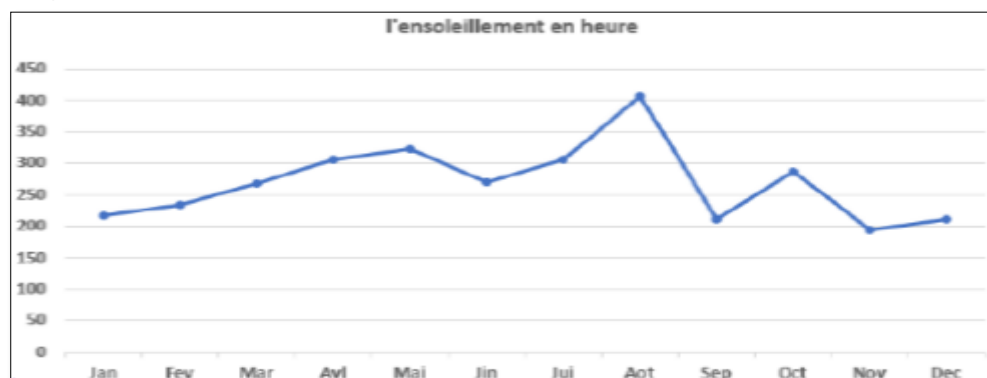


Figure II - 4: fréquence des ciels ensoleillés, 2014

Sources : La station météorologique de Laghouat

## Chapitre II : étude contextuelle

La longueur du jour varie considérablement au cours de l'année. Le jour le plus court est le 21 septembre avec 9h54min de jour; le jour le plus long est le 21 juin avec 14h24min de jour.

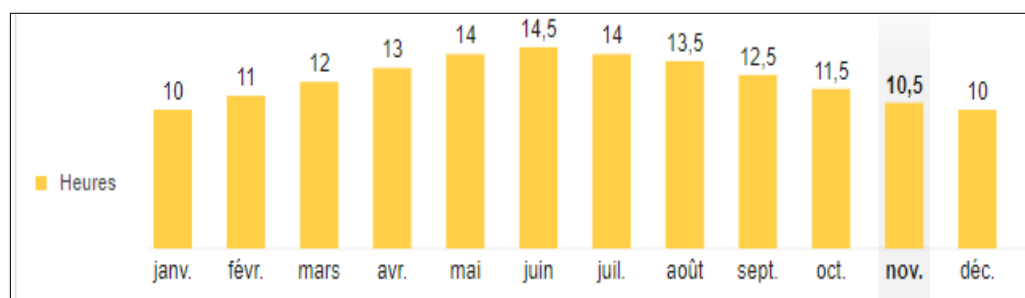


Figure II - 5: Longueur du jour centre météo de Laghouat (période 2004-2013)

### I-3-2- La température :

La ville de Laghouat est connue par un été très chaud avec des températures moyennes max pouvant atteindre 31,6°C en période estivale et un hiver très rigoureux, la température moyenne min descend jusqu'à 7.5°C.

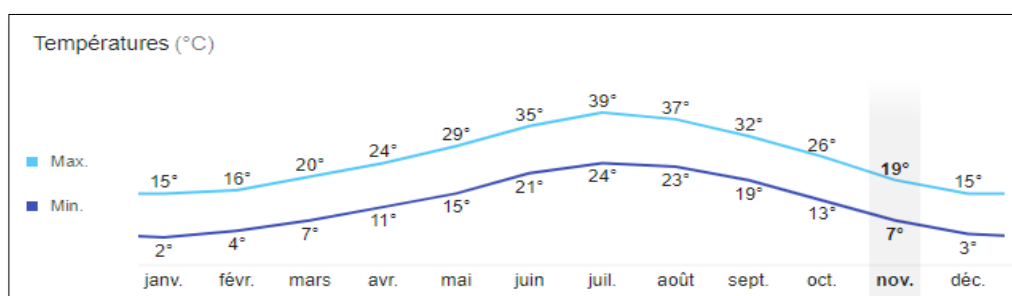


Figure II - 6 : centre météo de Laghouat (période 2004-2013)

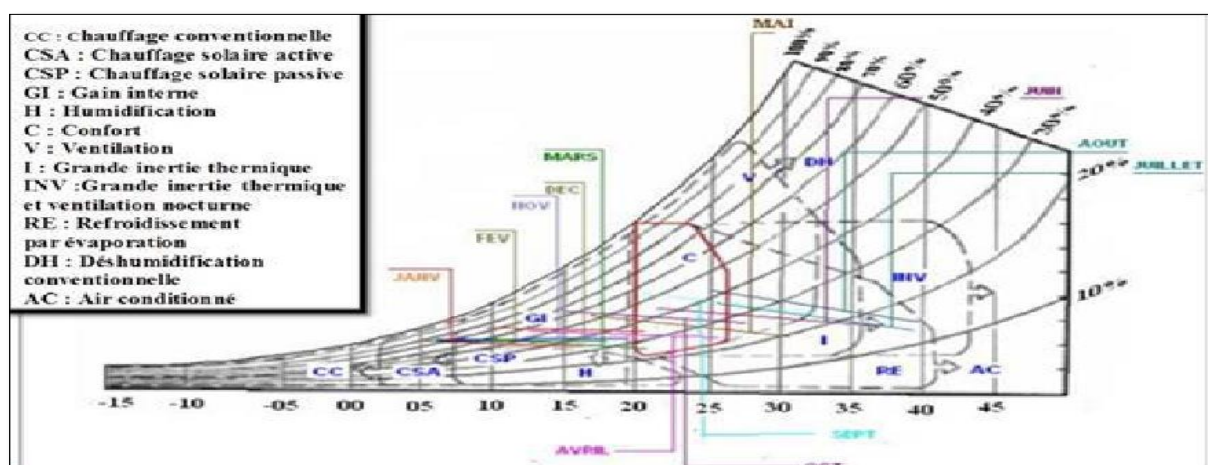


Figure II - 7 : Diagramme de Givoni de Laghouat

Source : Etude et évaluation du confort thermique.

## Chapitre II : étude contextuelle

### A- Le diagramme de Givoni :

Selon de diagramme de Givoni on distingue trois périodes :

1- La zone de confort : « C »

- C'est la zone ou les conditions de température pour lesquelles l'être humain est confortable, Comprise entre 18.5°C et 23.7°C, le confort y est sans recours aux recommandations, ressenti principalement en mois de mai et octobre.

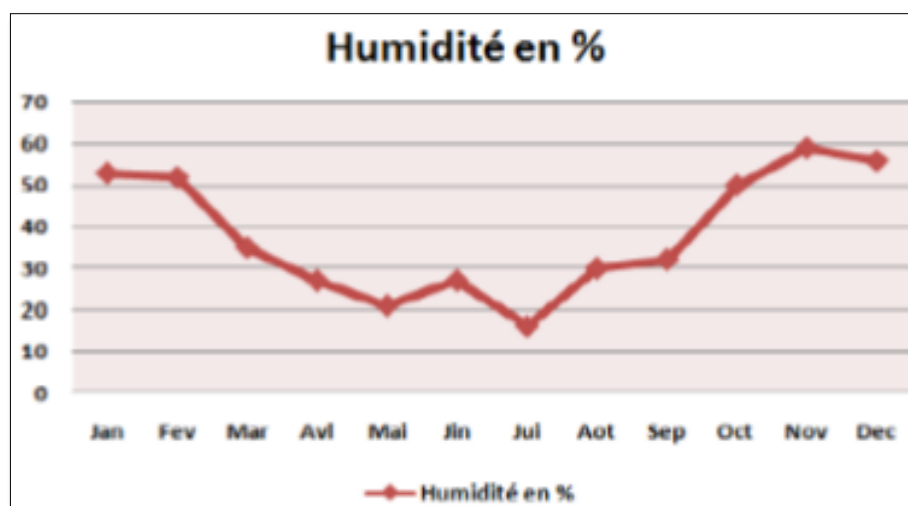
2- Zone de sous chauffent (Zone de chauffage) : « H »

- C'est la zone ou les conditions de température est très faible (besoin de chauffage mécanique), Comprise entre 8.3 °C et 10.3°C, ressenti en mois de janvier et décembre.

3- Zone d'influence d'inertie : « I » Elle est apparente essentiellement au printemps (février, mars et avril).

### I-3-3- L'humidité :

Dans le mois de novembre on enregistre un taux d'humidité relative le plus élevé (60%), et le plus bas (16%) pendant le mois de juillet.



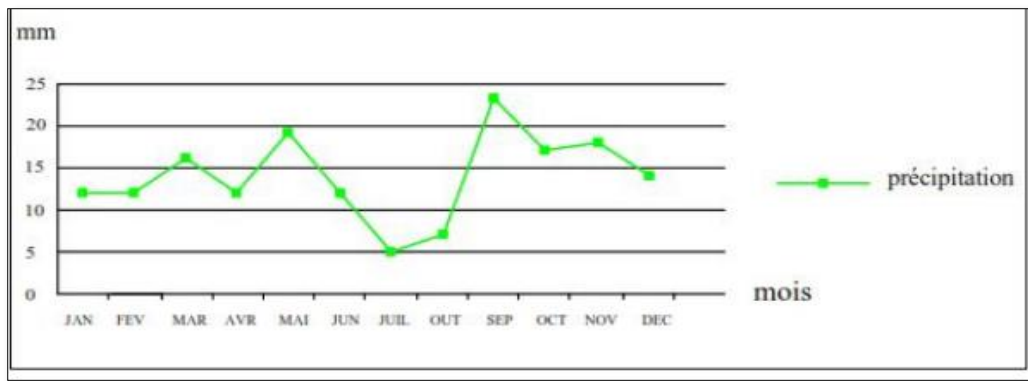
**Figure II – 8 :** Graphe de l'humidité. Annuelle 2015,

**Source :** La station météorologique de la Laghouat

### I-3-4- La précipitation :

Classer par un ciel claire, précipitation varie entre le mois le plus arrosé est septembre avec 23mm et le mois le plus sec est juillet avec 3mm.

## Chapitre II : étude contextuelle

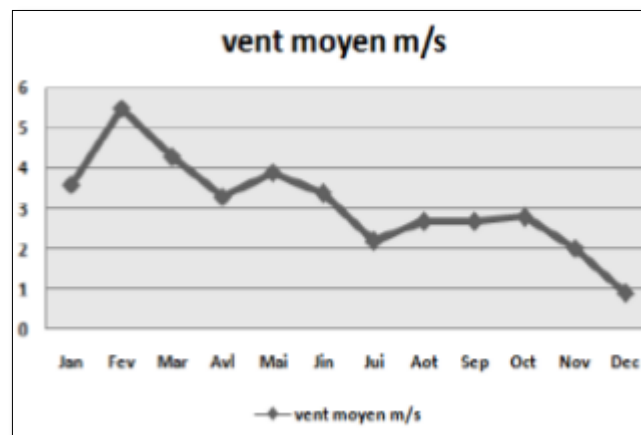


**Figure II – 9** : graphe des précipitations

**Source** : centre météo de Laghouat (periode 2004-2013)

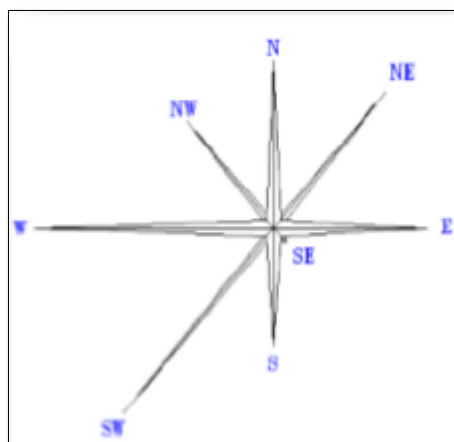
### I-3-5- Les vents :

Les vents en hiver sont de direction NORD-OUEST ceux de l'été sont de direction SUD-OUEST, sous forme de siroco. Ces vents sont souvent violents et chargé de sable et de poussière.



**Figure II – 10** : moyens de vent de la ville de Laghouat 2015,

**Source** : La station météorologique de Laghouat



**Figure II – 11** : Rose des vents.

**Source** : la station météorologique de Laghouat (Année 2010)

### II- Échelle urbaine :

#### II-1- Evolution urbaine de la ville de Laghouat :

A travers la carte de l'évolution urbaine de la ville de la Laghouat, les nouvelles équipements et infrastructures se trouvent dans les zones 3, 4 et 5.

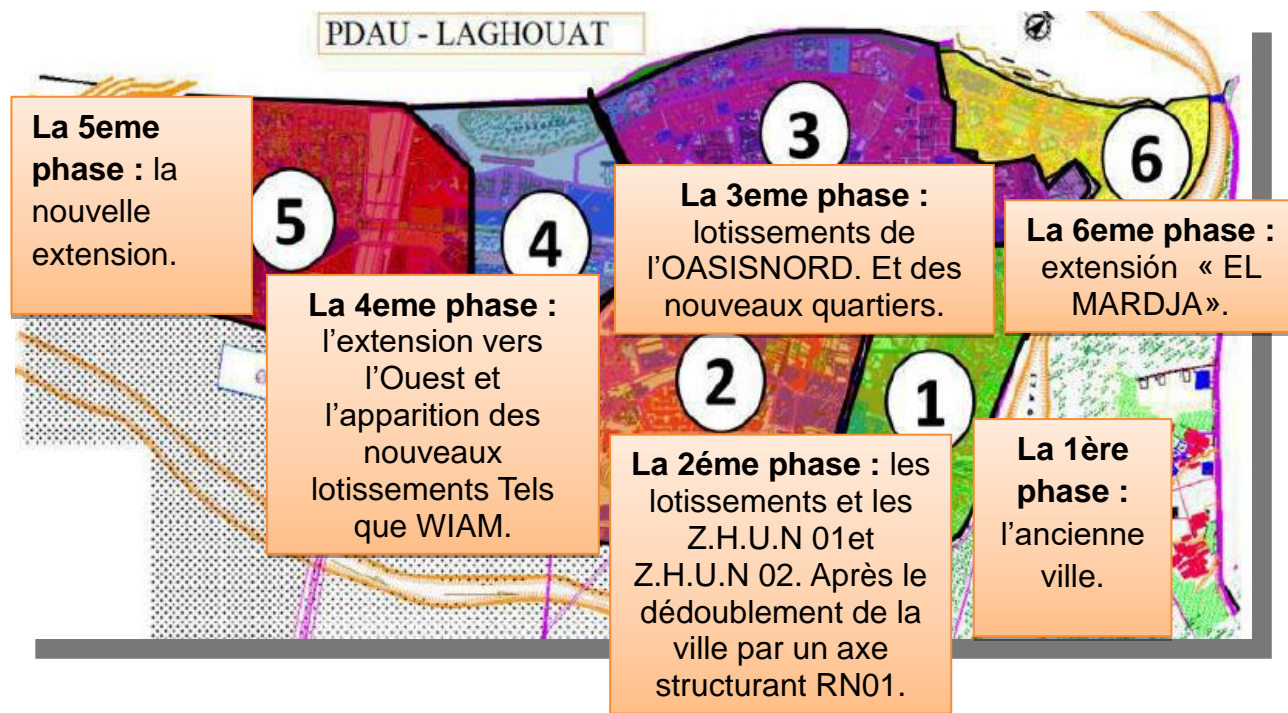


Figure II – 12 : Les différentes phases de développement urbain de la ville.

Source : (P.D.A.U) de Laghouat révision 2012.

#### II-2- Etablissements d'enseignement supérieur et le système routier :

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

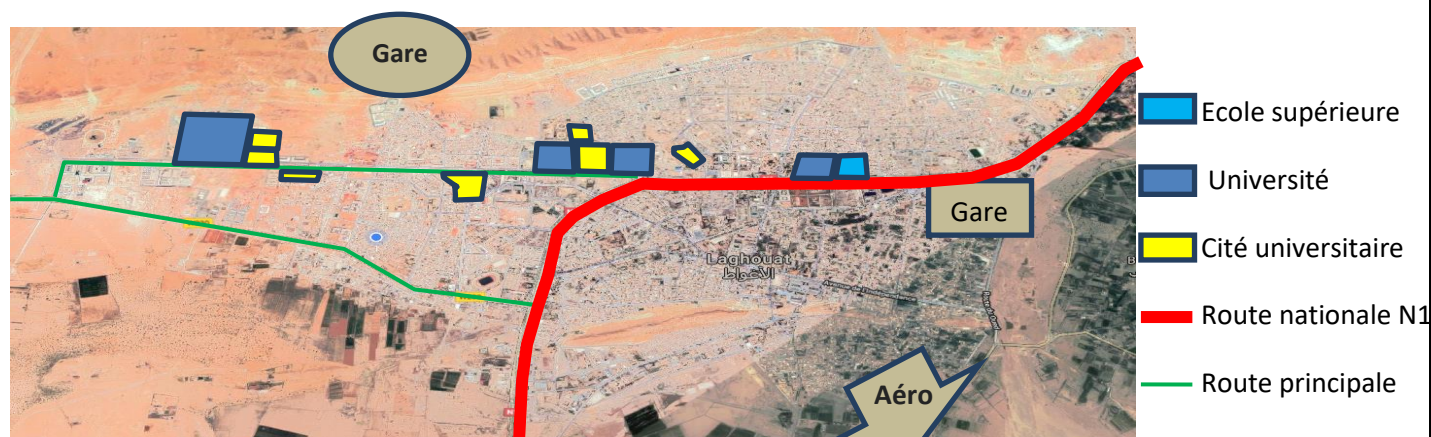


Figure II-13 : activités d'enseignement supérieur dans la ville.

Source : (P.D.A.U) de Laghouat révision 2012.

### II-3- La typologie architecturale de la ville de Laghouat :

#### II-3-1- Le style architectural de Laghouat est caractérisé par :

Le style traditionnel de la région de Laghouat se caractérise par :

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

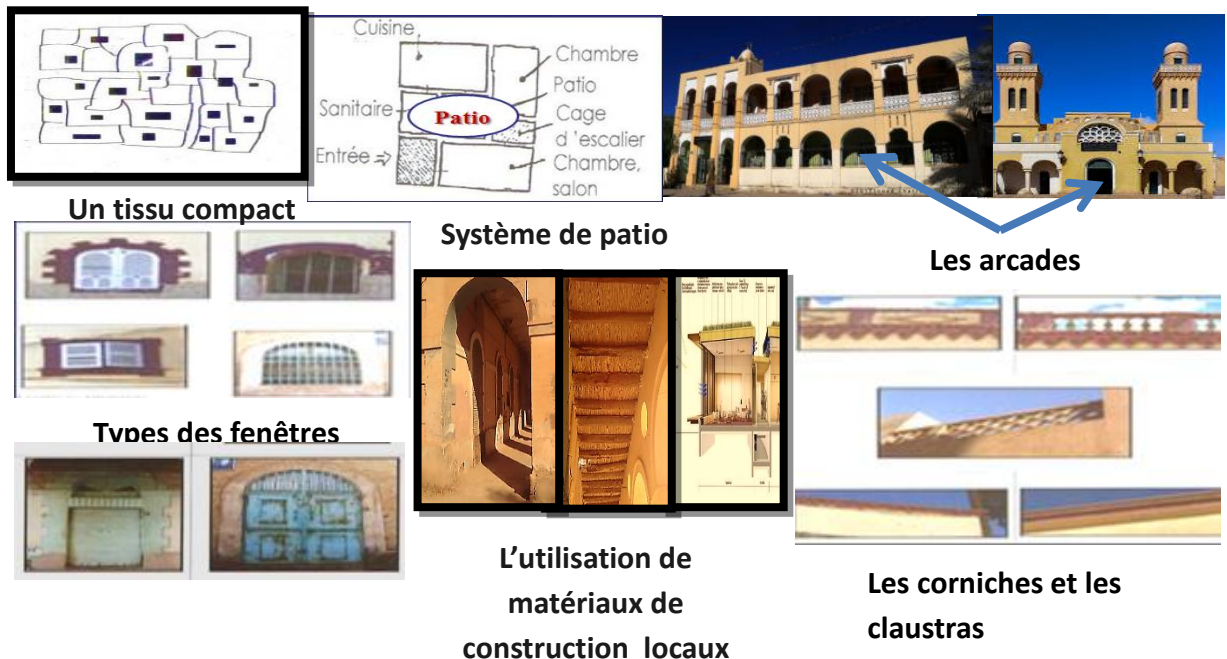


Figure II – 14 : Les éléments architectoniques de Laghouat.

### III- Échelle locale :

#### III-1- Choix de site :

##### III-1-1- Critères de choix :

- À côté des infrastructures des enseignements supérieurs (l'université, faculté et cité universitaire)
- Zone d'extension nouvelle (pour minimiser l'encombrement dans la ville)
- Existence de la nouvelle gare ferroviaire qui sera le moyen principal de transport.
- Articuler avec le système routier principal de la ville (de l'extension nouvelle).

### III-2- Situation du site par rapport à la ville :

Le site se situe au niveau de la nouvelle extension de la ville de Laghouat dans la partie sud-ouest.



Figure II – 15 : la localisation du site d'intervention par rapport à la ville.

### III-3- L'accessibilité :



— Voie principale

— Voie tertiaire

Figure II – 16 : l'accessibilité du site d'intervention

### III-4- Les flux :




-  Flux faible
-  Flux moyen
-  Flux fort



Figure II – 17 : les flux du site d'intervention

### III-5- Le voisinage :

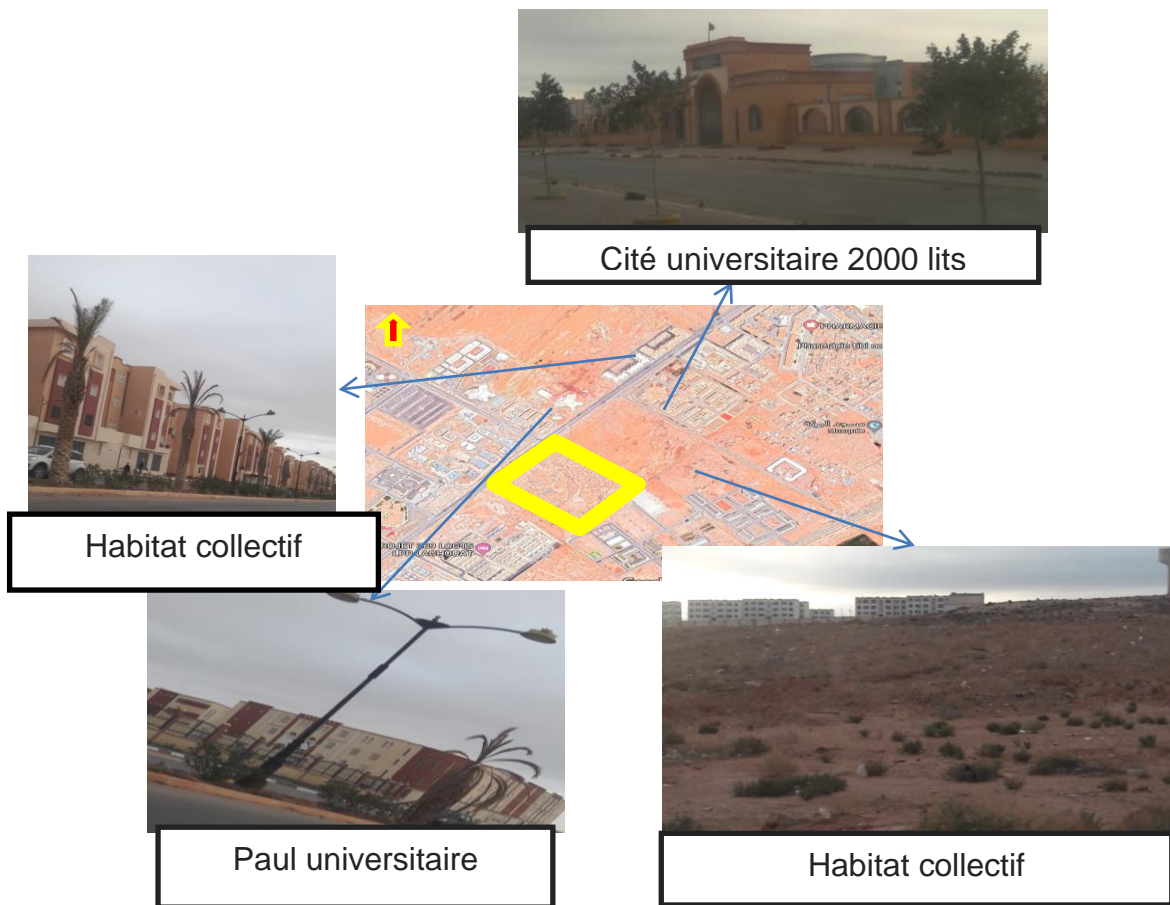


Figure II – 18 : le voisinage du site d'intervention

### III-6- Les limite :

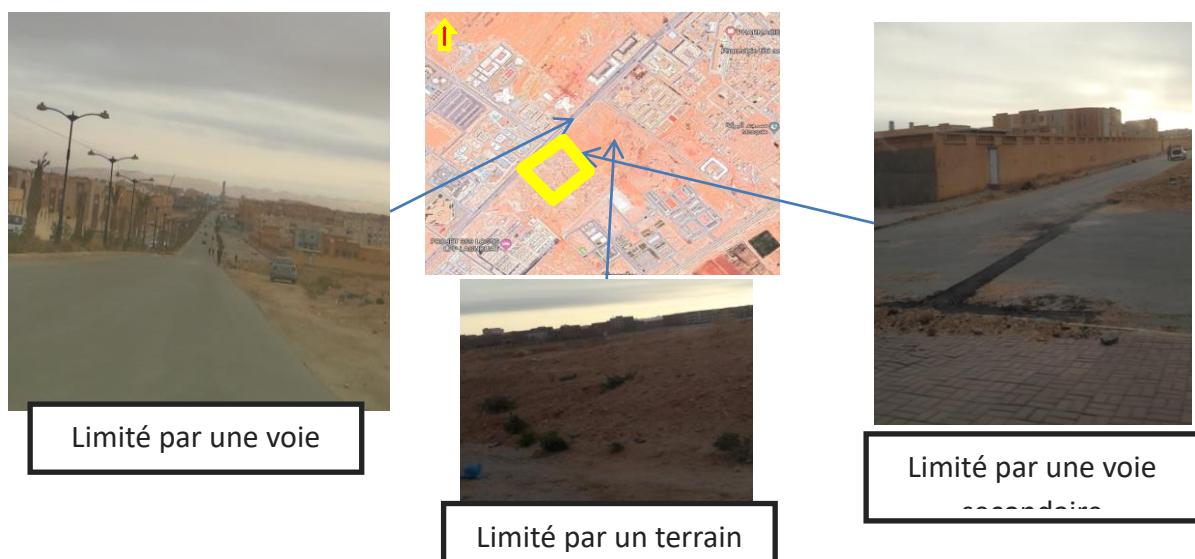


Figure II – 19 : les limites du site d'intervention

### III-7- La forme de l'assiette :

Le terrain est en forme rectangulaire, il est de 120 m par 170 m avec une surface de 20400m<sup>2</sup>.

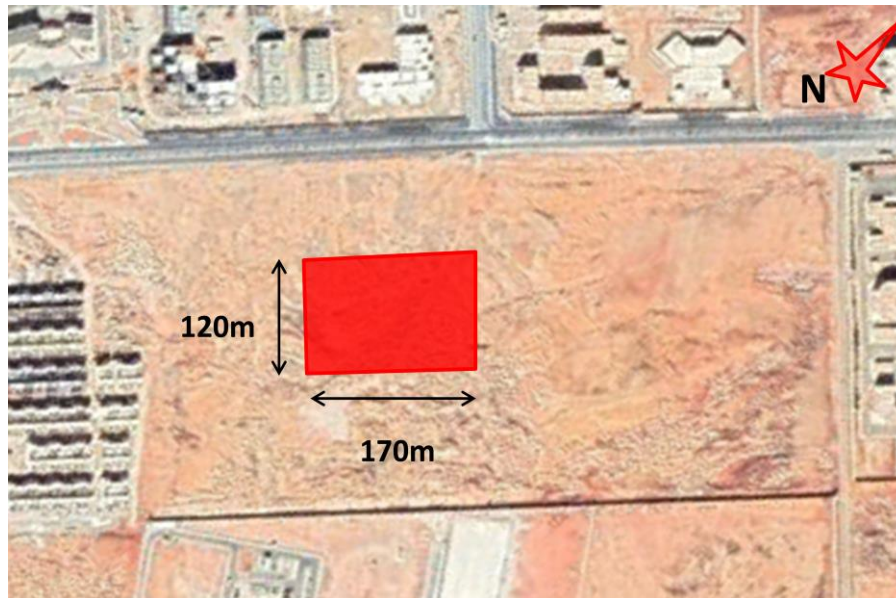


Figure II – 20 : la forme de l'assiette

### III-8- Typologie et climatologie du terrain d'intervention :

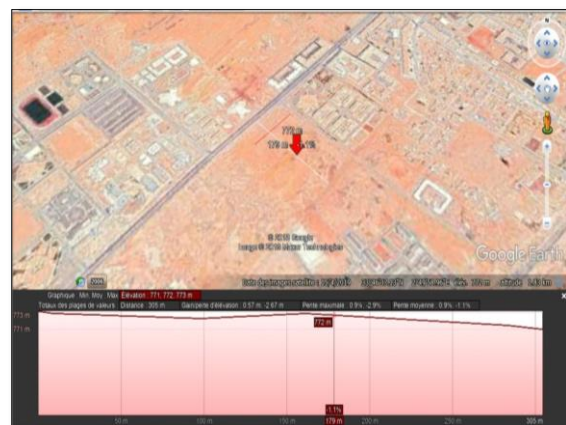
#### III-8-1- Topographie de terrain :

##### a- Coupe topographique :

Le terrain est relativement plat avec une pente de 1.6 %. Le terrain a une forme rectangulaire



Une pente de 1.6 %



Une légère pente de 1%

Figure II – 21 : topographie du terrain

## Chapitre II : étude contextuelle

### b- Les vents :

Les vents sont de directions différentes : ceux du sirocco proviennent du côté Sud-ouest, les vents froids du côté nord-ouest, et les vents chauds du côté sud-est

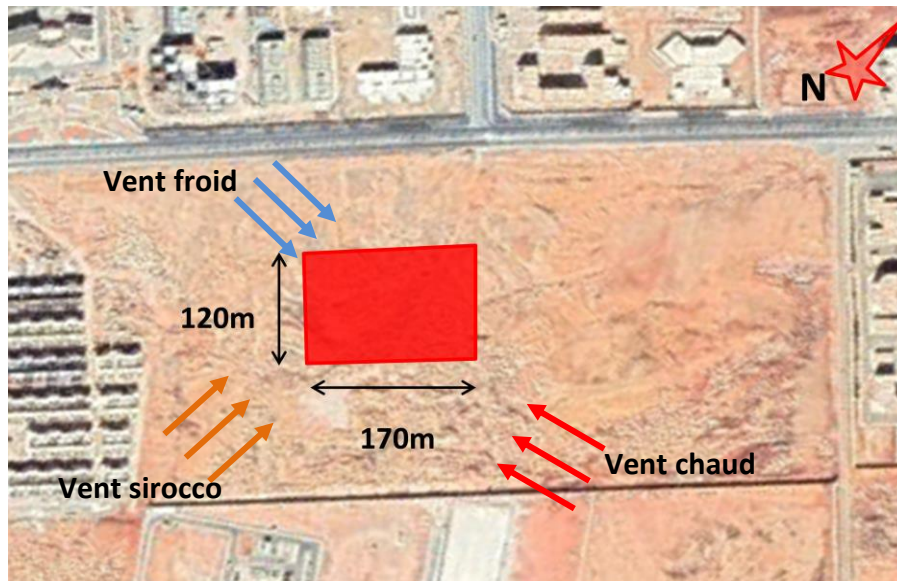


Figure II – 22 : vents dominants

### c- L'ensoleillement :

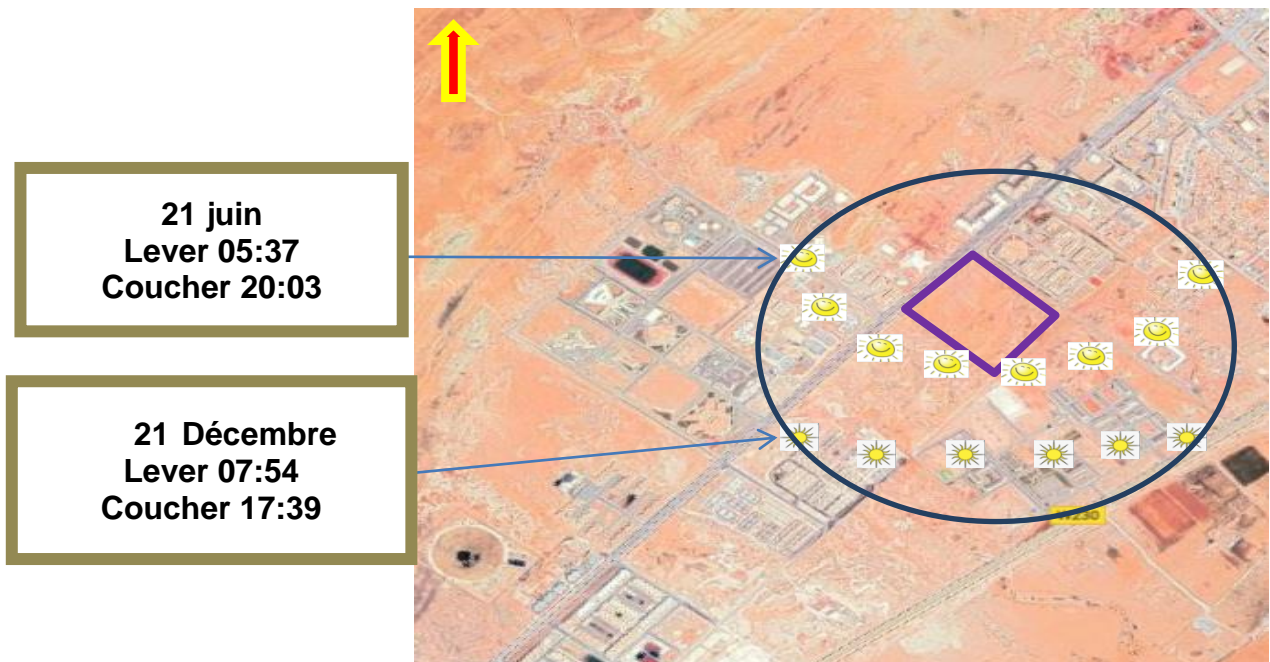


Figure II-23 : l'assiette de l'implantation du projet avec le trajet solaire d'été et d'hiver

## Chapitre II : étude contextuelle

### Synthèse :

<b>Situation et accessibilité</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le site est situé dans une cité universitaire (faculté de technologie) et préee d'une voie importante, ce qui le donne une position et des flux importants à gérer à travers le choix des accès et des façades.</li><li>• Orienter le projet vers le flux important (vers la voie principale).</li><li>• Disposer l'accès mécanique vers le côté Nord Est proche de la voie secondaire projetée.</li><li>• Surface de 20400m<sup>2</sup>de dimension de 170*120m, pour distribuer les fonctions sur l'espace intérieur et extérieur d'une façon intégrée et homogène.</li></ul>
<b>Plan de masse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le projet doit contenir des espaces extérieurs comme espaces d'accueil, de repos, de stationnement et d'attente.</li><li>• Implantation d'une ceinture verte au périphérique du projet comme un écran sonore et pour dévier les vents.</li><li>• Limiter la circulation mécanique vers les zones de stationnement.</li><li>• Briser les vents avec l'utilisation des arbres.</li><li>• Protéger les espaces extérieurs des rayons solaires intenses d'été avec la végétation, les pergolas et les arbres à feuilles caduques.</li><li>• Assurer une continuité spatiale et fonctionnelle entre l'espace bâti et le non bâti.</li></ul>
<b>Volume et façades</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le choix d'une forme compacte qui permet de diminuer les déperditions thermiques et l'exposition à l'ensoleillement (inspiré du tissu compact traditionnel).</li><li>• Patio, moucharabié (L'inspiré de l'architecture locale)</li><li>• Une couleur claire pour réfléchir le fort rayonnement solaire en été.</li><li>• Utiliser des grandes baies vitrées au niveau des espaces de circulation et halls pour cumuler la chaleur des rayons solaires avec l'effet de serre.</li></ul>
<b>Conception</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Affectation des activités selon le voisinage médiat pour facilité</li></ul>

## Chapitre II : étude contextuelle

<b>intérieur</b>	<p>la continuité fonctionnelle et gestion des flux</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilisation des patios et atriums pour l'aération et éclairage naturel indirect pour les espaces d'enseignement.</li><li>• Organiser les espaces d'une façon à assurer le calme pour les espaces d'enseignement par rapport le voisinage immédiat.</li><li>• Eviter l'orientation ouest d'ouverture pour l'espace d'enseignement.</li><li>• Exploitation de la lumière naturelle dans les salles de classe et salles de lecture.</li><li>• La maîtrise de gestion des flux.</li><li>• L'intégration de la végétation et de l'eau dans les espaces de circulation et halls.</li></ul>
<b>Durabilité</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilisation des végétations adaptées avec l'environnement</li><li>• Aspect climatique du site :</li></ul> <p>L'ensoleillement :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Utilisation des décrochements et des jeux des volumes pour créer L'ombre.</li><li>- Utilisation des couleurs claires pour réfléchir le maximum des rayons solaires.</li><li>- Exploiter l'ensoleillement et la lumière naturelle</li></ul> <p>Matériaux : Utilisation des matériaux de grande inertie et l'utilisation des matériaux locaux.</p>

# Chapitre III : Etude programmatique

## Chapitre III : étude programmatique

### Introduction

La tâche de la programmation c'est une mission essentielle pour commencer la conception architecturale et pour arrêter l'organigramme fonctionnel et spatial du projet. Après l'étude thématique, contextuelle et l'analyse des programmes des écoles préparatoire en Algérie, qui nous permet de découvrir les différents espaces d'une école préparatoire et la nature des relations entre eux, ce chapitre consacré à l'étude des besoins et exigences dimensionnels de chaque espace.

### Programmation :

Une école préparatoire technologique contient trois entités selon la nature des espaces :

1. Entité d'enseignement : c'est l'entité principale de l'école, elle contient les espaces de formation théorique les salles de classe, les amphis, et pratique, comme les laboratoires et la bibliothèque.
2. Entité de gestion : cette entité représente l'administration, contient les bureaux administratifs et la scolarité.
3. Entité de services : contient le foyer et les autres services.

Chaque entité contient des annexes tels que les bureaux des enseignants et les locaux de stockage.

#### 1- Programmation qualitatif :

Espace	Exigence
Salle de classe	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Orientation:</b> Doit tenir compte:<ul style="list-style-type: none"><li>- Les effets d'ensoleillement.</li><li>- Les vents dominants et leurs forces.</li><li>- La topographie du terrain.</li><li>- Les locaux d'enseignements sont orientée (nord-sud), ce dispositif permet de diminuer les efforts d'ensoleillement en saison chaude.</li></ul></li><li>• <b>Température</b> : 20C°-22C°.</li><li>• <b>Renouvellement d'air</b> : 3 renouvellements par heure.</li><li>• <b>Humidité relative</b> : 50-60%.</li><li>• <b>Relation</b> : directe avec la cour de récréation et les sanitaires, indirecte avec l'administration et le réfectoire (foyer).</li></ul>

## Chapitre III : étude programmatique

- **Structure** : éviter d'avoir des poteaux au milieu des salles de classe.
- **contre l'incendie** : Dotant le bâtiment de détecteurs de fumée.
- Le bâtiment doit présenter une perméabilité facilitant l'évacuation des personnes.
- **Eclairage** : naturel latéral, bilatéral ou zénithal.

**Direct** : latéral, bilatéral, multilatéral, zénithal

**Indirect**: latéral, bilatéral, multilatéral, zénithal

- **Éléments du confort visuel dans les salles de classe:**

1. Un niveau d'éclairage suffisant.
2. Une répartition harmonieuse de la lumière.
3. L'absence d'éblouissement.
4. L'absence d'ombre gênante.
5. Un rendu de couleur correct.
6. Une teinte de lumière agréable

Les niveaux minimums (éclairagements moyens à maintenir)	
Classe à aménagement fixe	300 à 500 lux au niveau du plan de travail
Classe à aménagement variable	300 à 500 lux au niveau du sol
Tableau	500 à 700 lux sur le plan vertical, à 1,20 m de hauteur
Document affiché dans les classes	300 lux
Écran d'ordinateur	200 lux

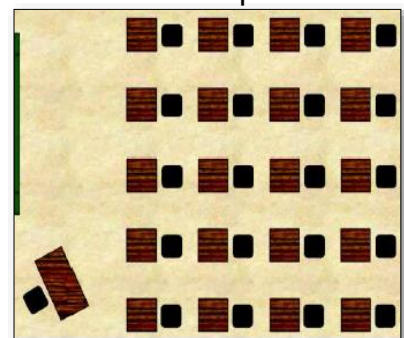
Besoin d'éclairage : détailler au niveau de la page la partie expérimentale page 90

- **L'aménagement de salle de classe :**

Pour rendre cet espace fonctionnel, son aménagement est nécessaire pour permettre de répondre à la fonction première et primordiale d'une salle de classe.

La méthode pédagogique :

- Traditionnel unidirectionnel  
(les différents types présenter au niveau de l'annexe page .....)
- Libre (les grandes salles)



## Chapitre III : étude programmatique

- Norme de distance intérieure maximum Il ne faut pas dépasser une distance de 9m.
- Eclairage naturel des salles de classe:
  - ♣ L'éclairage doit être bilatéral, afin d'éviter les ombres portées (droitiers-gauchers) et donner une autonomie complète plus de la moitié du temps en lumière naturelle seul.
  - ♣ Dimension d'ouverture de fenêtre d'au moins 25% de la surface au sol avec une hauteur d'allège de l'ordre de 1,15m.
  - ♣ La couleur des parois, Les matériaux, les traitements de surface et les couleurs sont choisis de manière à créer une ambiance favorable à l'étude et à ménager la vue. Il faut tenir compte de l'ensemble des éléments (murs, sols, mobilier) et pas seulement des murs, des matériaux ni de la couleur elle-même. Privilégier des couleurs claires pour les plafonds, murs et plan de travail. Eviter les couleurs brillantes mais choisir plutôt des couleurs mates ou satinées.
- Ventilation des salles
  - ♣ Orientation des façades :

L'orientation des salles de classe doit être si possible nord-sud, perpendiculaire à la direction moyenne des vents. Pour se protéger contre la pluie, on peut amener à s'écarter de cette direction privilégiée, mais pas plus de 45° pour conserver une action efficace du vent. Ceci conduit donc le plus souvent à des façades exposées l'une entre le sud-est et le nord-est, l'autre entre le nord-ouest et le sud-ouest. En milieu urbain, il faut éviter d'exposer les façades des salles au bruit, à la pollution des rues passantes, et aux relations visuelles gênantes afin que les occupants puissent utiliser l'ouverture des fenêtres.
- L'uniformité** ( $U_o$ ), définie comme le rapport de l'éclairement minimum à l'éclairement moyen, est le reflet de l'homogénéité de l'éclairement. La valeur exigée est fonction de la tâche visuelle à exécuter. Typiquement, pour un bureau ou une salle de classe, elle sera fixée à 0.8

## Chapitre III : étude programmatique

Amphi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'espace nécessite l'éclairage artificiel.</li> <li>- Il nécessite des traitements thermiques et acoustiques pour assurer une bonne isolation.</li> <li>- Volume d'air:30m<sup>3</sup>/h</li> <li>- La pente sera de l'ordre de 8° à 10° cela correspond à une surélévation de 12cm entre deux rangées de sièges successives.</li> <li>- L'angle de vision devra être (dans les conditions optimales) de : 110° depuis le 1er rang, 60° depuis la rangée médiane 30° depuis le dernier rang.</li> <li>- Chaque personne occupe une surface de 0.5m<sup>2</sup>.</li> <li>- La surface de la scène est presque le 1/6 de la surface des gradins.</li> <li>- L'hauteur de scène : 1m</li> </ul>
Foyer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite la bonne ventilation qui doit être assurée par plusieurs directions.</li> </ul>
Hall D'accueil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centre de circulation principal.</li> <li>- Accès principal</li> <li>- Une relation forte et directe avec l'entrée principale.</li> <li>- Son positionnement central permet d'assurer la distribution vers les différentes entités.</li> <li>- L'éclairage naturel soit par : un éclairage zénithal ou mur rideau</li> <li>- Niveau d'éclairage (de 300 lux 700 lux).</li> <li>- Débit d'air : 18m<sup>3</sup>/h/pers</li> <li>- Confort thermique : 21à26 °C</li> <li>- Niveau acoustique : 40 dB</li> </ul>
Secrétaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction : La réception des visiteurs.</li> <li>- A proximité du bureau de directeur.</li> <li>- Espace sécurisé, Elle sera visible par le public.</li> <li>- Éclairage : 300 lux</li> <li>- Niveau acoustique : 40 dB</li> </ul>

## Chapitre III : étude programmatique

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit d'air : 18m<sup>3</sup>/h/pers.</li> <li>- Confort thermique : 21à26 °C</li> </ul>
Bureaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une liaison (visuelle au moins) avec la cour</li> <li>- Le niveau d'éclairage 500 lux mais pour les bureaux avec poste de travail à proximité de fenêtre 300 lux.</li> <li>- La ventilation doit être individualisée, réglable et naturelle dans chaque bureau.</li> <li>- La bonne aération du bureau par la ventilation naturelle.</li> <li>- Surface nécessaire y compris les appareils et leur surface de manipulation:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Employé seul entre 6 - 9 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Employé dans un bureau collectif 5 m<sup>2</sup>.</li> </ul> </li> <li>- Volume d'air :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour activité essentiellement assise, pour une au moins 12 m<sup>3</sup>.</li> <li>• Pour activité essentiellement non assise, au moins 15 m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> <li>- Hauteur libre pour un surface de bureau de : Jusqu'à 50 m<sup>2</sup> 2.50 m /au-delà de 50 m<sup>2</sup> 2.75 / au-delà de 100 m<sup>2</sup> 3.00 m / au-delà de 250 m<sup>2</sup> 3.25 m</li> <li>- Profondeur de bureau jusqu'à 4.50 m pour éclairage naturel suffisant.</li> <li>- Une bonne isolation thermique et acoustique par des murs en brique avec une lame d'air et aussi par utilisation d'isolant comme le polystyrène expansé.</li> </ul>
Archive	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lieu de stockage des archives</li> <li>- Espace sécurisé.</li> <li>- Une relation avec les locaux du traitement du livre et la salle de lecture et du prêt.</li> <li>- Éclairage : 400 lux</li> <li>- Niveau acoustique : 40 dB</li> <li>- Degré hygrométrique 55 %</li> <li>- Confort thermique : 17a18 °C</li> <li>- Équipement : Des armoires à archives et petite table de</li> </ul>

## Chapitre III : étude programmatique

	consultation
Sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace humide</li> <li>- Le niveau d'éclairage 120 lux</li> <li>- Volume d'air : 30+15N* m<sup>3</sup>/h/local</li> <li>- La température d'air : 24°c</li> <li>- Le nombre de WC. Ne dépasse pas quatre dans chaque unité Sanitaire</li> </ul>

### I.1.1. Exigence de confort :

D'après les présentations qualitatives de chaque espace on va résumer dans le tableau suivant les exigences de confort de chaque entité :

Entité / confort	Température ambiante	Niveau d'éclairage	Ventilation /climatisation
<b>Entité Pédagogique</b>	20 à 23,5 °C en hiver. 23 à 26 °C en été HR : 45 % à 50%.	Tableaux : 600Lux. Tables : 500 Lux.	25m <sup>3</sup> /h par personne
<b>Entité administrative</b>	20 à 23 °C.	500 Lux.	25m <sup>3</sup> /h par personne.
<b>Entité complémentaire</b>	20 à 23,5 °C en hiver. 23 à 26 °C en été	500Lux.	Entre 25 et 30m <sup>3</sup> /h par personne
<b>Entité restauration</b>	19 à 23 °C.	700 Lux.	30m <sup>3</sup> /h par personne. Avec ventilation mécanique
<b>Service collectif (sanitaires)</b>	22 à 26 °C hiver 23 à 30 °C été	200Lux	50m <sup>3</sup> /h par logette.

### 1- Programmation quantitatif :

#### Capacité de 820 places pédagogiques

14 Salle de classe de 20 étudiants

2 grandes salles travail de groupe

2 amphis

Amphi 1 : 200 p

Amphi 2 : 300 p

4 laboratoires pour les sous-groupes de 10 étudiants.

## Chapitre III : étude programmatique

Entité	Unité	Surface	Nombre	Surface total
Pédagogique	Salle de classe	52.2m <sup>2</sup>	14	730.8m <sup>2</sup>
	Grandes salles	80m <sup>2</sup>	02	160m <sup>2</sup>
	bibliothèque	200m <sup>2</sup>	02	400m <sup>2</sup>
	Les laboratoires	80m <sup>2</sup>	04	360m <sup>2</sup>
	Amphi (200/300places)	235 à 330 m <sup>2</sup>	02	583m <sup>2</sup>
Accueil	Foyer	200m <sup>2</sup>	01	200m <sup>2</sup>
	Hall D'accueil	200m <sup>2</sup>	01	200m <sup>2</sup>
Administration	Bureau de directeur	20m <sup>2</sup>	01	20m <sup>2</sup>
	Bureau de secrétaire	12m <sup>2</sup>	01	12m <sup>2</sup>
	Bureau de comptable	18m <sup>2</sup>	01	18m <sup>2</sup>
	Bureau de paysagé	18m <sup>2</sup>	05	90m <sup>2</sup>
	Bureau scolarité	18m <sup>2</sup>	02	36m <sup>2</sup>
	Salle de réunion	40m <sup>2</sup>	01	40m <sup>2</sup>
	Archive	12m <sup>2</sup>	01	12m <sup>2</sup>
Annexe	Sanitaire (4p)	14m <sup>2</sup> /10.5m <sup>2</sup> /7m <sup>2</sup>	3/1/1	60m <sup>2</sup>
	Circulation	25%		640m <sup>2</sup>
Surface total	3202.25 m <sup>2</sup>			

# **Chapitre IV :**

## **Conception architecturale**

### 1- Introduction :

La conception architecturale d'une école préparatoire d'enseignement supérieur avec un aspect environnemental constitue un processus rationnel. Elle démarre par une recherche théorique et analytique liées au thème d'enseignement, à l'environnement et au site avec toutes ses composantes, afin de définir les objectifs à atteindre. Suite à cette première phase théorique et analytique, des principes pourront être choisis et appliqués sur la base du concept architectural. Le produit final devrait pouvoir fournir un environnement d'enseignement favorable.

### 2- Démarche conceptuelle :

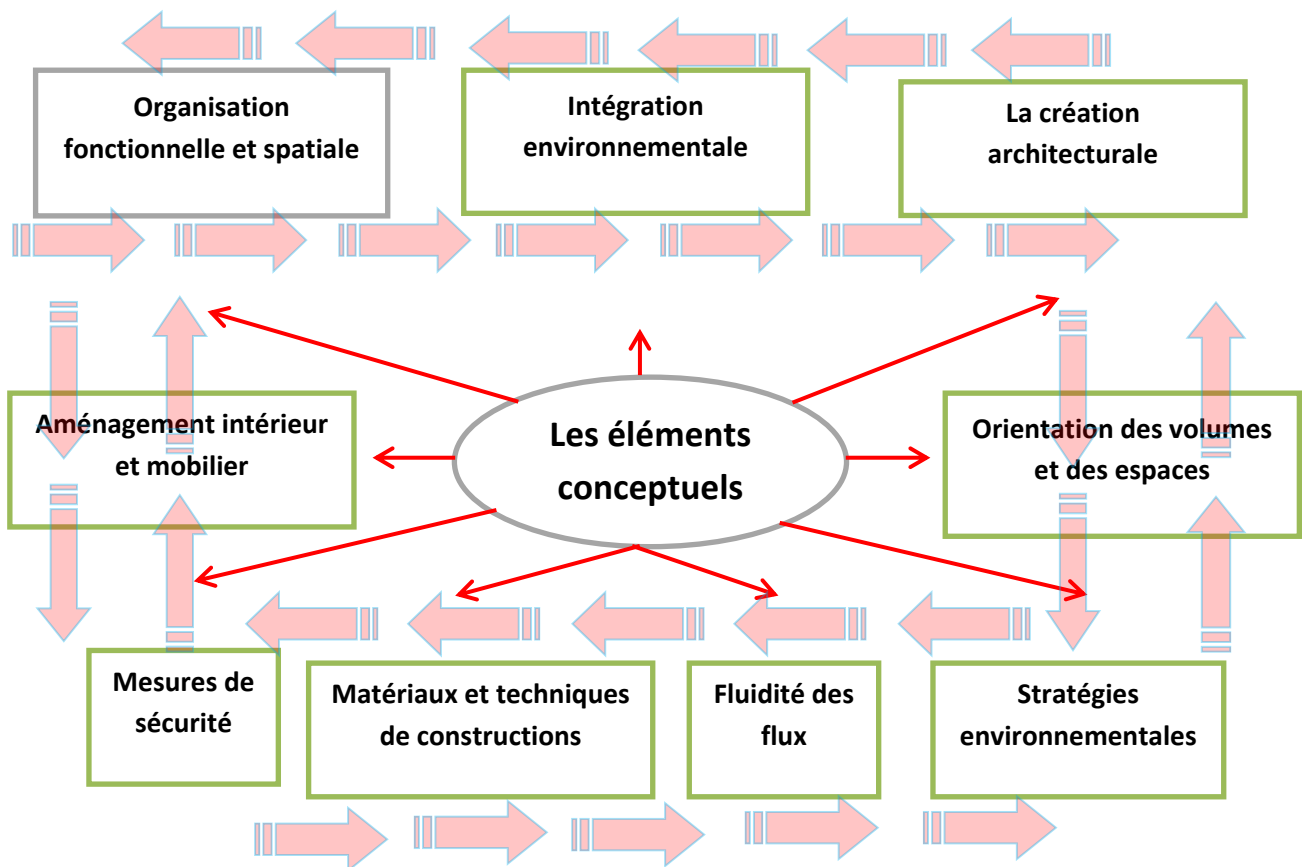


Figure IV-1 : démarche conceptuelle

Source : auteur

3. Genèse de projet :

3.1 . Etat de lieu :

Le terrain est situé à côté du pôle universitaire dans une zone extension nouvelle.

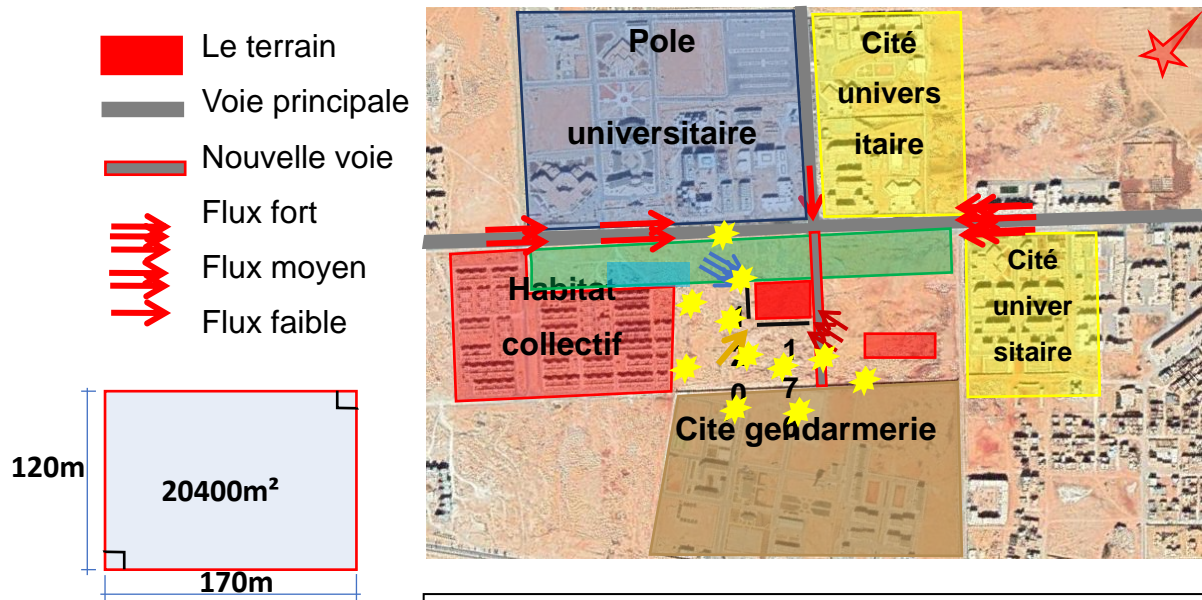


Figure IV-2 : état de lieu  
Source : Google earth

3-2- Choix des accès :

On a choisi trois accès :

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

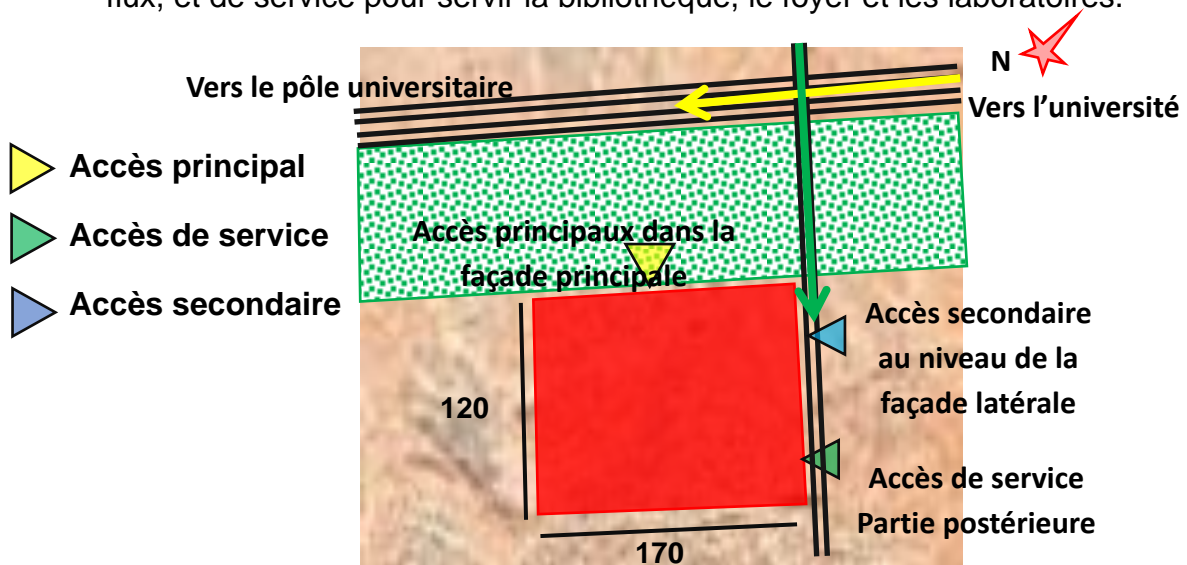


Figure IV-3 : choix des accès  
Source : Google earth

**3-3- Implantation (mode d'occupation) :**

- Un volume monobloc pour minimiser les déperditions thermiques
- Implanter le bâtiment au milieu du terrain pour créer un espace d'accueil et une zone pour les fonctions extérieures toute autour (extensions des activités vers l'extérieur).
- Eloigner le bâti de la façade principale afin de Minimiser le bruit
- Orienter le projet vers la façade principale (l'espace vert)

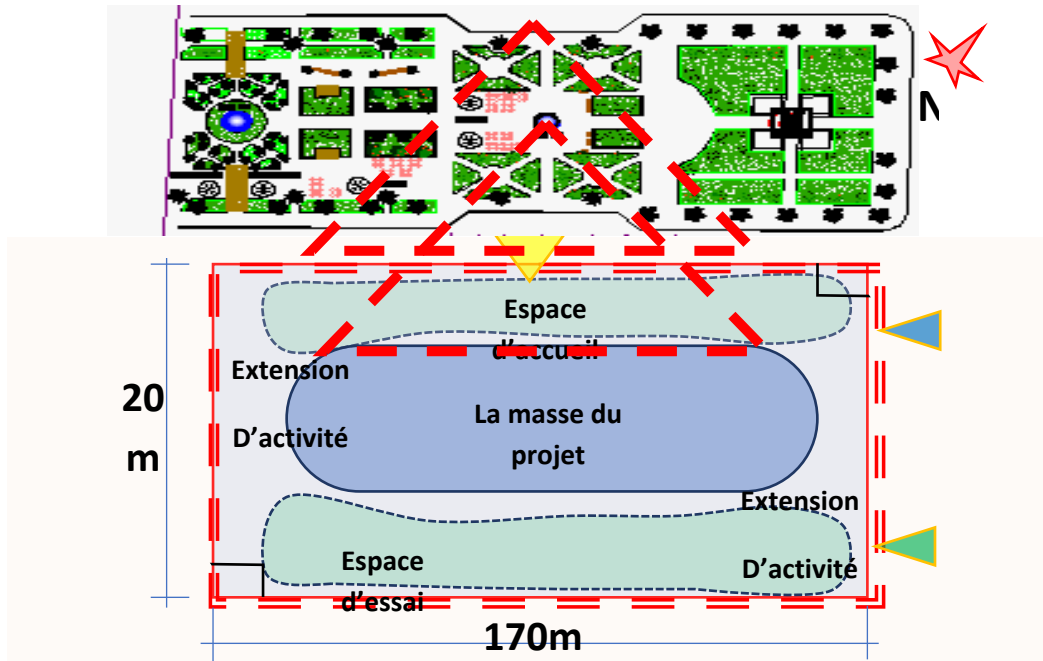


Figure IV-4 : mode d'occupation  
Source : auteur

**3-4- Parcours mécaniques et parking :**

- Limiter la circulation mécanique à la périphérie du projet et positionner les parkings et les zones de stationnement à proximité des accès

➤ On a trois zones de stationnement :

1. Stationnement pour les enseignants, les personnels et les étudiants, il contient une zone pour les vélos.
2. Stationnement extérieur pour les visiteurs.
3. Stationnement de service.

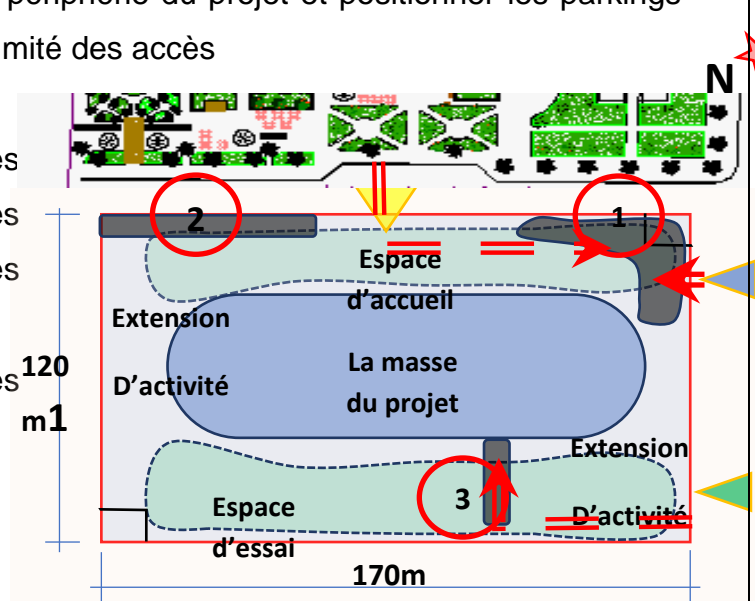


Figure IV-5 : parcours mécanique et parking  
Source : auteur

### 3-5- Zoning :

1. L'entité d'Enseignement occupe la majorité de la masse bâtie, contient les salles de classe, les amphis, les laboratoires et la bibliothèque.
2. L'accueil en face l'accès principal (relation directe).
3. La gestion à proximité de l'accueil au niveau de l'étage,
4. Le service dans la partie postérieure en face l'accès de service (relation directe)

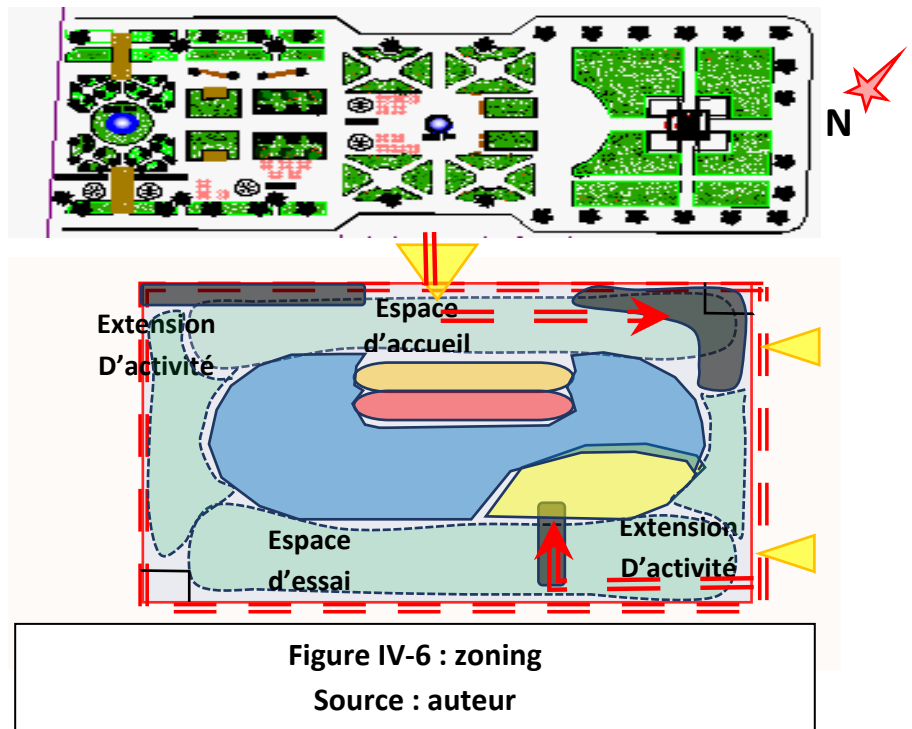
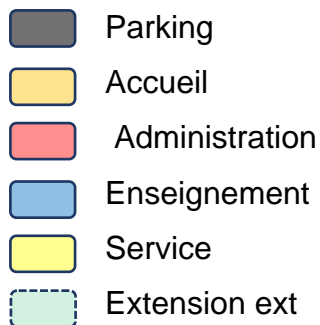


Figure IV-6 : zoning

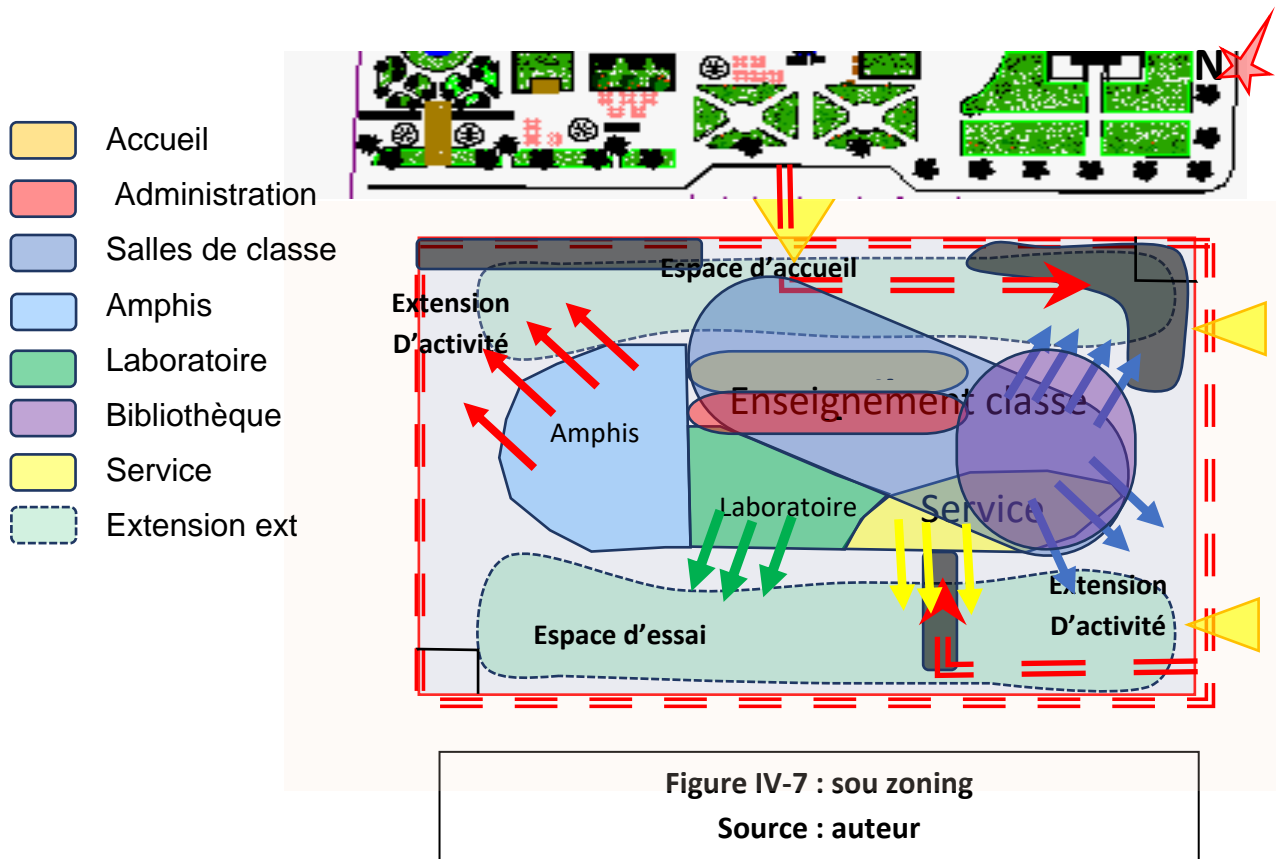
Source : auteur

### 3-6- Sou Zoning :

Hiéarchisation des espaces et séparation des fonctions :

- Enseignement amphis :
  - Pour profiter l'extension vers l'extérieur
  - Faciliter l'évacuation
  - Essai de secoure
- Enseignement laboratoire :
  - Utilisation limitée
  - Pour profiter une extension vers l'extérieur
- Enseignement salles de classe :
  - Au niveau d'étage pour minimiser le bruit.
  - Orienter les salles de classe Nord-Sud pour profiter le maximum d'éclairage naturel uniforme.
- l'accueil en face l'accès principal.

- La gestion au niveau d'étage et près de l'entrée pour le contrôle et la gestion.
- Le service dans la façade postérieure.



### 3-7- Aspect environnemental :

- Hiérarchisation des espaces et séparation des fonctions, pour éloigner les espaces calmes, salles de classe et bibliothèque et les bureaux des enseignants au niveau de l'étage.
- L'orientation nord/sud des salles de classe.
- Création des espaces protégés à l'intérieur (atrium, patio, mezzanine) pour aérer et éclairer les espaces intérieurs.
- Les amphis protègent le reste du projet des rayons solaire intense en été et des vents froids en hiver
- La bibliothèque possède une large façade nord pour bénéficier de la lumière uniforme L'utilisation des vents dominant pour aérer le projet (capter le courant d'air à travers l'entrée et le hall orientés nord-ouest.

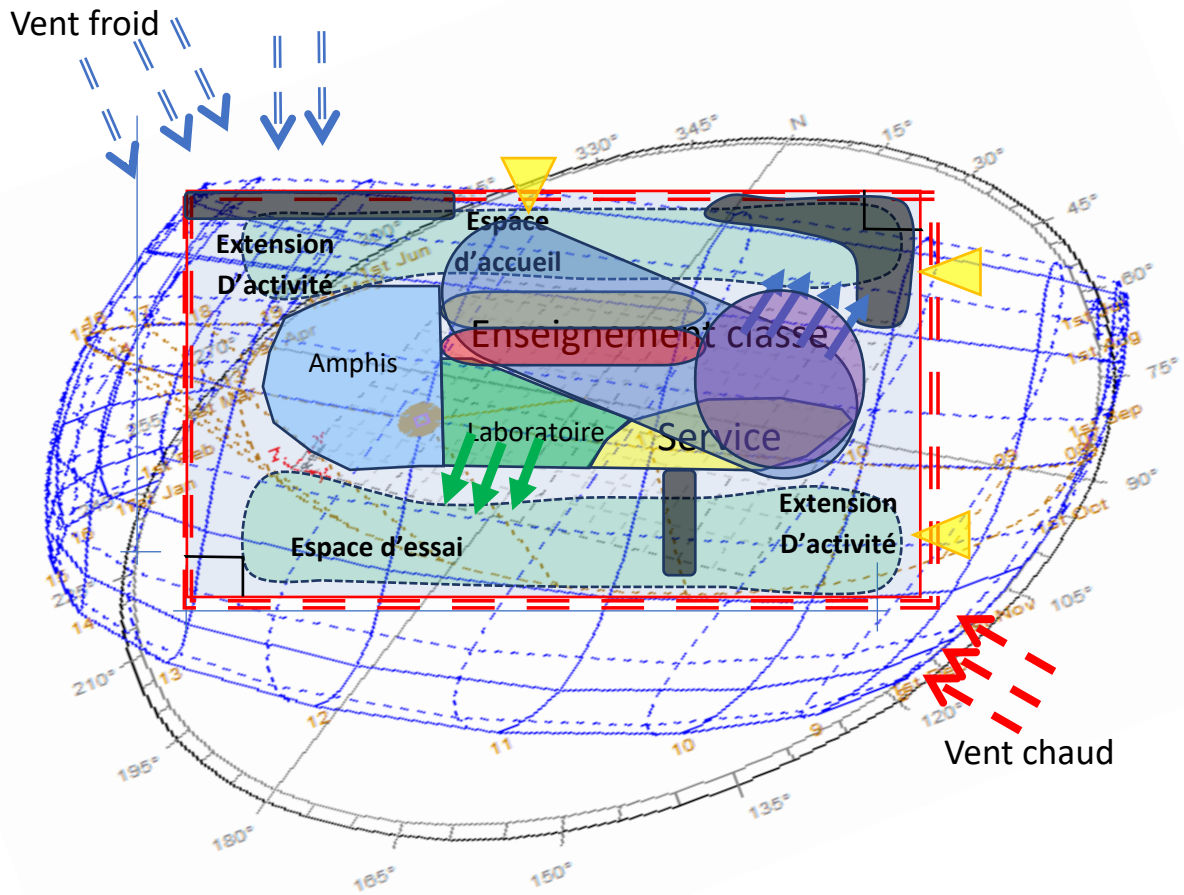


Figure IV-8 : aspect environnemental

Source : auteur

### 3-8- Zoning extérieur :

La distribution des activités extérieures est en relation directe avec les entités, pour assurer la continuité fonctionnelle int / ext et diriger les flux (la bonne exploitation de l'espace extérieur).

- Parking à proximité des accès
- Espace d'accueil à la partie frontale du projet
- Espace de repos s'étale sur tous le projet
- Espace d'exposition à proximité des amphis /conférence
- Espace d'essai c'est une extension des laboratoires
- Espace de repos et lecture sous la bibliothèque
- Espace de service à la partie postérieure à proximité de l'accès de service

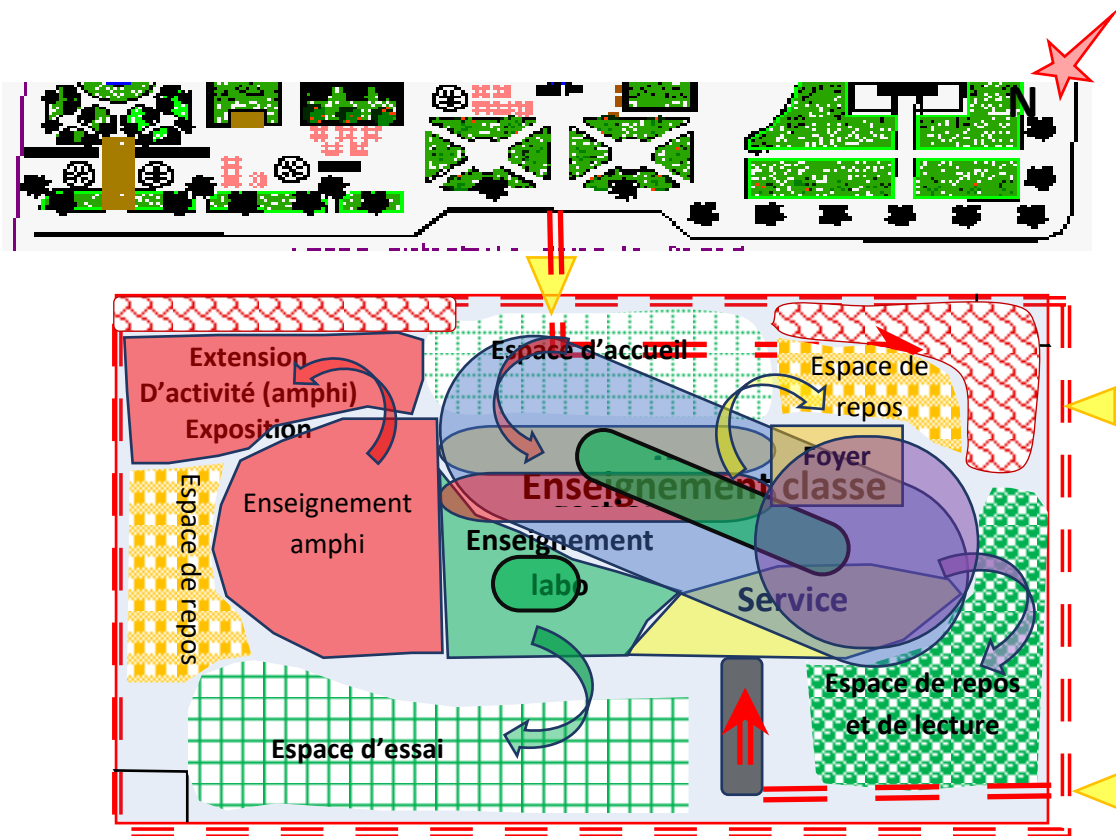








Figure IV-9 : zoning extérieur

Source : auteur

### 3-9- Les parcours extérieurs :

Les parcours distribuent les flux au niveau du projet, on a trois types ; de franchissement, de découverte et d'articulation

-  • Parcours de franchissement
-  • Parcours de découverte
-  • Parcours vers l'espace d'exposition extérieur
-  • Parcours vers l'espace de repos
-  • Parcours vers l'espace d'essai
-  • Parcours vers l'espace de repos et de lecture

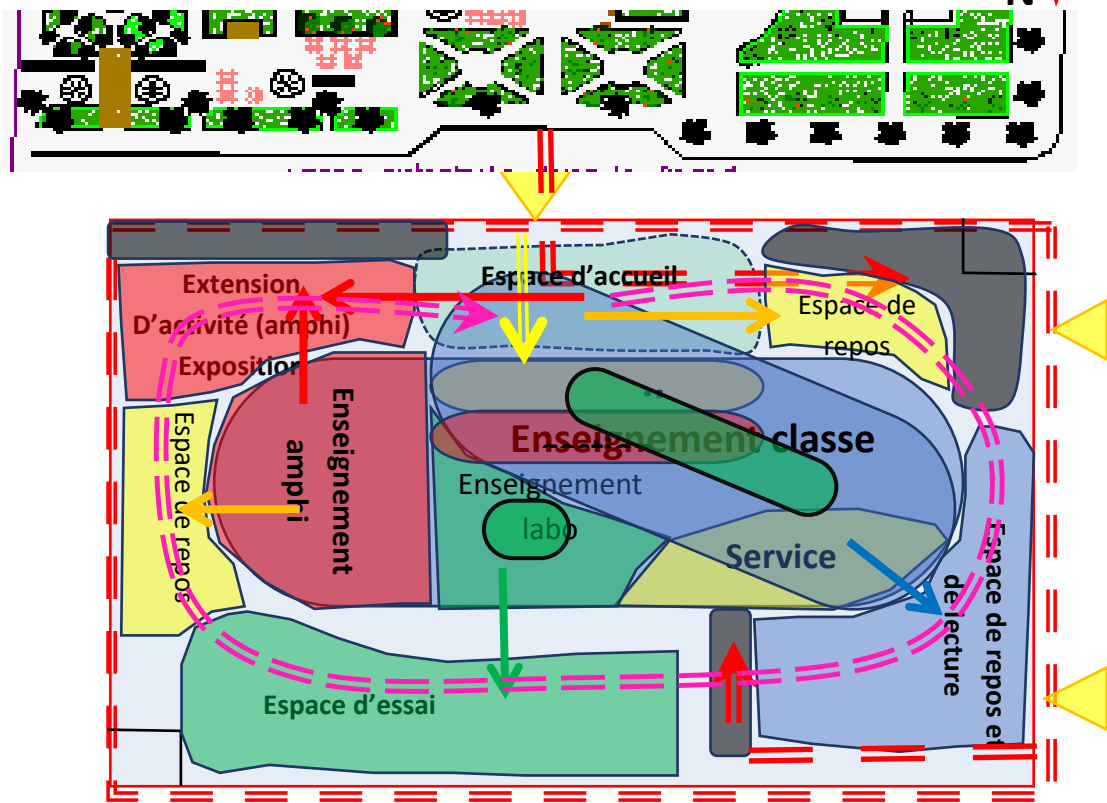


Figure IV-10 : les parcours extérieur  
Source : auteur

3-10- Sous zoning extérieur (vue de-dessus) :



Figure IV-11 : sous zoning extérieur  
Source : auteur

Les espaces extérieurs sont conçus de manière à garantir la continuité fonctionnelle, spatial et visuelle avec les espaces intérieurs surtout ceux du RDC.

Les cinq éléments utilisés dans l'aménagement extérieur sont :

### **1. Espace vert :**

Le choix de la position d'implantation et l'espèce des végétations est dû de son rôle environnemental, fonctionnel et esthétique en plus de son adaptation avec le climat et les conditions de sol.

#### **- Au niveau de la clôture :**

Des arbres à feuilles persistances au côté nord et nord-ouest pour dévier et briser les vents froids et limiter le projet (clôture verte).

Des arbres à feuilles persistances au côté sud, sud-est et sud-ouest pour filtrer et briser les vents de sable et les vents chauds.

#### **- Au niveau des espaces de repos et d'exposition :**

Des arbres à feuilles persistances pour créer l'ombre et humidifier l'air ; sont placés surtout au sud et à l'ouest des chaises et des parcours, comme ils peuvent être utilisés comme support pour les panneaux d'exposition.

PELOUSE, GAZON, HERBAGE, pour aménager les espaces de repos et pour des raisons esthétiques, les végétations à proximité des façades diminuent l'albédo.

Des roses et des fleurs et plantes de décoration utilisées pour des raisons esthétiques et pour l'animation des vues par les couleurs les odeurs naturelles surtout au niveau des parcours et entrée principaux.

Des plantes grimpantes au niveau des pergolas et des façades.

Des palmiers comme éléments symboliques de la région de Laghouat (historique/ environnemental)

### **2. L'eau :**

Sous formes des fontaines, jet d'eau, seguias et plans d'eau pour humidifier et rafraîchir l'air, animer l'environnement et pour des raisons psychiques pendant la période chaude et sèche. Ainsi, l'eau est élément symbolique de la région de Laghouat (historique/ environnemental).

### **3. Mobilier :**

Des chaises et pergolas en bois comme matériau environnemental et pour le confort tactile (température des surfaces agréables).

Eclairage nocturne avec des luminaires à base d'énergie solaire.

### **4. Pavage et traitement de sol :**

- La pierre : En raison de la présence de matériau (Pierre) en abondance dans la ville de Laghouat décidé d'utiliser dans les lieux extérieurs du projet, a un certain nombre d'avantages dont ne reflètent pas la lumière.
- Le marbre : pour les corniches, les bordures, les escaliers et les terrasses.

### **3-11- Distribution et organisation intérieures :**

Chaque entité est structurée avec un hall de distribution, et toutes les entités sont organisées autour du hall d'accueil. Cette organisation facilite la gestion des flux, et assure la continuité visuelle ce qui aide à l'orientation dans l'espace.

#### **1- Les amphis :**

Ils sont juxtaposés avec un espace de service commun au milieu.

#### **2- Les laboratoires :**

Ils sont organisés autour d'un hall avec deux issues vers l'extérieur (vers l'espace de service et le champ d'essai extérieur).

#### **3- Salles d'informatique :**

Elles sont deux salles articulées avec les laboratoires (simulation/expérimentation).

#### **4- Le foyer :**

Il est en relation directe avec le hall d'accueil et la zone extérieure.

#### **5- Les salles de classe :**

Elles sont organisées linéairement de la mezzanine sur le RDC, de cette façon on puisse limiter les bruits et assurer une orientation nord ou sud pour les salles de classe.

#### **6- L'administration :**

Elle est organisée autour d'une mezzanine sur le hall d'accueil, et le service de scolarité en relation directe avec les salles de classe.

#### **7- Les bureaux des enseignants :**

Ils sont organisés autour d'un hall avec une relation directe avec les salles de classe et avec l'administration.

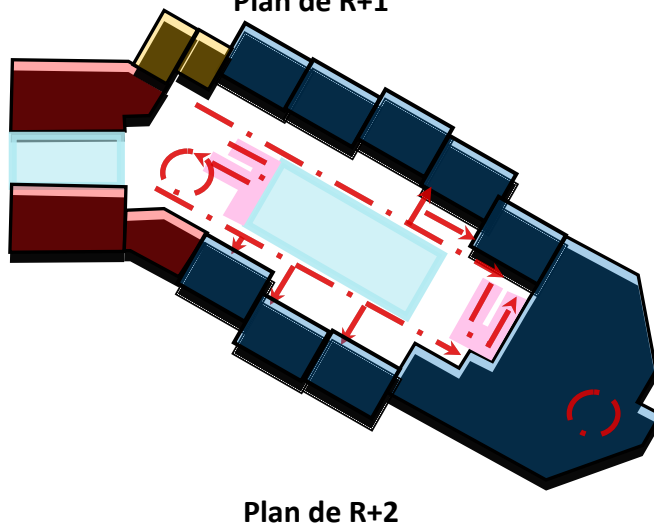
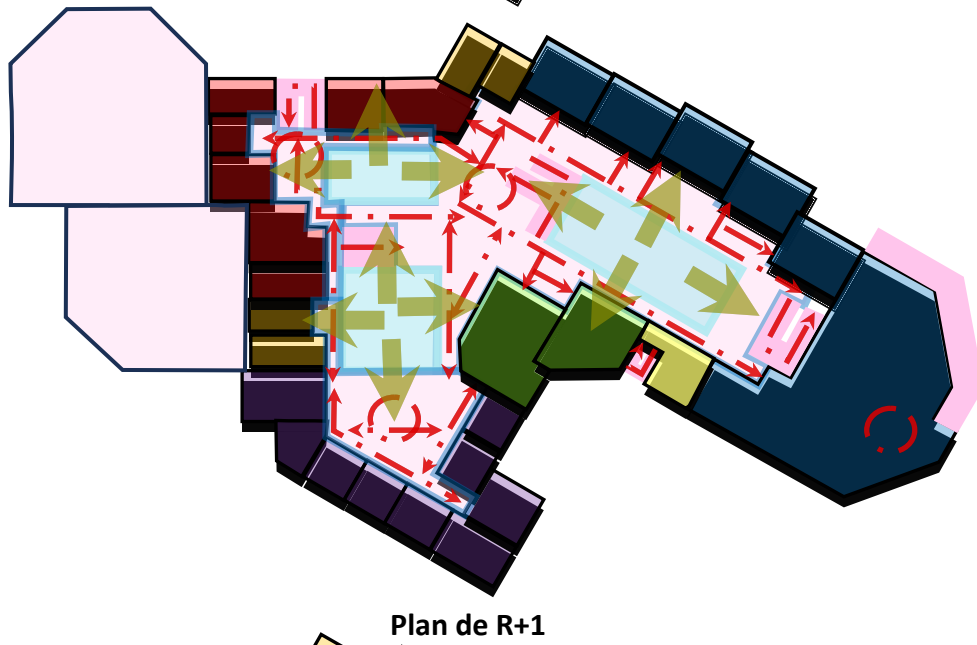
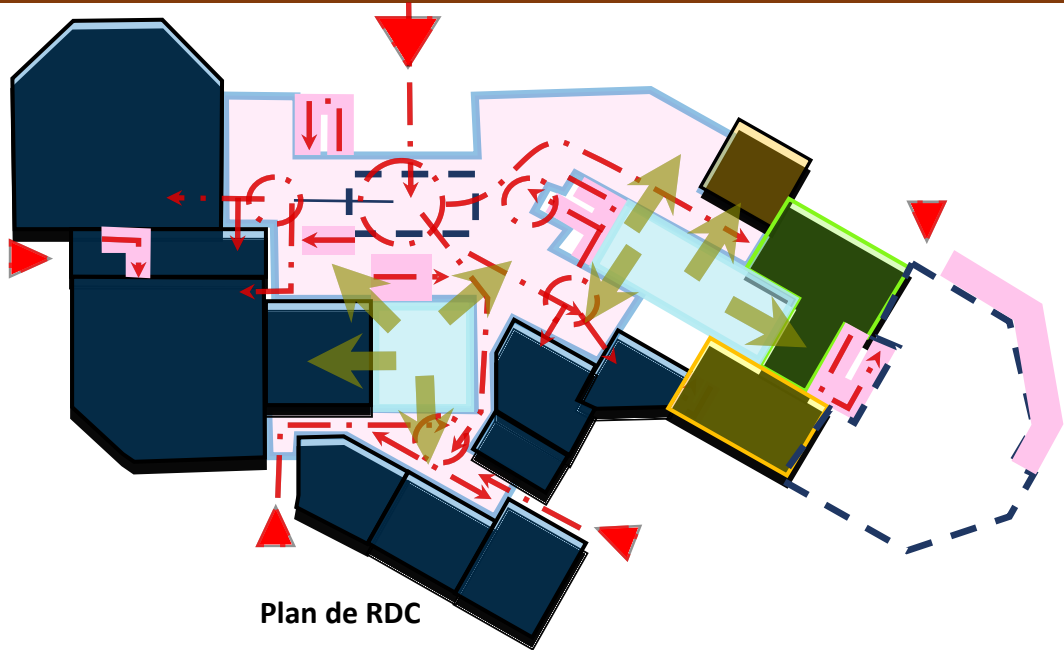


Figure IV-12 : Distribution et organisation intérieures

Source : auteur

3-12- Orientation, chauffage, éclairage et aération :

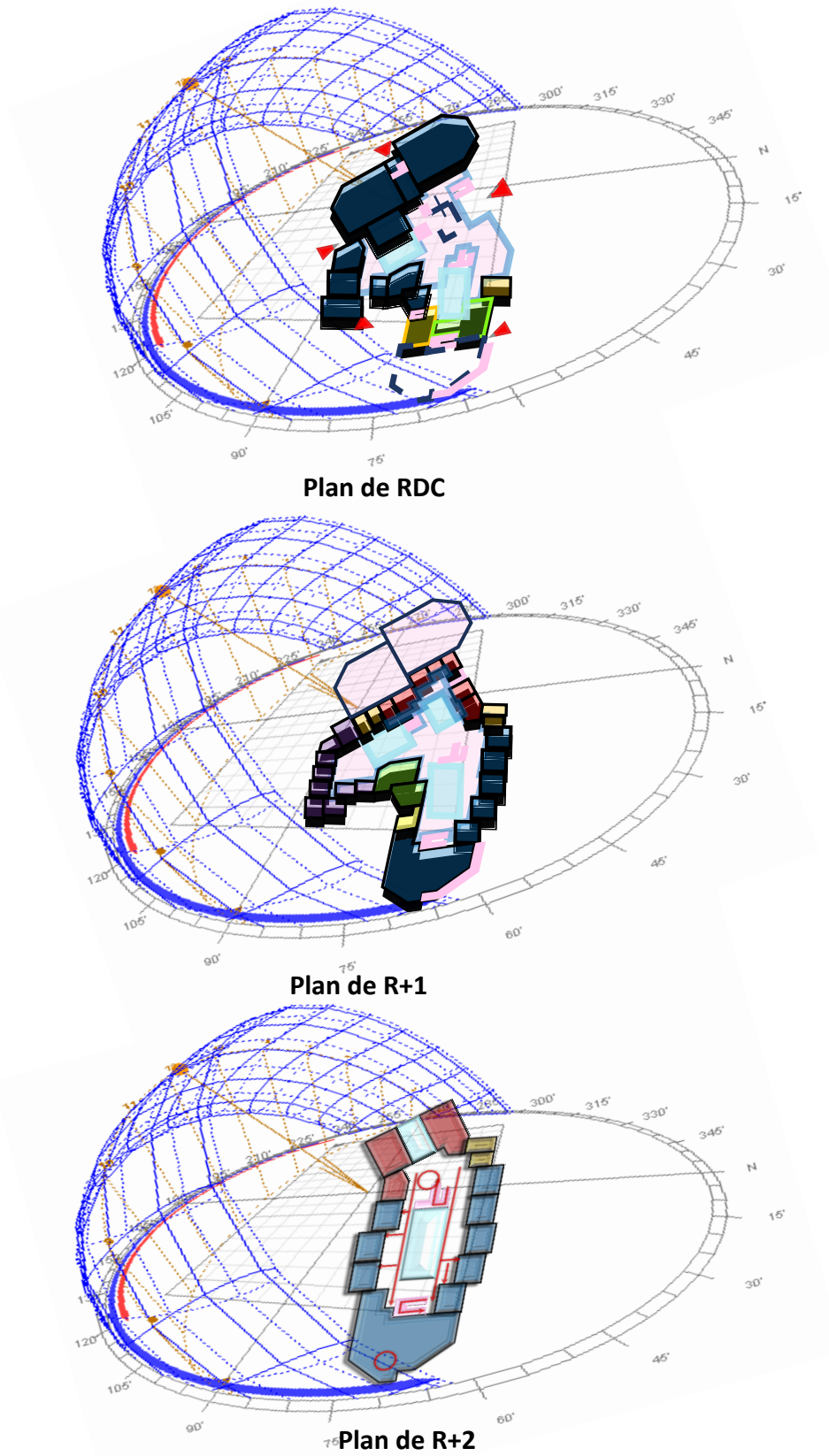
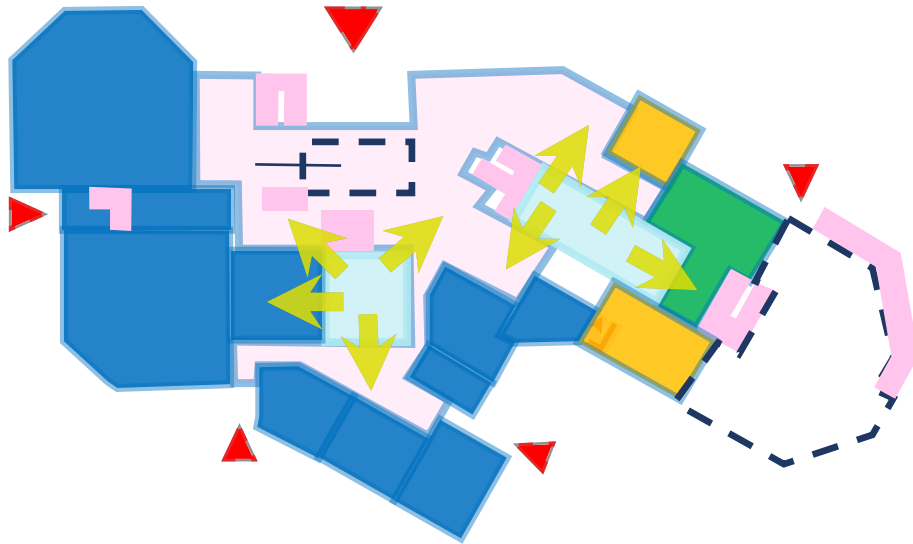
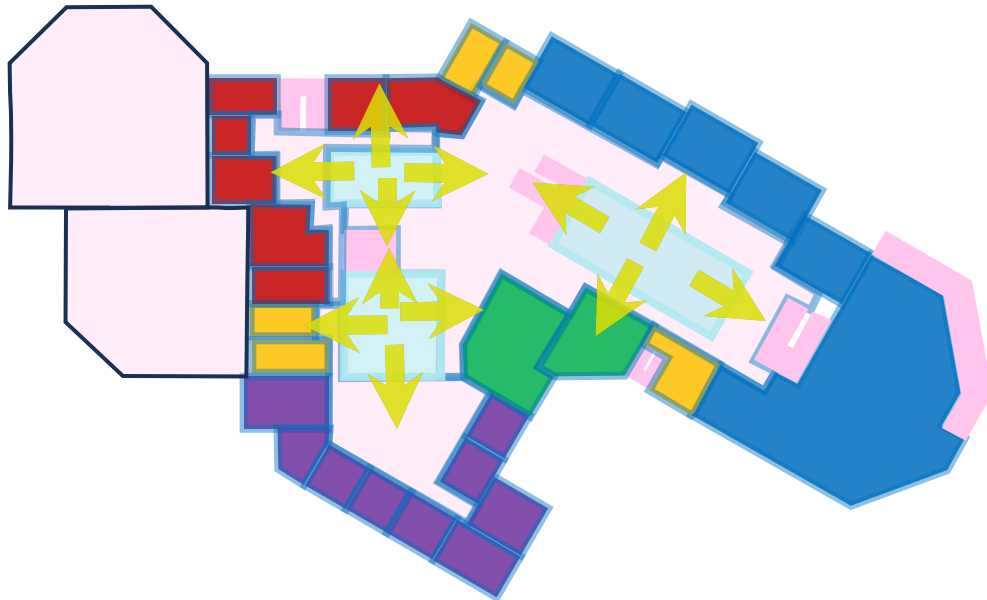


Figure IV-13 : orientation

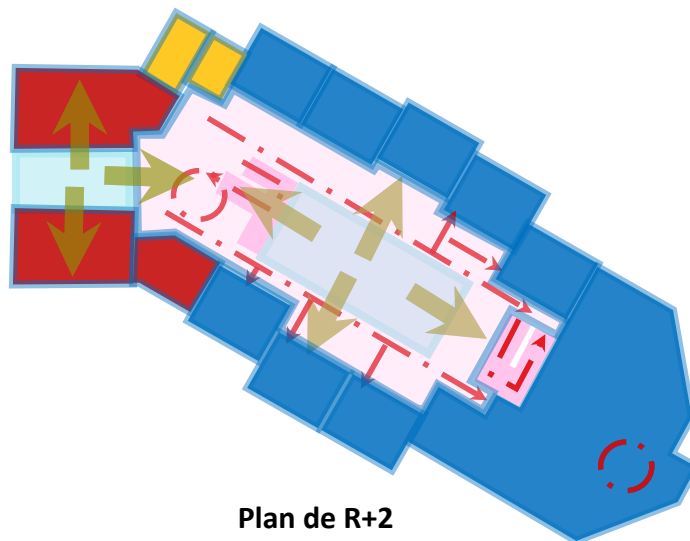
Source : auteur



Plan de RDC



Plan de R+1



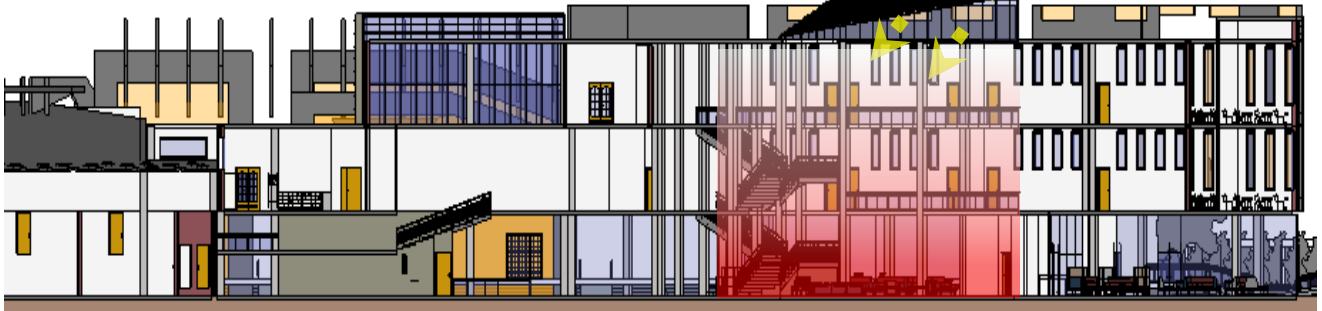
Plan de R+2

Figure IV-14 : éclairage

Source : auteur



**Tirage thermique en été**



**Effet de serre en hiver**

Les patios et les atriiums assurent l'aération et l'éclairage indirect pour les espaces et les zones de circulation et participer au chauffage du bâtiment pendant la période hivernale avec l'effet de serre.



**Tirage thermique en été**



**Effet de serre en hiver**

Courant d'air :

Vent dominant, Espace vert urbain, Espace vert du projet



**Figure IV-15 : chauffage et aération**

Source : auteur

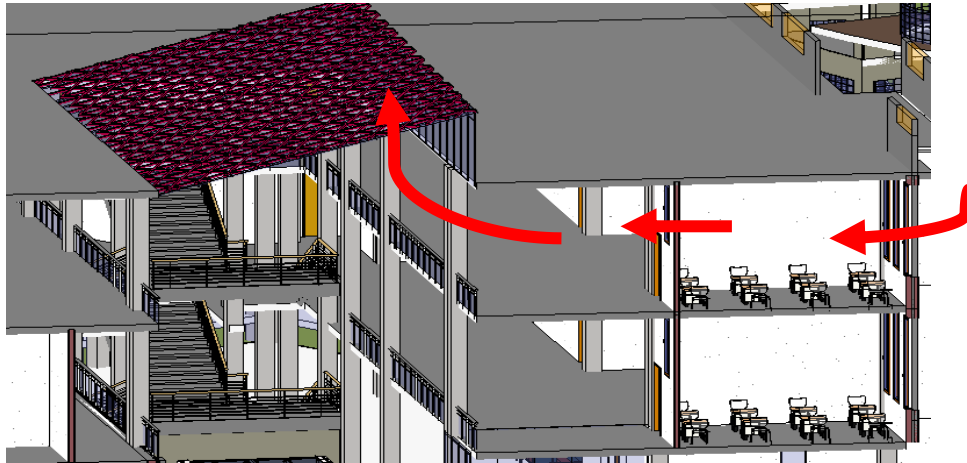


Figure IV-15 : chauffage et aération

Source : auteur

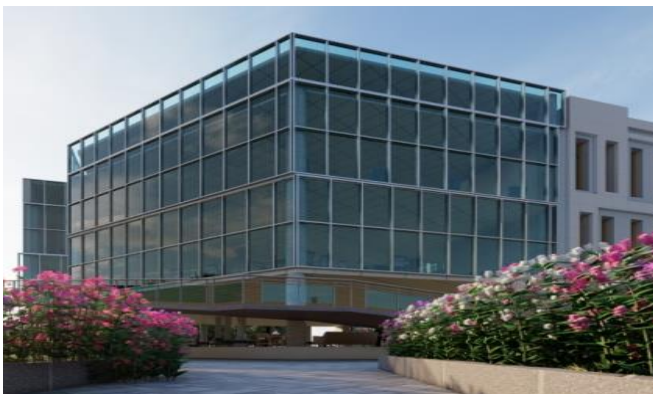
- 1- **Eclairage naturel** : un éclairage bilatéral à travers la façade extérieure nord ou sud et l'éclairage indirect à travers les atriums
- 2- **Chauffage** : par l'effet de serre créer par les atriums et les vitrages au niveau de la façade sud
- 3- **Ventilation et rafraichissement** :
  - a- À travers les vents dominant du nord et nord-ouest pénétrant à travers la façade principale
  - b- Par tirage thermique crée à travers le déséquilibre de pression produite entre les zones ombrées et végétalisées et les atriums exposés à l'ensoleillement intense



Entrée attractif et apparent avec effet de perspectif



Equilibre entre les ouvertures étroites et le socle vitré  
Continuité visuelle et transparence du socle



Continuité de la façade de la bibliothèque et contraste entre le plein et le vide (vitrage et pilotis)





Façade sud traitée par des brises soleil : Équilibre entre le plein et le vide et ente la verticalité des ouvertures étroites et les bandes horizontales des brises soleil.



Les amphis Façade ouest fermé avec un rythme des fenêtres étroite occulté par des pergolas du passage extérieur

**Figure IV-16 : les façades**

**Source : auteur**

Au niveau des façades, en plus des aspects esthétiques et thématiques de notre projet on a donné l'importance à l'aspect environnemental par l'exploitation de la lumière naturelle en maximum au niveau de la façade nord et nord-ouest. Ouverture complète des espaces d'exposition et de circulation avec des larges vitrage et contrôler la pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur des salles de classe en adoptant des fenêtres étroites. Au niveau des autres façades on a utilisé des fenêtres avec des brises soleil horizontales et verticales, ce traitement garantis une continuité entre les différentes façades du projet.

# **Chapitre V :**

# **Etude technique**

### Introduction :

La conception architecturale exige la coordination entre la structure, la forme et la fonction tout en assurant aux usagers la stabilité de l'ouvrage. Alors dans ce chapitre nous exposons les différents systèmes structuraux utilisés dans le projet, les différents modes de construction et les matériaux adoptés pour sa formulation, ainsi que les différents systèmes actifs et passifs qui vont à minimiser les consommations énergétiques et assurer le confort aux utilisateurs dans notre projet.

#### 1- Système constructif :

Le choix du système constructif pour le projet est une phase très importante de fait que la structure doit préserver la conception des espaces faite par nous les concepteurs.

Elle doit permettre de refléter les fonctions, la transparence et la fluidité du volume, la rigidité et ainsi répondre à nos attentes en termes de confort ou de performance énergétique.

#### 2- L'infrastructure :

L'infrastructure représente l'ensemble des fondations et des éléments en dessous du R.D.C, elle constitue un ensemble capable de :

- Transmettre au sol la totalité des efforts.
- Assurer l'encastrement de la structure dans le terrain.
- Limiter les tassements différentiels.

#### 2-1- Les fondations :

Pour ce qui est des fondations on ne peut pas statuer sur le choix, car il relève d'une étude précise sur la résistance du sol, du type d'ouvrage et d'un résultat des calculs des descentes des charges. Néanmoins, sachant que notre sol est de bonne portance, ce sera donc des semelles isolées seront les plus appropriées sauf en cas de pour le mur de soutènement où des semelles filantes seront nécessaires.



**Figure V-1 : semelle isolée**  
**Source : [www.maconnerie.bilp.fr](http://www.maconnerie.bilp.fr)**

### 3- La superstructure :

#### 3-1- Le système constructif utilisé :

C'est un système portique (poteau-poutre) constitué d'éléments linéaires (poteaux, poutres, murs porteurs) ou surfaciques (dalles, planchers), assemblés par des liaisons. Dont le rôle est d'assurer la solidité de l'ouvrage, et de transmettre les charges permanentes, variables et accidentelles jusqu'au sol des fondations. Le choix de la structure s'est fait suivant les exigences de notre conception architecturale. Le projet exige une structure qui assure sa vocation, avec un maximum de surface pour l'espace de travail.

#### 3-2- Éléments de structure :

##### a- Les poteaux :

Ce sont en béton armé de forme carré, ou cylindrique. La trame structurelle de notre projet est gérée d'une manière générale par une trame orthogonale, avec la présence des joints de rupture et de dilatation.

Les poteaux transmettent au sol les charges supportées par les différents étages, ils doivent résister à la fois aux charges verticales et horizontales.

Les dimensions des poteaux sont déterminées d'après la descente des charges.

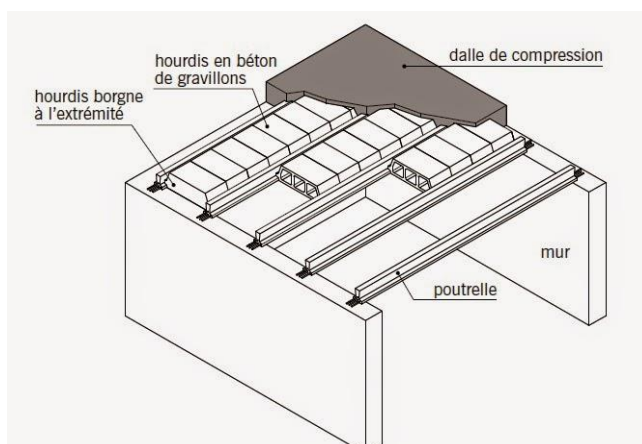
##### b- Les poutres :

En béton armé aussi, posées sur les points d'appui.

##### c- Planchers :

Les type des dalles qui utilisé dans notre projet est :

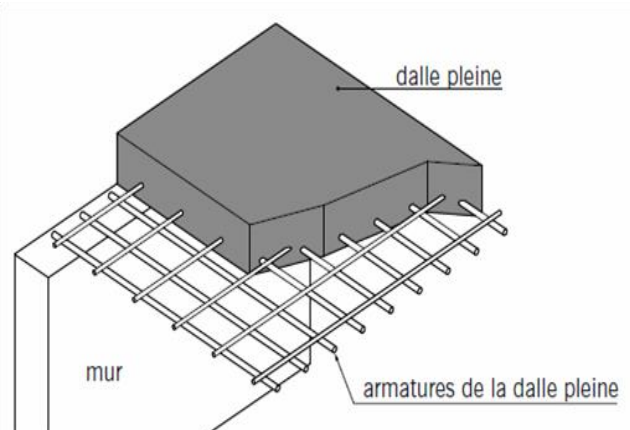
##### ➤ Dalle corps creux :



**Figure V-2 :** Dalle corps creux

Source : [www.ingenieur-btp.blogspot.com](http://www.ingenieur-btp.blogspot.com)

##### ➤ Dalle pleine :



**Figure V-3 :** Dalle pleine

Source : [www.coursexosup.blogspot.com](http://www.coursexosup.blogspot.com)

### d- Les joints :

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

L'ensemble du projet est traversé par deux types de joints

Des joints de rupture : dans le but de réduire au maximum les dégâts dus aux l'effondrement accidentel, ou aux tassements différentiels, utilisés dans les changements de direction des différentes trames et dans le cas de différence de charge.

- Les joints de dilatation : utilisés pour remédier aux effets de la température dans les bâtiments de grande longueur, chaque 25 à 30 mètres.
- Le couvre-joint : est un élément qui permet de cacher les jointures et de rendre l'ensemble plus esthétique. Son usage permet également d'augmenter la résistance et la tenue de l'ensemble d'un ouvrage.

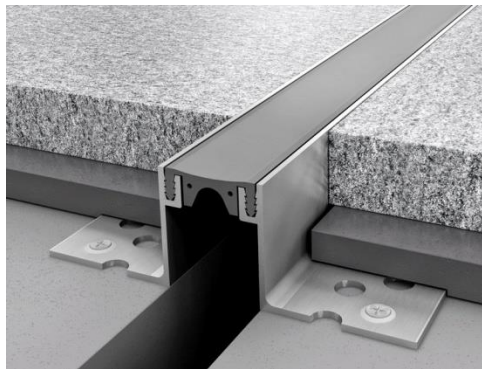


Figure V-4 : couvre joint  
Source : www.pinterest.fr

### 4- Les matériaux de construction :

Les matériaux de construction sont les matériaux utilisés dans les différents secteurs liés à la construction.

#### Critères de choix des matériaux de construction :

Les matériaux utilisés dans la construction sont nombreux et variés, leur choix s'articule autour de grands critères:

- Leur apparence
- Leur solidité
- Leur résistance.
- L'impact environnemental
- L'isolation
- Le cout économique.
- Recyclable
- Hygiène et contrôle Des infections.

### 4-1- Les murs :

#### a- Les murs : Les murs sont en maçonnerie :

À l'intérieur (brique cellulaire)

À l'extérieur en double parois (brique cellulaire, isolant l'âme d'air, brique cellulaire) : nous l'avons utilisé pour sa bonne qualité en isolation thermique et phonique et surtout dans la salle de repos, salle de classe et les amphis.

#### b- Mur végétaux :

Sont de hautes performances, démontables et résistantes au feu. Ces cloisons sont montées sur une ossature en aluminium, et ils sont traités en glace de 6 ou 8 mm avec des stores à l'intérieur. On a les utilisés dans l'atrium.

#### c- Murs rideaux (vitrage) :

Nous avons adopté ce système de vitrage intelligent dans les baies vitrées de RDC, et dans les salles de classe. Ces murs rideaux de types bioclimatiques servent à profiter des rayons solaires et protéger l'espace intérieur. Le vitrage isolant Electro chrome Sage Glass permet de pallier ces éventuels désagréments. (Un vitrage intelligent qui s'adapte à l'ensoleillement).

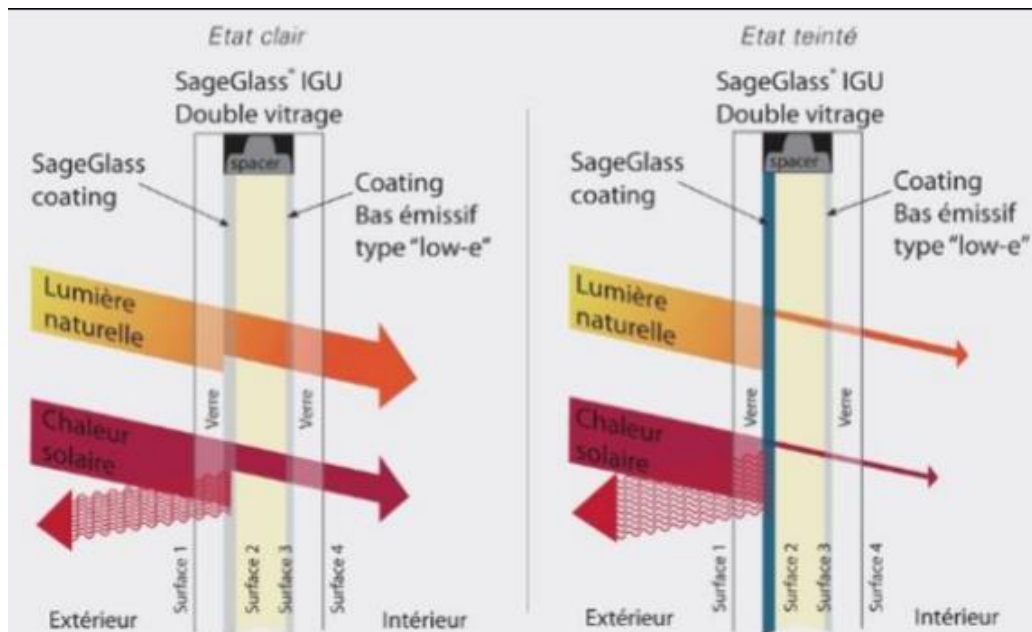


Figure V-5 : Principe technologique du vitrage «Électro chrome Sage Glass» (Quantum Glass)

### 4-2- Le vitrage :

Les vitres sont en double vitrage à isolation renforcé, avec une fine couche transparente d'argent déposée sur l'une des faces intérieures du double vitrage. Cette couche faiblement émissive s'oppose au rayonnement infrarouge et forme une

barrière thermique, en retenant à l'intérieur du bâtiment la chaleur. Au même temps, cette couche empêche une partie d'énergie solaire extérieure de pénétrer à l'intérieur du bâtiment, tout en préservant un haut niveau d'éclairage naturel.

Les avantages du double vitrage à isolation renforcé sont:

- Il est une solution bioclimatique qui permet de réduire les consommations de chauffage et climatisation. (10 % d'économies de chauffage).
- Un matériau 100% recyclable.
- Il génère les rejets de gaz à effet de serre.
- Renforcement acoustique.
- Sécurité des biens et des personnes.
- Protection contre l'incendie.

### 4-3- Cellules photos voltaïques translucides :

Nous avons adopté ce système dans l'atrium. C'est un module photovoltaïque transparent ou semi-transparent qui permet de produire de l'électricité grâce à son vitrage opacifiant. Appelé aussi vitrage photovoltaïque transparent, le panneau solaire transparent peut être appliqué dans différentes configurations : sur façades, les murs rideaux, les écrans de téléphones, sur le toit d'une véranda... Certains modèles sont conçus avec des fonctions intelligentes et une commande à distance. (Lorthe) On peut remplacer le verre traditionnel dans des murs-rideaux par un verre photovoltaïque semi-transparent ou double vitrage photovoltaïque ou même un verre photovoltaïque semi-transparent triple, ce qui est un vitrage isolant solaire (panneaux solaires transparentes)

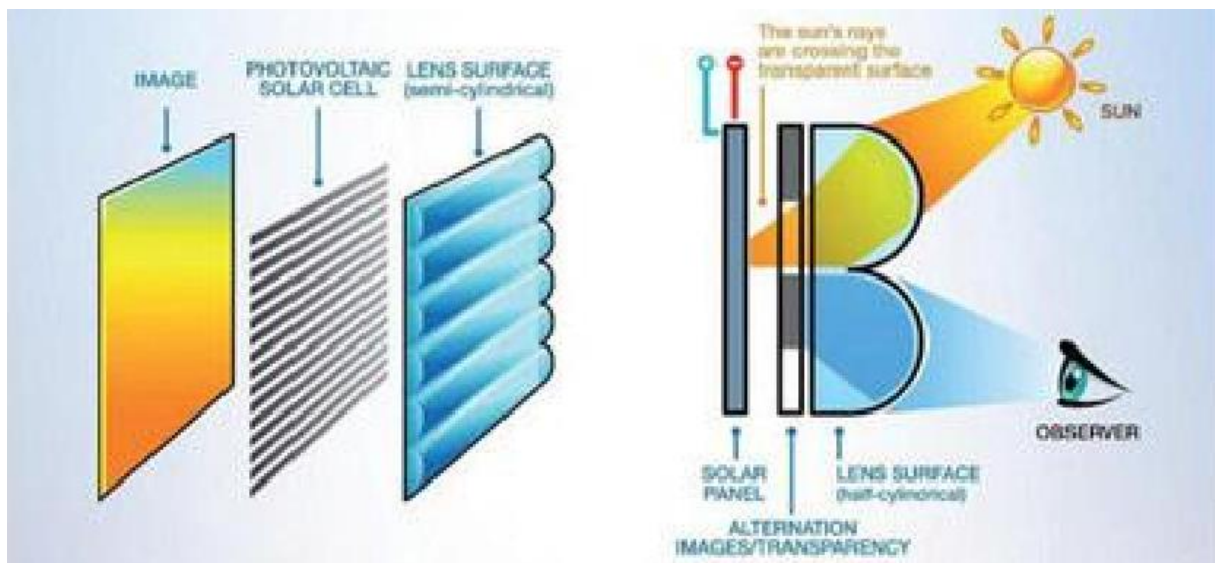


Figure V-6 : principe de fonctionnement des Cellules photos voltaïques translucides

### 4-4- Panneaux photo voltaïques :

Comme nous sommes dans une région chaude (gisement solaire), Nous avons intégré des panneaux photovoltaïques au niveau de la toiture des amphis, pour la production de l'électricité. Les panneaux profitent de l'orientation des amphis vers le Sud, et l'inclinaison de 30% de la toiture qui est la meilleure inclinaison des panneaux photovoltaïques dans les zones aride. Cette électricité sera utilisée pour l'éclairage artificiel, pour réduire la consommation d'énergie

Nous avons utilisé des panneaux photovoltaïques qui Seront placé à l'entrée du projet (parking solaire). Utilisation de l'énergie dans l'éclairage d'extérieur, De ses avantages :

- Les protège du soleil et des intempéries.
- Protège les véhicules.
- Produit de l'électricité photovoltaïque.

### 4-5- Protection solaire :

C'est l'un des concepts de base de l'architecture bioclimatique dans les climats chauds pour objectif d'arrêter, de freiner et réfléchir les flux solaires avant d'arriver aux parois (surtout les parois sud). Dans le but de se protéger des rayons solaires directs nous avons opté pour l'utilisation des éléments horizontaux et verticaux en bois (percolas), avec une végétation à feuilles caduques qui participent à donner de l'ombre en été et à rafraichir l'air.



Figure V-7 : protection solaire avec végétation et percolas

Source : auteur

#### a- Les éléments de protection solaire :

On a utilisé des brises solaires verticales et horizontales, et des panneaux décoratifs dans des parties de l'école pour :

- Contrôler et minimiser la quantité des rayons solaire.
- Eviter l'éblouissement a l'intérieur des espaces.
- Eviter la surchauffe a l'intérieur des espaces.
- Eviter l'exposition des parois au rayon solaire directe.

## Chapitre V : étude technique



**Figure V-8 :** les éléments de protection solaire

Source : auteur

### 5- L'éclairage à l'énergie solaire :

Le principal avantage c'est qu'il n'y a pas besoin de câble et on peut les installer n'importe où. La durée de vie d'une lampe solaire dépend de la quantité de lumière du jour frappant les capteurs solaires. Quand il fait beau, l'autonomie peut monter à 6 heures. Ces lampes peuvent être combinées à un interrupteur marche/arrêt ou à un détecteur de mouvement. Grâce à ces paramètres d'économie d'énergie. (Quid de votre éclairage extérieur)



**Figure V-9 :** éclairage à énergie solaire

Source : Quid de votre éclairage extérieur

## Chapitre V : étude technique

### 6- Les couleurs :

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

#### 6-1- Mur supportant le tableau :

Si la classe est équipée d'un tableau (qu'il soit vert, noir, ou blanc), on veillera à diminuer le contraste entre celui-ci et le mur qui le supporte de manière à minimiser les différences de luminosités dans le champ visuel de l'élève. On réduira ainsi sa fatigue visuelle, et on améliorera sa concentration

### 7- Façade double peau ventilée :

Offre la création d'une ventilation naturelle et une isolation phonique afin d'éviter les pertes thermiques par les panneaux qui jouent le rôle de protection solaire les rideaux d'air intérieur et extérieur permettent respectivement de réchauffer l'air intérieur en hiver et de réguler la température en été pour éviter la surchauffe.



### 8- L'éclairage artificiel :

**8-1- L'éclairage direct :** La lumière tombe directement de la lumière voulue. Largement utilisé à l'école, en particulier les lieux les plus actifs (les classes et les amphis)



Figure V-11 : lampe led carré  
Source : [www.cddiscount.com](http://www.cddiscount.com)

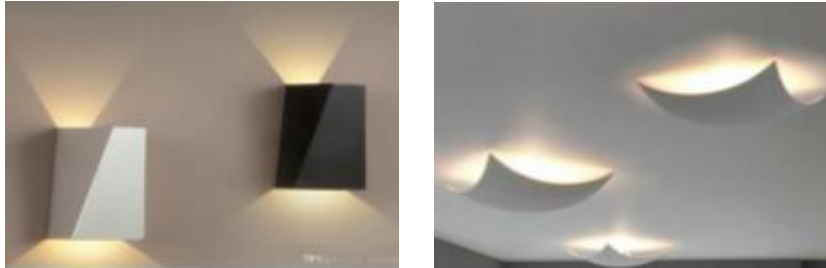


Figure V-12 : Lampes à économie d'énergie  
Source : [www.cddiscount.com](http://www.cddiscount.com)

## Chapitre V : étude technique

La conception d'éclairage se fait avec l'installation de circuit électrique d'éclairage indépendant dispose de manière à assuré l'éclairage nécessaire de la salle de classe et économiser l'énergie (rangé près de la fenêtre à loin de la fenêtre)

**8-2- L'éclairage Indirect :** Une surface, le plafond ou les murs, est utilisée comme réflecteur pour diffuser la lumière. Nous avons utilisé ce type d'éclairage dans la salle de repos.



**Figure V-13 :** Image de lumière indirecte

Source : [www.cddiscount.com](http://www.cddiscount.com)

### 9- Système de Fixation de l'atrium :

Fixation de vitrage de l'atrium avec le système de miro.



**Figure V-14 :** fixation de l'atrium

Source : [www.miroiterie.fr](http://www.miroiterie.fr)

### 10- Les différents types de revêtements :

-Un carrelage écologique : Un carrelage Léger, flexible et écologique, biocompatible, esthétique, souple: il est fabriqué à base d'un mélange d'époxy d'huile de lin, de fibre naturelles et de celte Il peut être découpé en n'importe quelle forme et même devenir lumineux Il peut être installé partout.

-Revêtement en parquet : pour l'espace d'essai.

La pierre : En raison de la présence de matériau (Pierre) en abondance dans la ville de Laghouat décidé d'utiliser dans les lieux extérieurs du projet, a un certain nombre d'avantages dont ne reflètent pas la lumière.

Le marbre : pour les corniches, les bordures, les escaliers et les terrasses.

## Chapitre V : étude technique

---

### **SYNTHESE :**

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 chaud.

L'approche technique consiste à définir le système constructif, les dispositifs environnementaux, les solutions bioclimatiques adoptés dans le projet, 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 VI :**

# **Simulation numérique**

### **1. Introduction :**

Toutes les recherches dans le domaine d'enseignement supérieur 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.

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. (*Marzita. P, et al., 2012*). De nombreuses recherches menées sur l'éclairage intérieur des locaux d'enseignement, ont confirmé que la présence de la lumière naturelle y est indispensable, particulièrement dans les salles de classe.

Le confort visuel est l'un des conditions de l'environnement intérieur qui représente un grand défi environnemental devant l'architecte durant l'introduction de l'éclairage naturel dans la conception.

### **2. Problématique :**

La salle de classe constitue l'espace principal pour les tâches d'apprentissage, par conséquent, elle doit être d'abord conçue de façon que les différentes activités puissent se dérouler sans entraves. En outre, elle doit créer un environnement avec une ambiance : saine, intime et favorable à l'apprentissage.

La lumière est classée parmi les principaux facteurs climatiques pouvant déterminer la qualité des environnements intérieurs. Elle joue à la fois deux rôles (*Minier, F., 2001*). D'abord, elle permet à l'œil de voir l'environnement ; 75% des informations sont perçues par les yeux (*Bouvier, F., 1988*). Une raison de plus, dans le cadre des activités d'apprentissage, plus de 60% des informations sont d'origine visuelle (*Minier, F., 2001*).

Dans une salle de classe, chaque élément constructif dans l'espace peut contribuer à la qualité de l'environnement lumineux intérieur, que ce soit dimensionnel de l'espace et des ouvertures ou des couleurs et textures. L'ouverture est élément déterminant car elle représente la source de la lumière naturelle pour l'espace intérieur et elles influencent largement la qualité d'éclairage naturel. La surface des ouvertures et leurs dimensions et distribution sur les murs déterminent la quantité et la qualité d'éclairage.

Le bon niveau d'éclairage nécessaire à une vision claire, un rendu des couleurs correct et une lumière agréable, une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace, les

rapports de luminance présents dans le local, l'absence d'ombres gênantes, la relation au monde extérieur, l'absence d'éblouissement, sont influencés par les caractéristiques des ouvertures ; la taille, la forme, la position, l'orientation (BARAA.J, *Al-KHATATBEH.S.*, 2017).

Ces données vont nous mener à poser les questions suivantes :

- Comment optimiser les fenêtres de la salle de classe pour assurer un éclairage naturel agréable ?
- Comment assurer une distribution uniforme de la lumière naturelle à l'intérieure de salle de classe ?

### **HYPOTHESES :**

Afin de cerner cette recherche, une série d'hypothèses sont émises :

- Les fenêtres hautes dans les salles de classe avec une seule orientation pourraient assurer un niveau d'éclairage suffisant.
- Les fenêtres hautes en face de plan de travail pourraient être plus efficace pour l'éclairage naturel de l'espace que des fenêtres larges avec la même surface.
- Les salles de classe éclairées bilatéralement à travers un espace intermédiaire (fermé en hiver et ouvert en été) tel que l'atrium ou le corridor pourraient garantir un indice uniformité agréable.

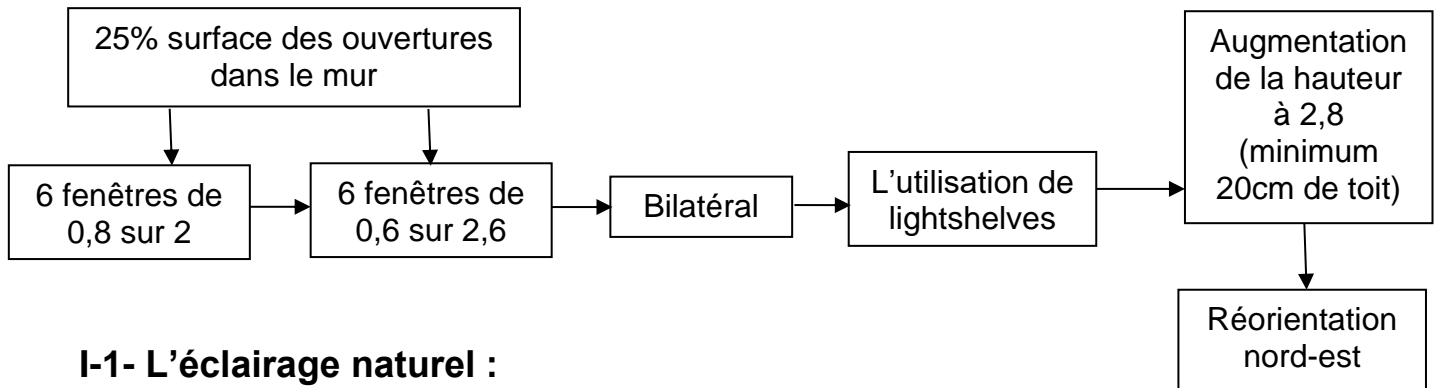
### **3. Objectifs :**

À travers l'étude de la salle de classe, en tant qu'environnement intérieur, les fenêtres entant que variable de conception et le confort visuel comme phénomène à évaluer, l'objectif principal vise à atteindre les points suivants :

- Découvrir l'influence de la configuration des ouvertures sur le confort visuel à l'aide des logiciels de simulation numérique.
- Assurer un éclairage naturel suffisant et uniforme.
- L'élaboration des recommandations pratiques de conception des ouvertures des salles de classe, approprié à la zone d'étude (la région de Laghouat).

### 4. Méthodologie :

Méthodologie de simulation basée sur la variation des dimensions des fenêtres



#### I-1- L'éclairage naturel :

D'une manière générale, l'éclairage naturel est défini comme étant « L'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir ». Si le soleil est la source mère de tout type de lumière, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes.

##### 1-1- Type d'éclairage naturel :

Le type d'éclairage naturel est défini par la position des prises de jour qui le procure et qui peuvent être placées soit en façade (éclairage latéral), soit en toiture (éclairage zénithal), en général les salles de classe sont éclairées généralement soit un seul côté unilatéral ou deux cotés bilatéral.

##### 1-1-1- Eclairage latéral :

L'éclairage latéral caractérisé par l'usage de prises de jour en façade est associé, aux locaux de faible hauteur sous plafond : de 2,50 mètres à 3 mètres.

##### Types d'éclairage latéral :

##### a- Eclairage unilatéral :

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une même façade d'une orientation donnée. Cette disposition permet de réaliser des effets de relief et des harmonies de contrastes.

##### b- Eclairage bilatéral:

L'éclairage bilatéral consiste à avoir des ouvertures verticales sur deux murs, soit parallèles, soit perpendiculaires, d'un même local. Cette solution remédie au défaut majeur que pose l'éclairage unilatéral. elle permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral. En plus, il procure un éclairage plus uniforme et réduit les contrastes ainsi que les risques d'éblouissement.

**1-2- Les paramètres d'influencer au l'éclairage naturel :**

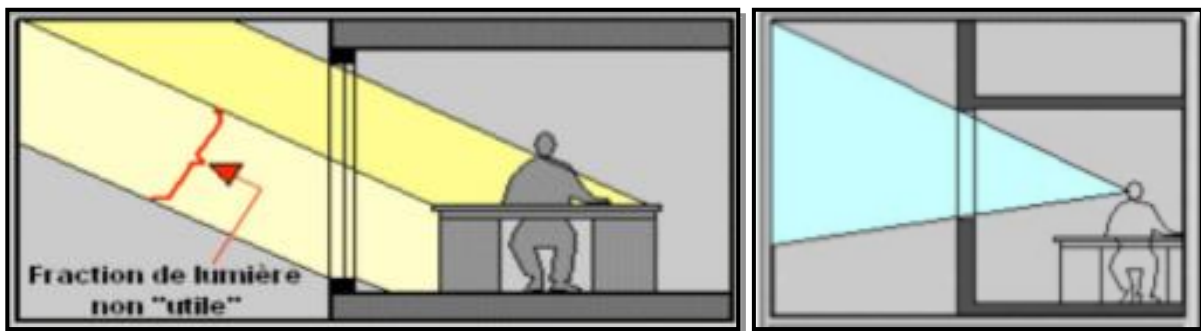
(Alain Liébard.A et Harde.De.A., 2015)

**a- Allège – Contrecœur :**

La partie basse des ouvertures ne contribue pas à l'éclairage des plans de travail tout en augmentant les échanges thermiques.

**b- Linteau :**

Il faut aller chercher la lumière naturelle « vers le haut » en réduisant la retombée du linteau. Plus l'angle de vision du ciel est important, plus la contribution de la lumière naturelle qui sera élevée dans fond de local.

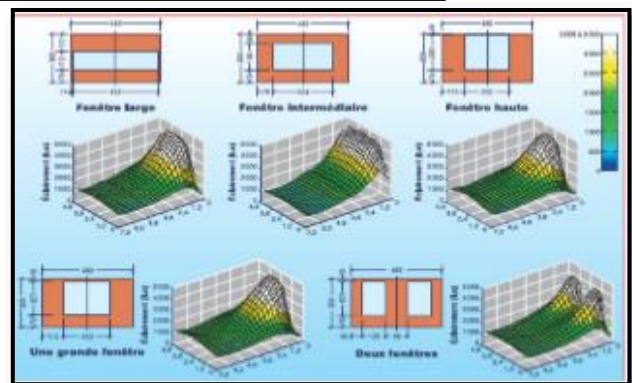


**Figure VI-1 :** Allège et le Linteau et son rôle sur l'éclairage.

Source : [www.moodle.epfl.ch](http://www.moodle.epfl.ch)

**c- Position de l'ouverture :**

L'emplacement de l'ouverture dans la façade exerce une grande influence sur la pénétration de la lumière dans le local. Plus la fenêtre est élevée, plus le fond du local est éclairé.

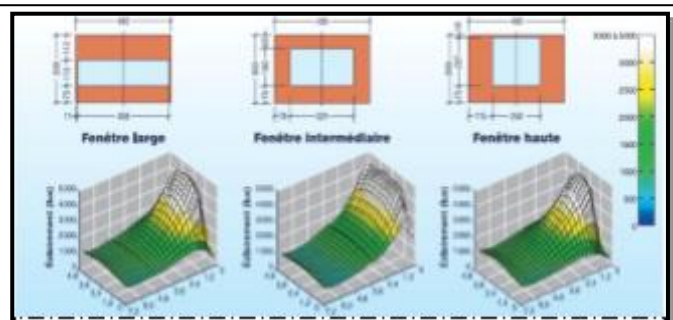


**Figure VI-2 :** Disposition des ouvertures.

Source : [www.moodle.epfl.ch](http://www.moodle.epfl.ch)

**d- Forme de l'ouverture :**

Lorsque la largeur d'une fenêtre diminue, à surface vitrée identique, la répartition devient moins uniforme.



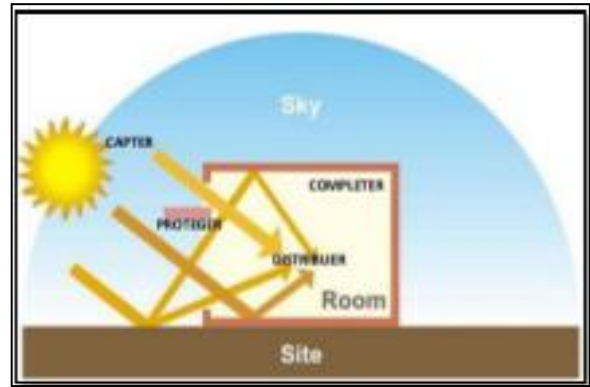
**Figure VI-3 :** Forme des ouvertures.

Source : [www.moodle.epfl.ch](http://www.moodle.epfl.ch)

### I-2- confort visuel :

Garantit un environnement visible et agréable aux yeux.

La stratégie de l'éclairage passe par cinq Étapes sont : « Capter, pénétrer, répartir, protéger et contrôler, focaliser. »



**Figure VI-4 : la stratégie de l'éclairage**  
**Source : « es.uclouvain.be »**

### 2-1- Définition :

D'après le Syndicat de l'Eclairage de France, le confort visuel fait référence aux conditions d'éclairage nécessaire pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entraîner de gêne pour l'œil. (Syndicat de l'éclairage.,2004)

Le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue, dans une ambiance colorée agréable.

Quant à l'association Haute Qualité Environnementale (HETZEL.J.,2003), elle définit le confort visuel comme la dixième cible du projet de bâtiment de Haute Qualité Environnementale.

C'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimale en termes de confort et de dépenses énergétiques ; il peut être aussi un éclairage artificiel satisfaisant et un appoint à l'éclairage naturel. De façon générale, le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.

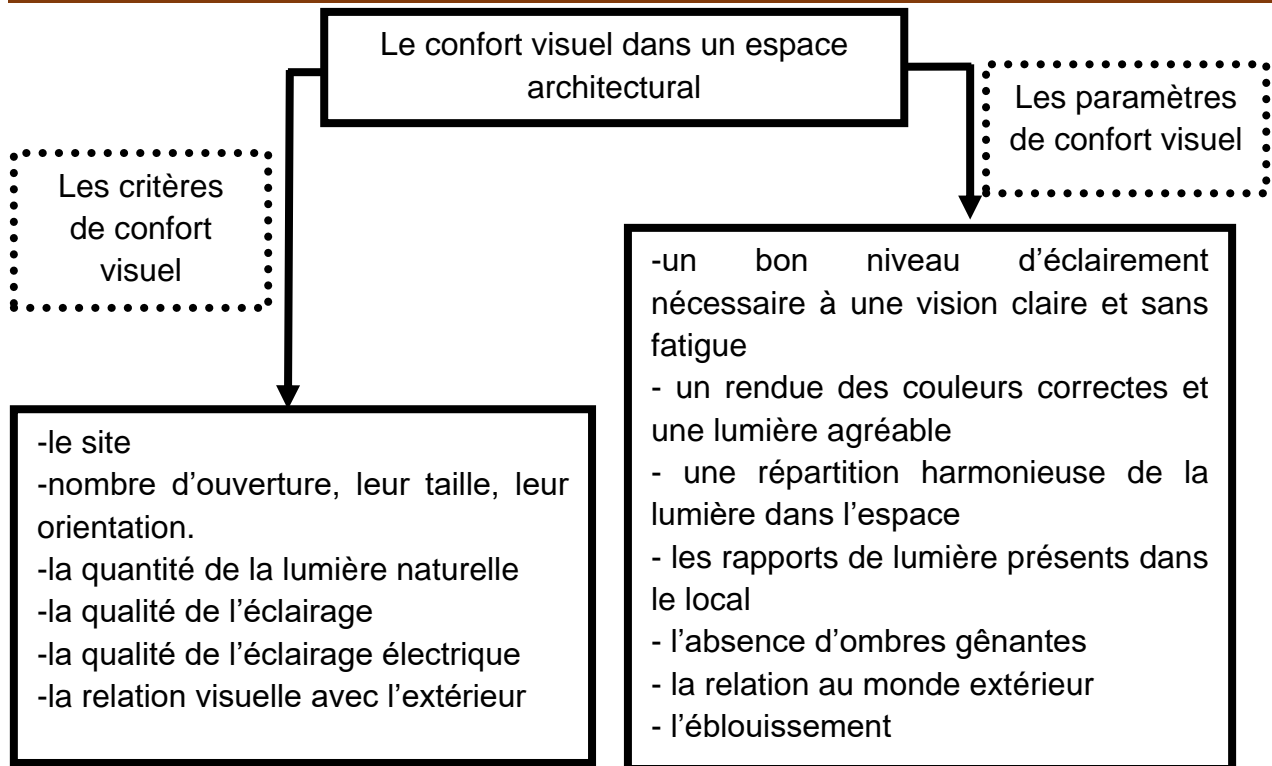


Figure VI-5 : Schéma le confort visuel dans un espace architecturale

Source : auteur

### I-3- Le confort visuel dans les salles de classes :

#### Les paramètres du confort visuel dans les salles de classe :

Dans les espaces d'étude où la lecture et l'écriture sont les deux tâches visuelles principales, les paramètres du confort visuel les plus importants qui affectent une solution de conception architecturale dans les salles de classe sont :

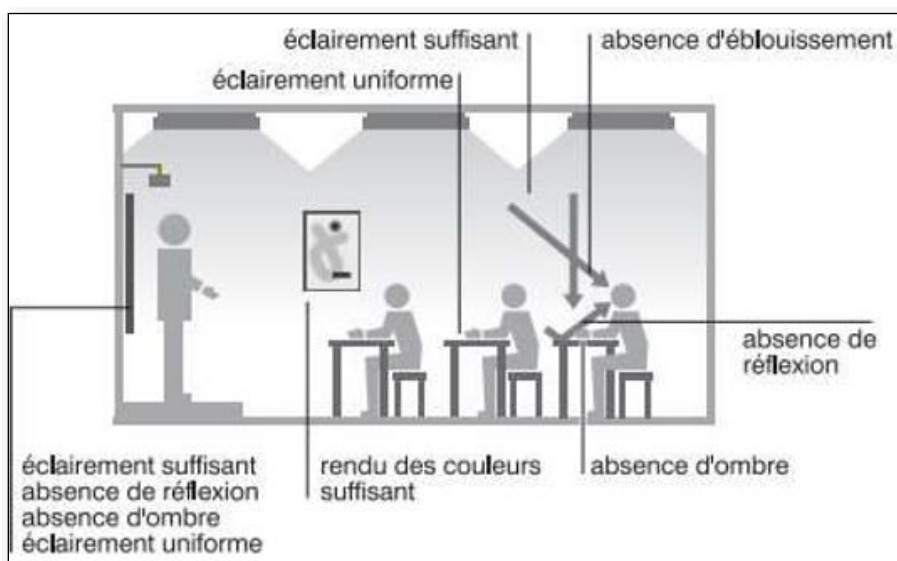


Figure VI-6 : Les paramètres de confort visuel.

Source : Bénédicte, Collard. Fabrice. Dery., 2011

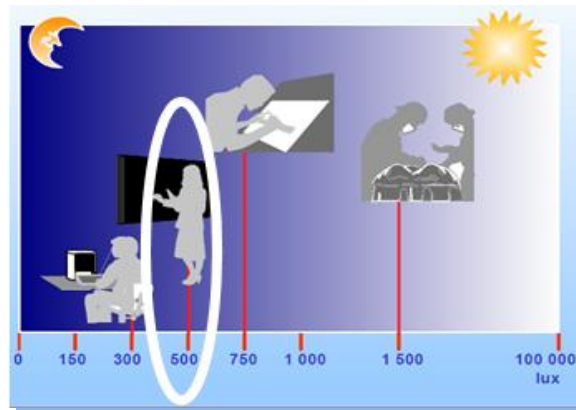
### 3-1- Niveau d'éclairage :

Les locaux d'enseignement, plus particulièrement les salles de classe, doivent bénéficier d'un niveau d'éclairage lumineux adéquat pour l'exécution des différentes tâches visuelles qui s'y accomplissent. Il permettra une bonne vision des tâches visuelles et facilitera l'accommodation rapide de l'œil pour passer de l'une à l'autre.

Position	Eclairage moyen en service (Lux)	Eclairage moyen à maintenir (lux)
Plan de travail	400	325
Tableaux	500	425

**Tableau VI-1 : Niveaux d'éclairage recommandés par l'A.F.E Enseignement du premier et second degré**  
**Source : BENHARKAT, S., 2005/2006**

### 3-2- Facteur humain : l'âge (BENHARKAT, S., 2005/2006)



**Figure VI-7 : Niveau d'éclairage de Référence adapté à l'activité prévue**  
**Source : A.DE HERDE, A. LIEBARD., 2005**

L'œil change à de nombreux égards à mesure que nous vieillissons. Ces changements réduisent notre perception des détails, notre sensibilité aux contrastes, la discrimination des couleurs, et la vitesse d'adaptation et le traitement des sensations visuelles. Il faut savoir que les capacités visuelles de l'homme évoluent : elles sont optimales vers 20 ans et se dégradent ensuite lentement. Ce facteur d'âge affecte, d'une part le pouvoir d'accommodation qui atteint son optimum à 5 ans pour commencer à décroître vers 50 ans.

### 3-3- Facteur d'ambiance :(BENHARKAT, S., 2005/2006)

#### a- Couleur des parois internes :

La luminance d'une surface mate est proportionnelle au produit de l'éclairage qu'elle reçoit par son facteur de réflexion. (A F E ,1987). Ainsi, pour accroître la luminance d'un local en présence de parois internes de couleurs sombres, c.à.d. à facteur de réflexion faible, l'éclairage lumineux doit être plus important que si les parois sont de couleurs claires, autrement dit un facteur de réflexion élevé.

#### b- Couleur des plans de travail :

La clarté des tables de travail constitue un élément favorable au confort visuel dans les salles de classe, car la réduction du contraste entre le support papier et la table diminue les efforts d'accommodations de l'œil à chacun des déplacements.

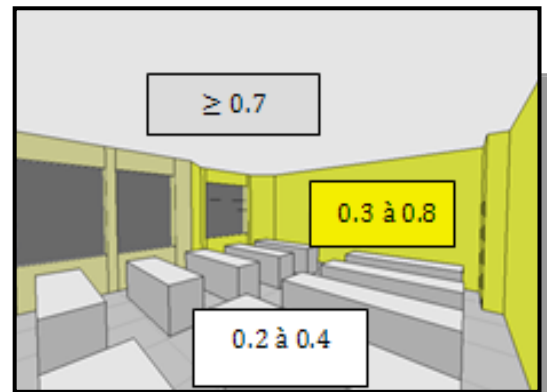
#### c- La répartition de la lumière :( SIGRID.R. De. HERDE.A, 2001)

Pour permettre à la lumière naturelle de se distribuer le mieux possible dans le local, il est essentiel de placer le mobilier de telle sorte qu'il ne fasse pas écran et de disposer les zones d'activités judicieusement. Les plans de travail seront situés préférentiellement près des ouvertures où la lumière naturelle est bien reçue. En effet, il est important d'éclairer davantage ce que nous voulons voir, que ce soit une tache visuelle, un élément architectural ou une zone de repos plaisante. Inversement, il ne faut pas accentuer des éléments peu importants car cela perturbe notre perception visuelle d'un lieu.

Paroi intérieures	Facteurs de réflexion conseillés
Plafonds	0.7 à 0.85
Murs proches des sources lumineuses	0.5 à 0.7
Autres murs	0.4 à 0.5
Sols	0.1 à 0.3
Surfaces supérieures des tables de travail	0.4 à 0.5
Meubles	0.3 à 0.5

**Tableau VI-2** : Les facteurs de réflexions conseillés pour différentes surfaces intérieures.  
**Source** : SIGRID.R, De. HERDE.A, 2001

En règle générale, pour une bonne distribution de la lumière, les murs et les plafonds devraient de préférence être de couleur claire et mate afin de bien répartir les luminances. Pour éviter une réflexion gênante, le sol sera plutôt sombre et les surfaces brillantes seront de préférence petites, comme les meubles ou les portes. Des couleurs vives seront utilisées pour mettre en évidence des petits objets et animer l'espace. Les facteurs de réflexion des surfaces internes des salles des classes recommandés par l'A.F.E sont indiqués dans la (BENHARKAT, S.,2005/2006)



**Figure VI-8 :** Les facteurs de réflexion des surfaces internes  
**Source :** BENHARKAT, S., 2005/2006

### 3-4- Eclairage général :

L'éclairage horizontal moyen à la mise en service de l'installation doit être d'au moins 500 lux sur le plan utile. Cette valeur correspond à 325 lux à maintenir. Quand au facteur d'uniformité ( $I_u$ ), il doit être supérieur à **0.8**. Les facteurs de réflexion retenus sont indiqués dans le tableau

Surface	Facteur de réflexion
Plafond	0.7
Murs	0.5
Plan utile	0.3

**Tableau VI-3 :** facteurs de réflexion recommandés par l'association promotelec  
**Source :** BENHARKAT.S 2005/2006

### 3-5- Eclairage des tableaux :

L'éclairage moyen initial vertical sur la surface totale du tableau des salles de classe doit être d'où moins 600 lux, sans tenir compte de l'apport de l'éclairage général. D'autre part le rapport de l'éclairage minimal sur éclairage maximal doit supérieur à 0.5.

**3-6- Uniformité de l'éclairage :**

La répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage (exprimée par l'indice d'uniformité  $I_u$ ) est définie comme étant « le rapport entre l'éclairage minimum ( $E_{min}$ ) et l'éclairage moyen ( $E_{moy}$ ) observé dans la zone de travail ».

(La Norme Européenne EN 12464-1).

$$I_u = E_{min} / E_{moy}$$

D'après l'A.F.E, l'indice de l'uniformité ( $I_u$ ) calculé pour le plan de travail ne doit pas être inférieur à 0.8. Concernant l'éclairage vertical des tableaux, le rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage maximal ne doit pas être inférieur à 0.5. (BENHARKAT, S.,2005/2006)

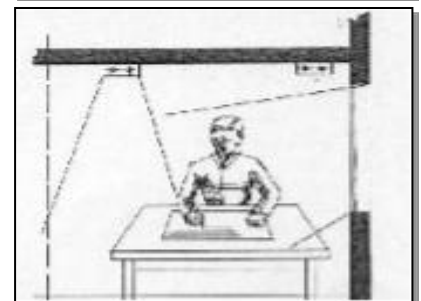
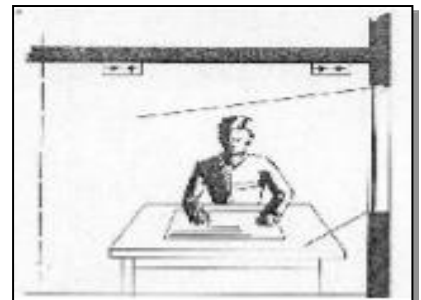
Lieux de travail	Niveau d'éclairage recommandé (lx)		
Classe	300	500	750

**Tableau VI-4** : niveaux d'éclairages recommandés pour les espaces d'enseignement  
**Source** : SIGRID.R, De. HERDE.A, 2001.

**3-7- Les ombres gênantes :**

En fonction de sa direction, la lumière peut provoquer l'apparition d'ombres marquées, qui risquent de perturber l'exécution des tâches visuelles. Ce risque survient dans deux cas:

- Lorsque la lumière provient du côté droit pour les droitiers ou du côté gauche pour les gauchers.
- Lorsque la lumière est dirigée dans le dos des occupants.



**3-8- Eblouissement :** (AFE : Association Française de l'Eclairage.).

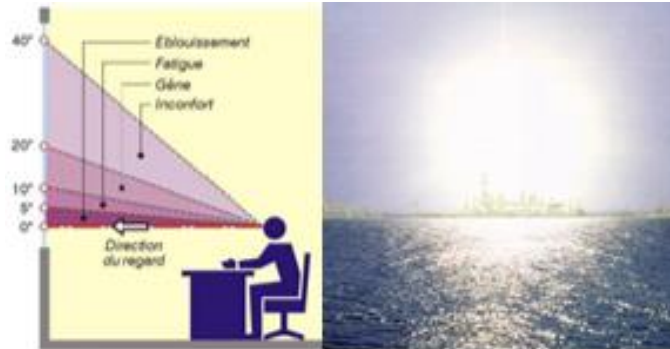
L'éblouissement correspond aux conditions de vision dans lesquelles on éprouve une gêne ou une réduction de l'aptitude à distinguer de petits objets par suite d'une répartition défavorable des luminances ou d'un contraste excessif, C'est-à-dire le passage rapide d'un lieu obscur à un endroit fortement éclairé ou bien la perception d'une source lumineuse particulièrement intense sur un fond sombre.



**Figure VI-9** : Ombre dû à l'éclairage latéral  
**Source** : ENERGIE ,2007

**Suivant l'origine de l'éblouissement, nous pouvons distinguer : l'éblouissement direct et l'éblouissement indirect :**

- L'éblouissement direct est produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine.

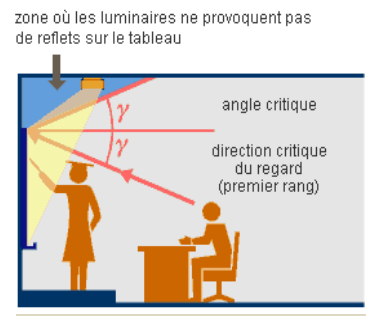


**Figure VI-10 : source lumineuse de haute luminance**  
**Source : (BODART, M., 2007)**

- L'éblouissement indirect est produit par des réflexions de sources lumineuses sur des surfaces brillantes (écrans d'ordinateur, plan de travail, tableau ...).

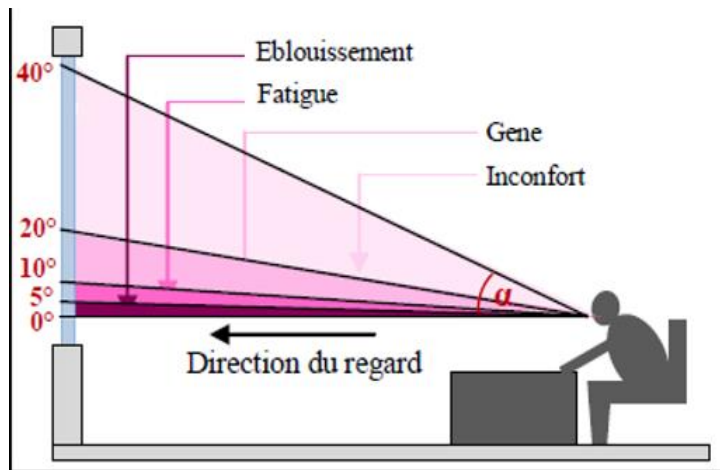


**Figure VI-11 : Eblouissement de voile**  
**Source : ENEDIR.Ghisi, John A. Tinker., 2007**



**Figure VI-12 : Meilleure position des luminaires**  
**Source: ENEDIR.Ghisi, John A. Tinker., 2007)**

Pour éviter tout risque d'éblouissement, l'angle compris entre la direction considérée et l'horizontale, doit être toujours supérieur à 45°.



**Figure VI-13 : Angle d'éblouissement**  
**Source : FAURE. D, 2006**

- **Types d'éblouissement :**

**a- L'éblouissement perturbateur ou gênant :** (BODART.M, DE HERDE. A., 1999)

Il diminue la capacité de l'observateur de distinguer des détails. Ce type d'éblouissement ne génère pas forcément d'inconfort visuel de telle condition apparaissent quand une personne a un objet lumineux dans son axe de vision (par exemple, une fenêtre ou un luminaire).

**b- L'éblouissement aveuglant :** (BODART. Magali. DE HERDE, A. ,1999) :

Il est tellement intense qu'aucun objet ne peut plus être vu pendant un certain temps.

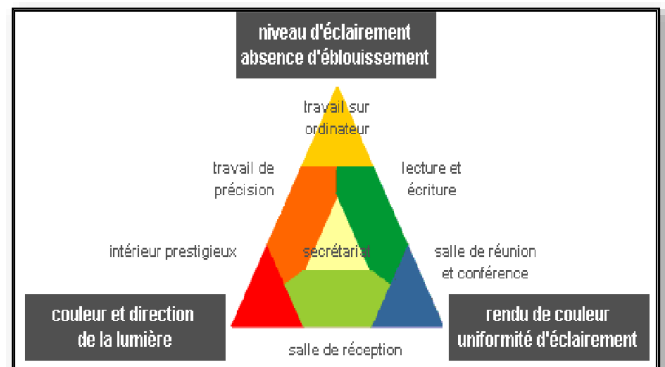
### I-4- Tâches visuelles dans les salles de classe :

Les tâches visuelles auxquelles sont confrontés les élèves et les étudiants dans une salle de cours sont multiples :

- Lecture ou écriture d'un document disposé sur le plan utile.
- Lecture de ce qui est écrit au tableau.
- Dessiner sur un plan
- Regard prolongé vers le professeur ou vers un autre élève.
- Visualisation de films, de diapositives, d'émissions télévisées.
- Travail sur ordinateur.

Les paramètres nécessaires pour établir un confort visuel optimum sont :

- un niveau d'éclairage suffisant.
- une uniformité de l'éclairage.
- l'absence d'éblouissement.
- un rendu de couleur correct.



**Figure VI-14 :** paramètres du confort visuel en fonction de la tâche visuelle

**Source :** DE HERDE & al.

[[www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)]

Les niveaux minimums (éclairagements moyens à maintenir)	
Classe à aménagement fixe	300 à 500 lux au niveau du plan de travail
Classe à aménagement variable	300 à 500 lux au niveau du sol
Tableau	500 à 700 lux sur le plan vertical, à 1,20 m de hauteur
Document affiché dans les classes	300 lux
Écran d'ordinateur	200 lux

**Tableau VI-5 :** normes d'éclairage

**Source :** (BODART. Magali. DE HERDE, A. ,1999)

### **I-5- Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle :** (www.thesis.univ-biskra.dz)

Les systèmes de modélisation de l'éclairage naturel sont conçus pour régler les problèmes de la répartition inégale de la lumière naturelle dans un espace en réduisant les niveaux excessifs de clarté près des fenêtres et en les augmentant dans les zones qui en sont éloignées, donnant ainsi naissance à une lumière plus équilibrée et une distribution harmonieuse dans l'espace.

#### **5-1- Type des systèmes de modélisation :**

- Système de puits de lumière
- Les plafonds anidoliques
- Les étagères de lumière (light shelf)
- Les conduits de lumière (light pipe)
- Les vitrages spéciaux
- Les stores réfléchissants (les persiennes)
- Système light shelf.

#### **I-6- Normes des salles de classe :**

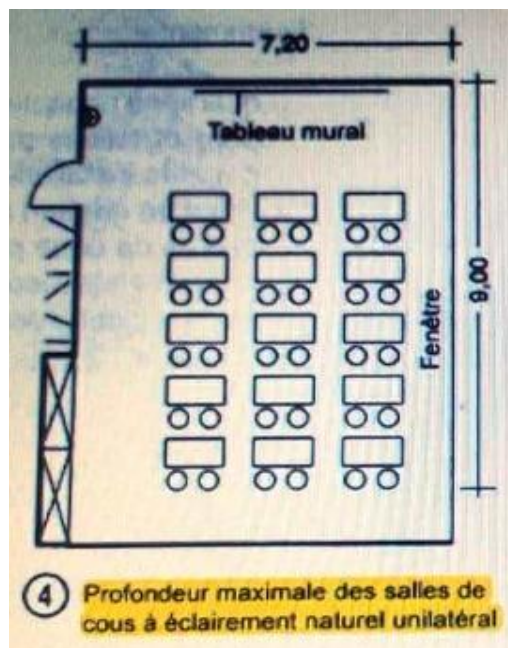
- Les fenêtres doivent occuper **1/4** du mur de la salle et se situer à au moins 1m du sol. Ces normes peuvent être adaptées selon la situation climatique de la région. La couleur des salles de classe doit être claire (blanche, rose, crème...).
- L'équipement de base se compose du mobilier (armoires, tables et chaises adaptées à la taille des petits)
- Volume : La hauteur du mur est de **3,00 m** du niveau bas sous la toiture et à 4,20m au niveau du sommet du toit.
- La surface d'ouverture libre des locaux scolaires correspond au minimum à **25%** de la surface du sol.
- L'intervalle entre la partie haute de la fenêtre et le niveau des plafonds sera d'environ **0m, 20.**
- La hauteur d'allèges (hauteur d'allège : hauteur entre le sol et le bas de la fenêtre) avec des appuis taillés en glacis sur les deux faces se situe entre **80 et 100 cm** au-dessus du niveau du sol. Côté cour, le minima de hauteur est de **100 cm** de façon à éviter que les élèves aient une vision directe sur la cour.
- Éclairage des tableaux **500 Lux**

- Les premières tables sont installées à **2 m** du mur sur lequel se trouve le tableau.
- Les locaux à forte densité d'occupation (salle de classe, cafétéria, salle informatique etc.), doivent avoir des fenêtres placées de manière à assurer une ventilation transversale c'est-à-dire donnant sur les deux façades.
- La largeur du passage libre d'une porte intérieure est de **90 cm** minimum
- La porte s'ouvre vers l'extérieur pour assurer l'évacuation aisée en cas d'alerte
- La poignée de la porte se trouve à **100 cm** du sol
- Les tables doivent avoir leur bord supérieur à une hauteur de 75 cm du sol, un dégagement sous la table de **70 cm** de hauteur
- Tableau d'écoles. Sa position sur le mur sera ainsi fixée à une hauteur allant de **60 à 95 cm** par rapport au plancher.

### 6-1- Besoin de surface d'une salle de classe :

Le nombre maximal d'élèves par classe est de l'ordre de 30 élèves. Avec 2 m<sup>2</sup> par élève.

La profondeur maximale de l'espace c'est 7.20m et entre le mur de tableau et la place de l'élève en fond de salle de classe ne doit pas dépasser 9.00m.



**Figure VI-15** : Les réglementations et les recommandations de conception des écoles en Algérie

**Source** : Bencheikh, A., 2006/2007

Les écoles sont conçues principalement dans quelques limites selon les orientations présentées dans le guide de constructions scolaires de 1983, établis par le ministère de l'éducation nationale. Il préconise que :

- Le nombre d'occupants devrait être d'environ 40 élèves ;
- La surface exigée est 1,5 m<sup>2</sup> par élève ;
- Les dimensions du plan : -8,40x7, 20 ou 9,00x 6,60m pour la forme rectangulaire.  
-7,80 x 7,80m pour la forme carrée.
- La hauteur du plafond doit être entre 3 et 3,50m ;
- L'orientation du bâtiment (avec un intérêt particulier pour l'aspect thermique) doit respecter les effets des conditions environnementales telles la lumière solaire, les vents dominants et les bruits. La priorité est donnée à la ventilation et à la capacité thermique du bâtiment. En général, l'orientation conseillée pour les salles de classes est N-E, pour empêcher les effets du soleil dans la période chaude.
- Concernant les dimensions des ouvertures, les normes sont établies pour la surface des baies (y compris cadre) par rapport à la surface du local. (M.E.P.S. ,1971)
- Pour l'orientation Sud (SSE.-SSO) : 12 à 15% pour les zones du littorale et des hauts plateaux, et de 8 à 12% pour les zones sahariennes.
- Pour les autres orientations : 5 à 17% pour les zones du littorale et des hauts plateaux ; et 12 à 17% pour les zones sahariennes.

### **II-1- Salle de classe étudiée :**

Une salle de classe orientée nord située au premier étage sera représentée au schéma ci-dessous.

#### **1-1- Position en plan :**

- Dans ce cas on a choisi la salle orienté Nord située au premier étage avec une surface de 52.2m<sup>2</sup> une forme rectangulaire (9\*5.8) un couloir au coté sud de profondeur de 5m et des ouvertures orientées au Sud vers l'atrium.
- La salle de classe orientée particulièrement au Nord.

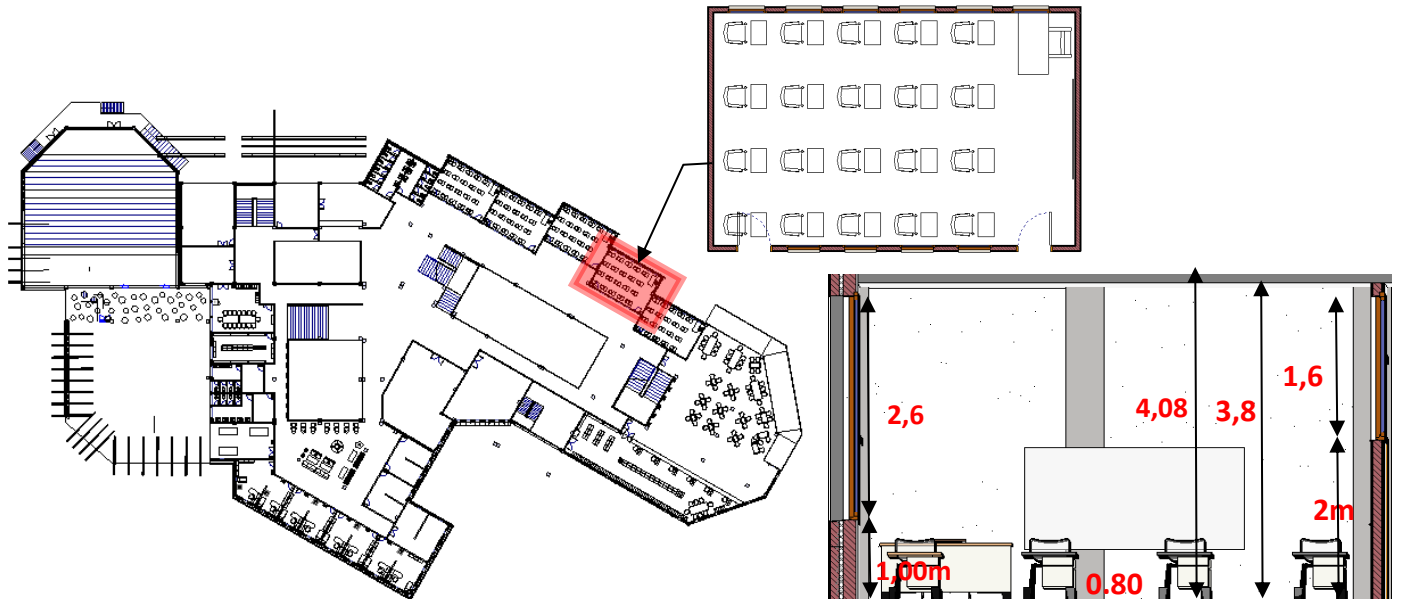


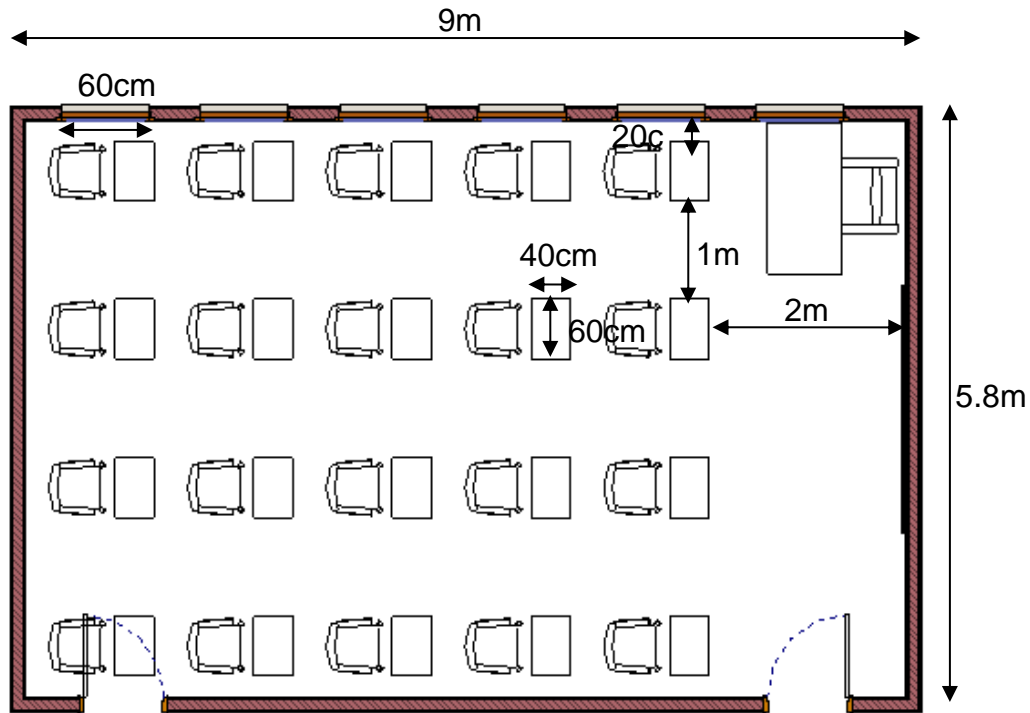
Figure VI-16 : position de la salle de classe en plan

Source : auteur

- **Hauteur** : 4,08
- **Hauteur sous plafond** : 3,8m
- **Orientation de la salle** : Nord
- **Éclairage recommandé** : 500lux
- **Nombre d'occupants** : 20 étudiants
- **Type d'éclairage** : Eclairage bilatérale
- **Orientation des ouvertures** : direct : Nord/indirect : Sud
- **Coté Nord**
- **Hauteur fenêtre** : 3,6m
- **Hauteur allège** : 1m
- **Surface cumulée des ouvertures** : 9,36m<sup>2</sup>
- **Surface de fenêtres** : 0,6\*2,6
- **Nombre des fenêtres** : 6
- **Coté Sud :**
- **Hauteur fenêtre** : 3,6m
- **Hauteur allège** : 2m
- **Surface cumulée des ouvertures** : 3,84m<sup>2</sup>
- **Surface de fenêtres** : 0,6\*1,6
- **Nombre des fenêtres** : 4

**1-2- Première Proposition :**

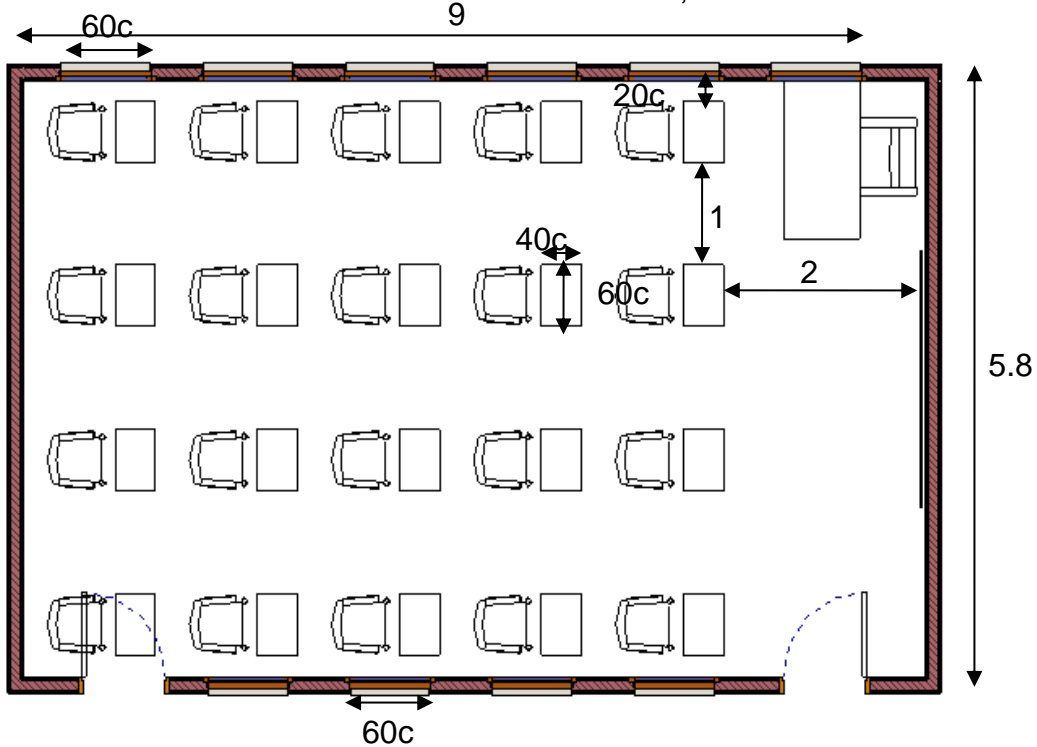
Les fenêtres de coté Nord de dimensions 0.6m sur 2.6m



**Figure VI-17 :** dimensions de la salle de classe latérale

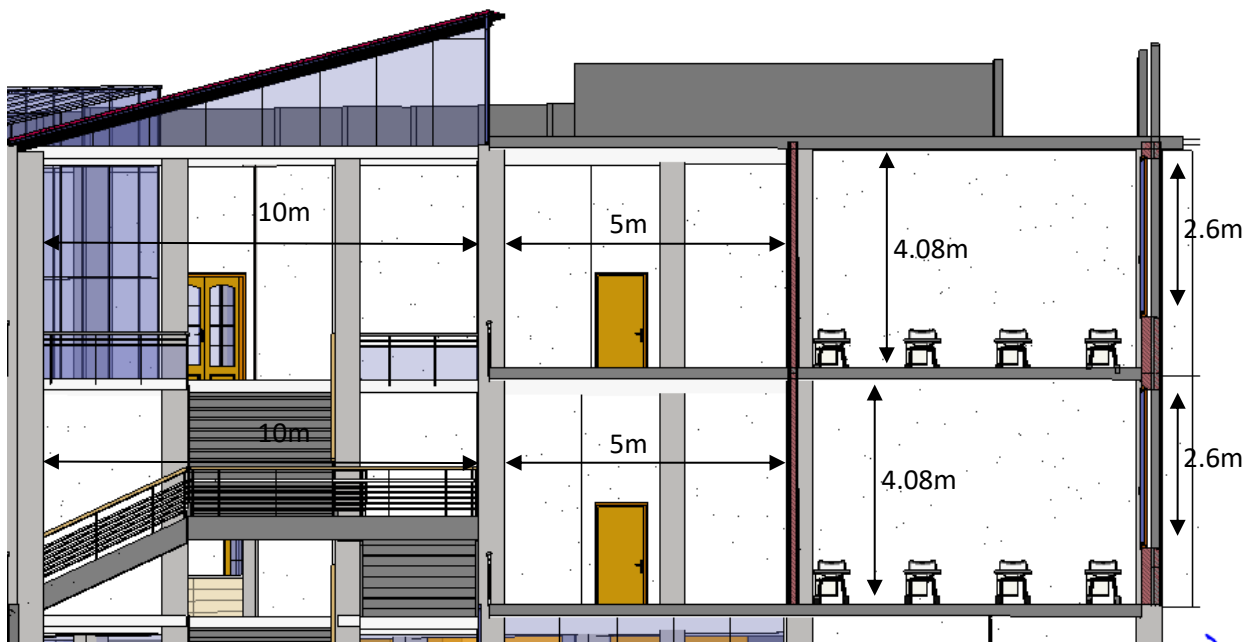
Source : auteur

Les fenêtres de coté Nord de dimensions 0.6\*2.6m, et de coté Sud 0.6\*1.6 sur l'atrium



**Figure VI-18 :** dimensions de la salle de classe bilatérale

Source : auteur



**Figure VI-19** : coupe de la salle de classe

Source : auteur

### 1-3- Outil d'analyse :

EnergyPlus, est un programme de simulation énergétique. Basé sur la description d'un bâtiment, il permet de calculer les températures intérieures l'humidité et les besoins de chauffage, ventilation et climatisation, l'ombrage, l'éclairage naturel et besoin d'occupant pour améliorer le confort et réduire la consommation d'énergie.



### 1-4- Présentation de logiciel de simulation : "ENERGYPLUS"

**Description** : Est un outil de simulation dynamique permettant de prévoir le comportement énergétique de bâtiments. EnergyPlus se base sur les outils BLAST « Building Loads Analyse and System Thermodynamicset » et DOE-2, qui ont été développés dans les années 80 et restes-en développement avec une nouvelle version disponible tous les 6 mois. Il peut être utilisé par des ingénieurs, des architectes et des chercheurs et c'est le département de l'énergie des États Unis (DOE) qui finance cet outil, le LBNL « Lawrence Berkeley National Laboratory » coordonnant le développement. Il est disponible librement sur le site du département de l'énergie.

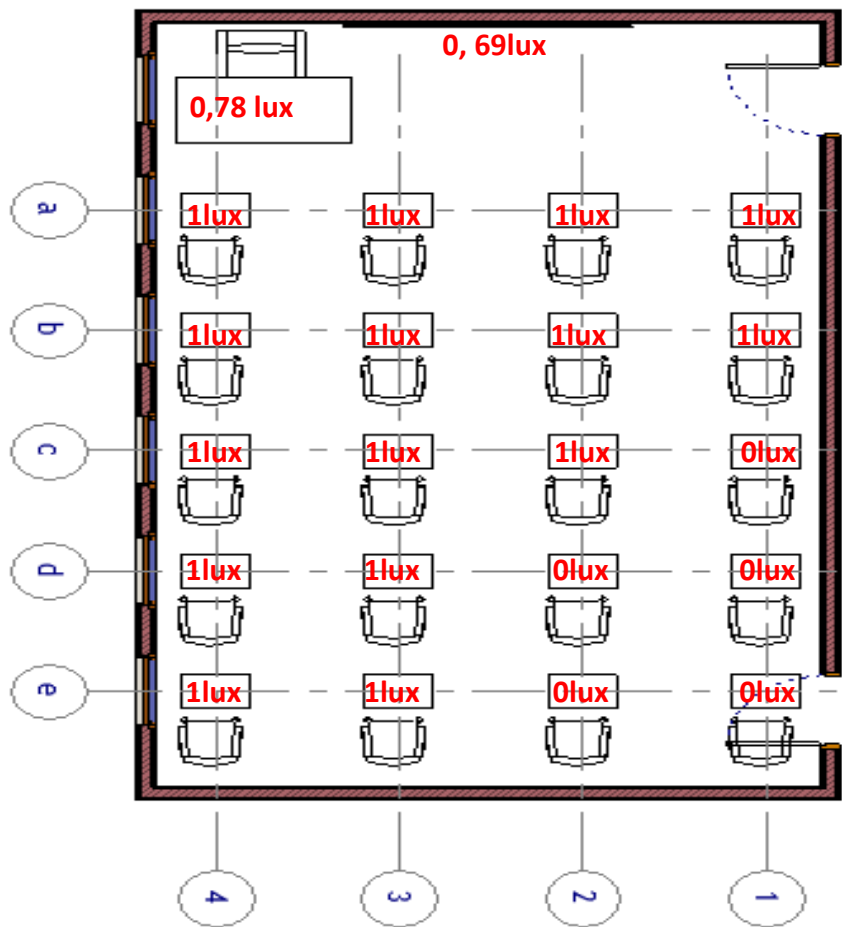
1-5- Résultats :

5-1- Le premier cas :

Les fenêtres de dimension :  
 0.80m x 2.00m, une surface  
 de 1.6m<sup>2</sup> représente xx % de la  
 surface de mur.

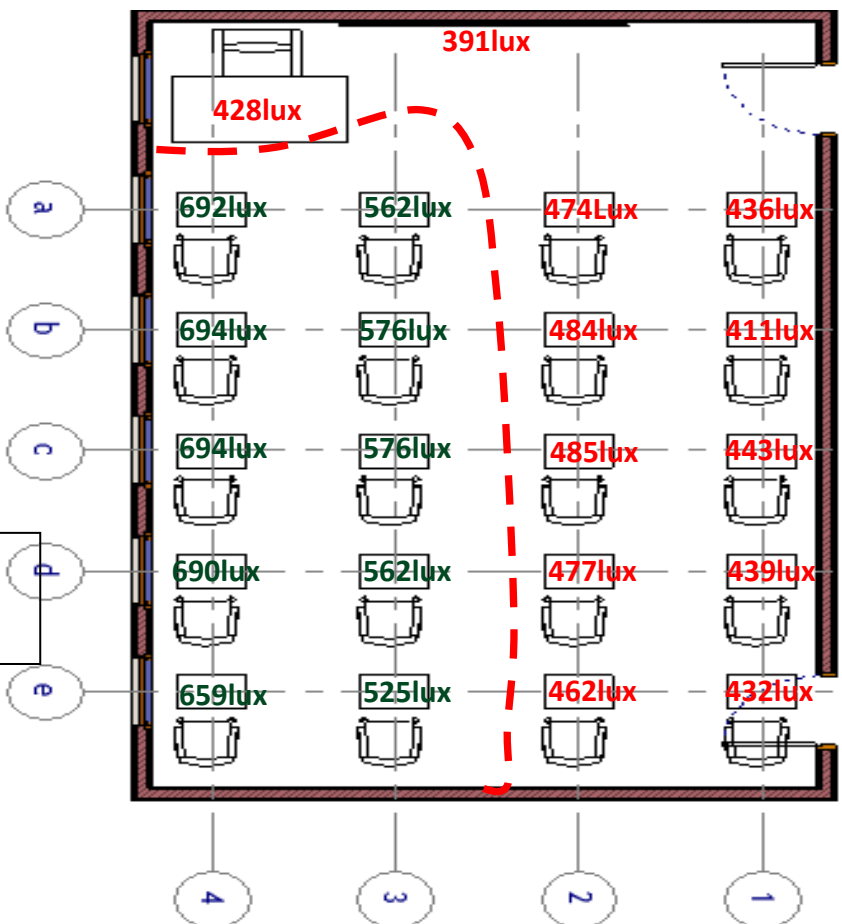
1. En hiver, (21 décembre)

8 :00



9 :00

Eclairage moyen : 527lux  
 Indice d'uniformité : 0,81

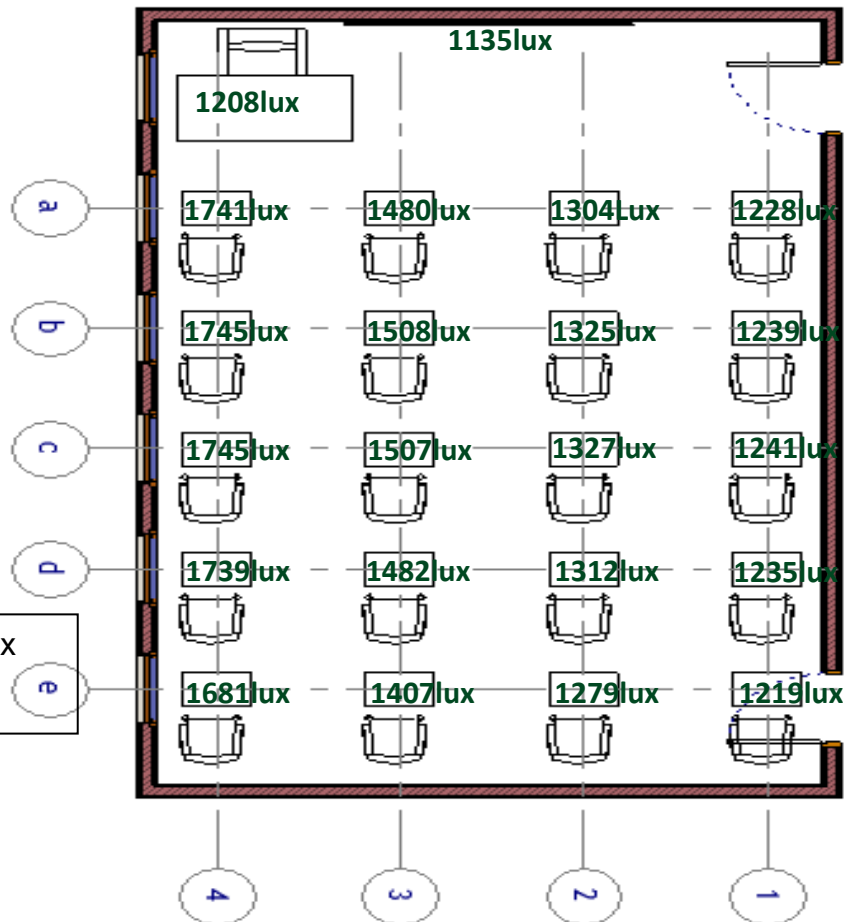


## Chapitre VI : étude expérimentale

10 :00

Eclairage moyen : 1413lux

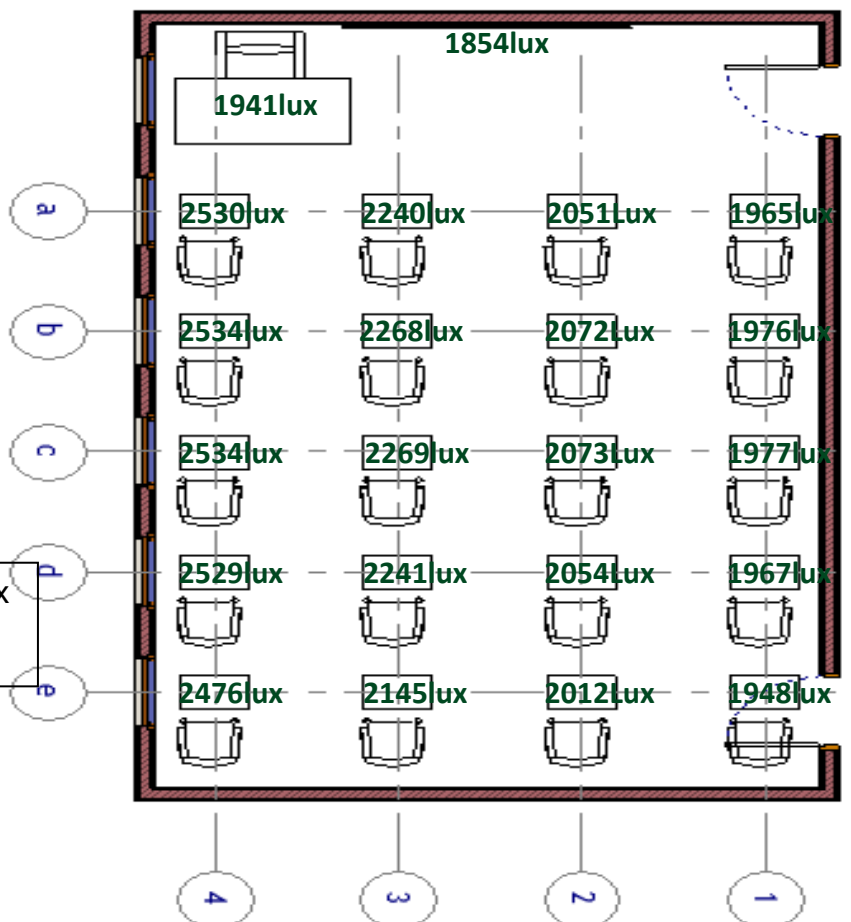
Indice d'uniformité : 0,86

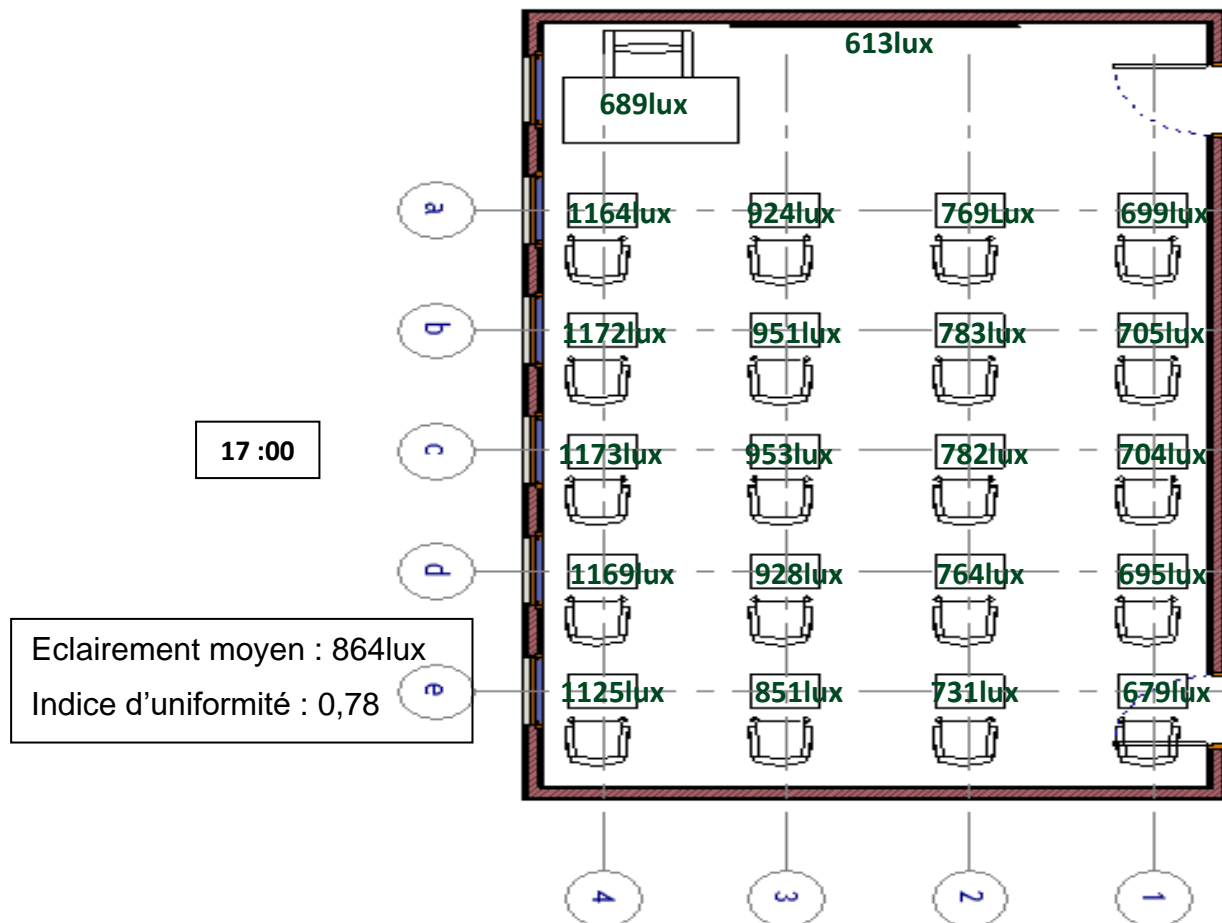


12 :00

Eclairage moyen : 2166lux

Indice d'uniformité : 0,89





À 8 h 00, le niveau d'éclairage sur tous les points est de 0/1lux, mais à partir de 9h00, le niveau d'éclairage commence à atteindre des niveaux acceptables, en particulier à proximité des ouvertures, rangé 3 et 4.

A 10h00 Le niveau d'éclairage dépasse la valeur de 500 lux dans toute la salle et continue d'augmenter jusqu'à 16 h 00 où l'éclairage diminue mais reste supérieur à la valeur recommandée de 500 Lux.

Les valeurs enregistrées à 21 décembre démontre l'insuffisance d'éclairage entre 8 :00 et 09 :30 surtout au fond de la salle de classe malgré que l'éclairage extérieur est entre 800 lux et 1200 Lux.

La première solution est d'augmenter la hauteur des fenêtres tout en gardant, relativement, la surface des fenêtres.

$$0.8 * 2.00 = 1.6m^2.$$

Pour garder toujours la fenêtre en face le plan de travail (la table de l'étudiant) en réduisant la largeur de la fenêtre de 80cm à 60cm.

$$0.8*2.00 = 1.6m^2 \Rightarrow 1.6m^2 / 0.6 = 2.66m \Rightarrow 2.60m$$

5-2- Dimension 0,6m sur 2,6m

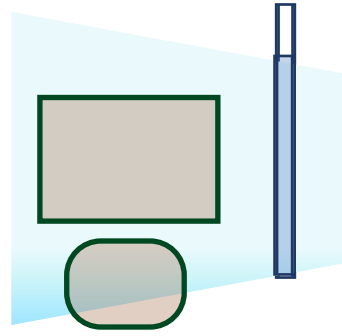
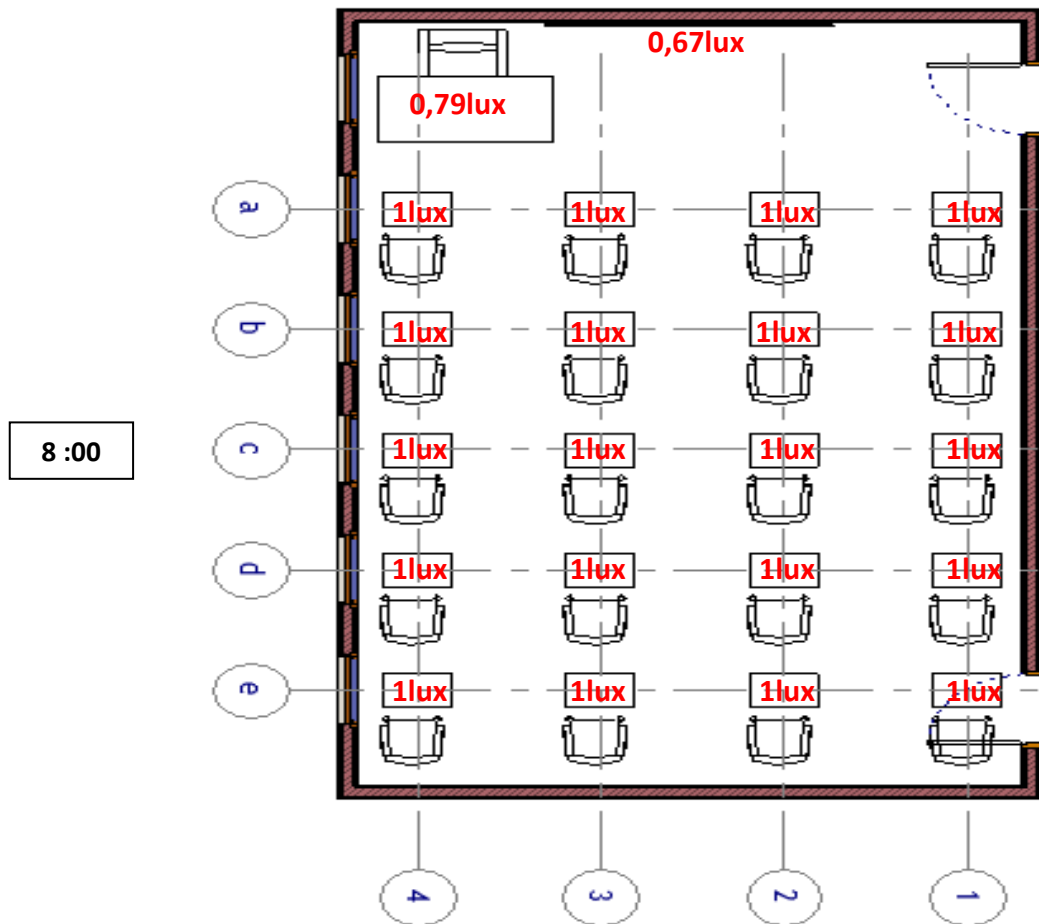
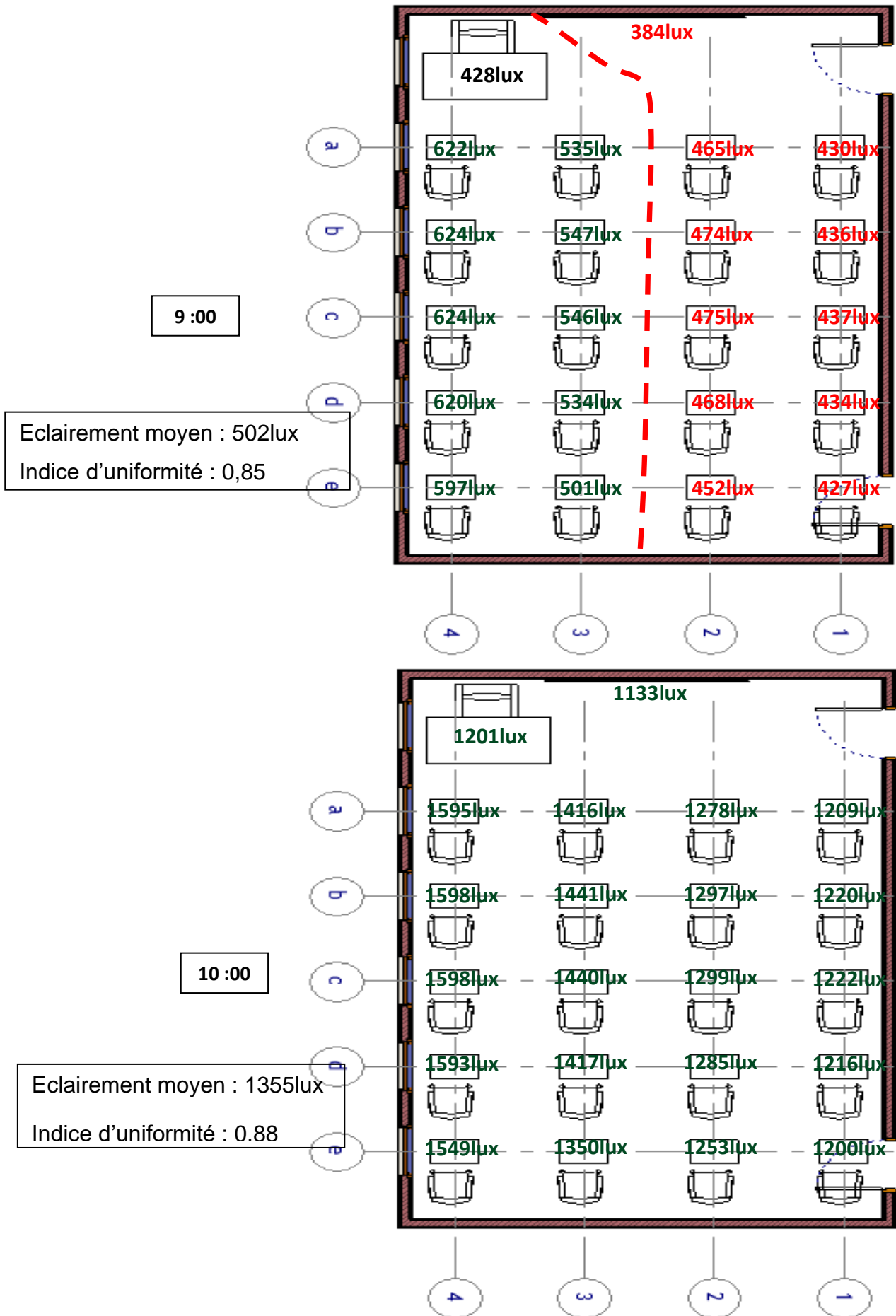


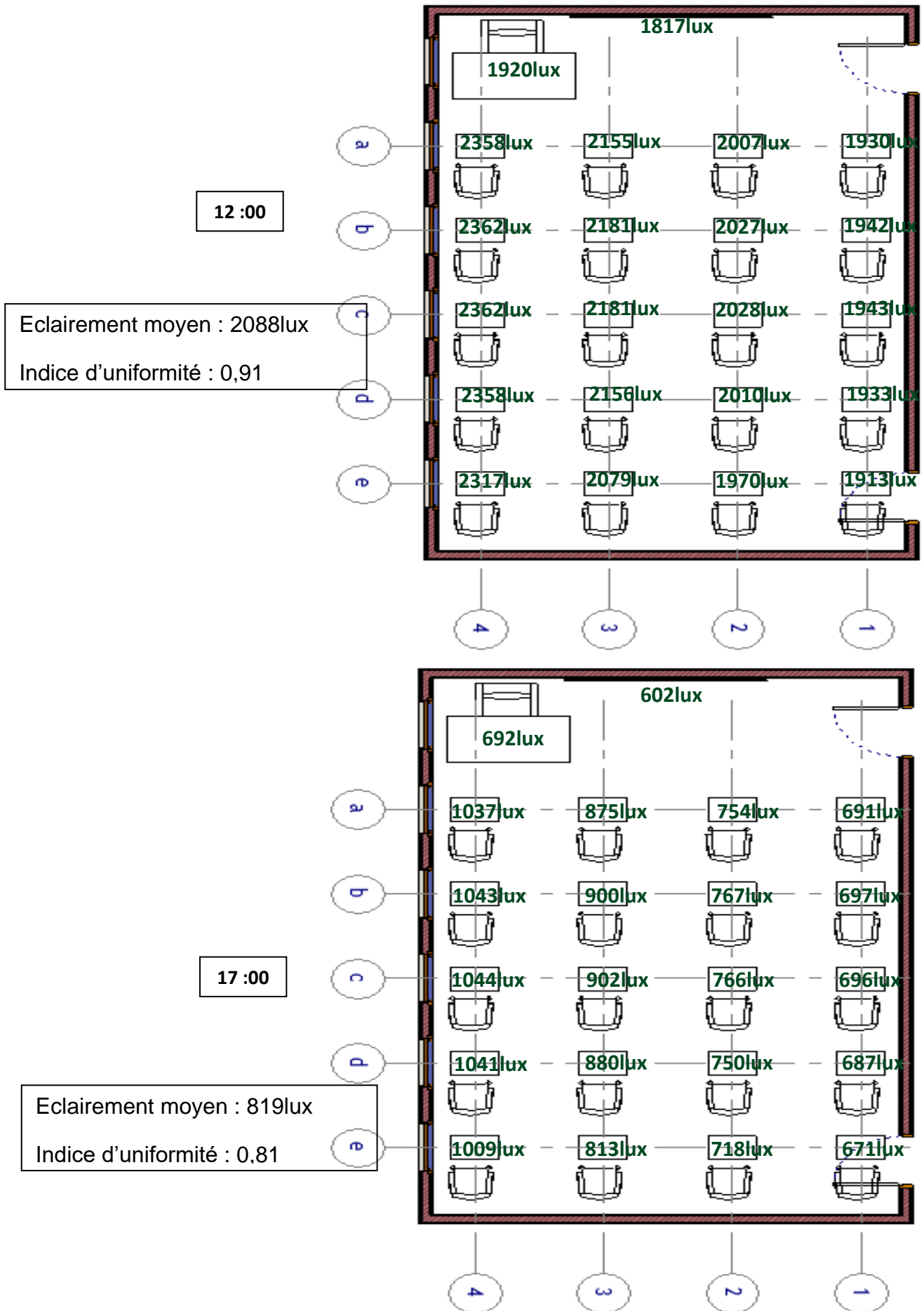
Figure VI-20 : position de la fenêtre par apport la table.  
Source : auteur



# Chapitre VI : étude expérimentale



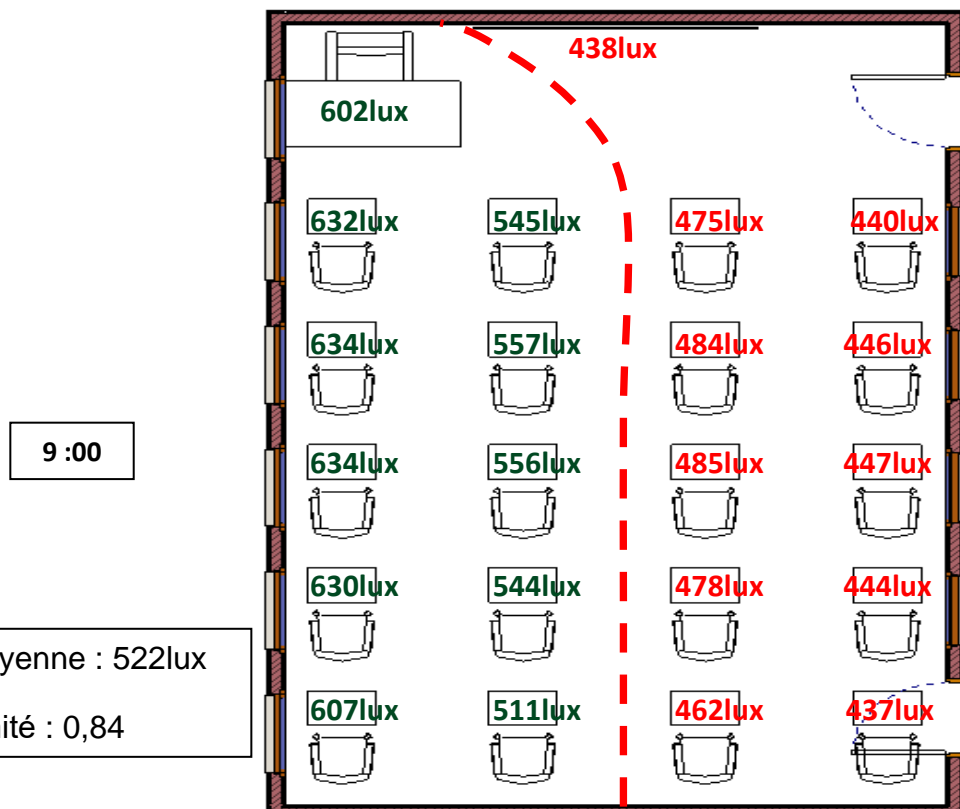
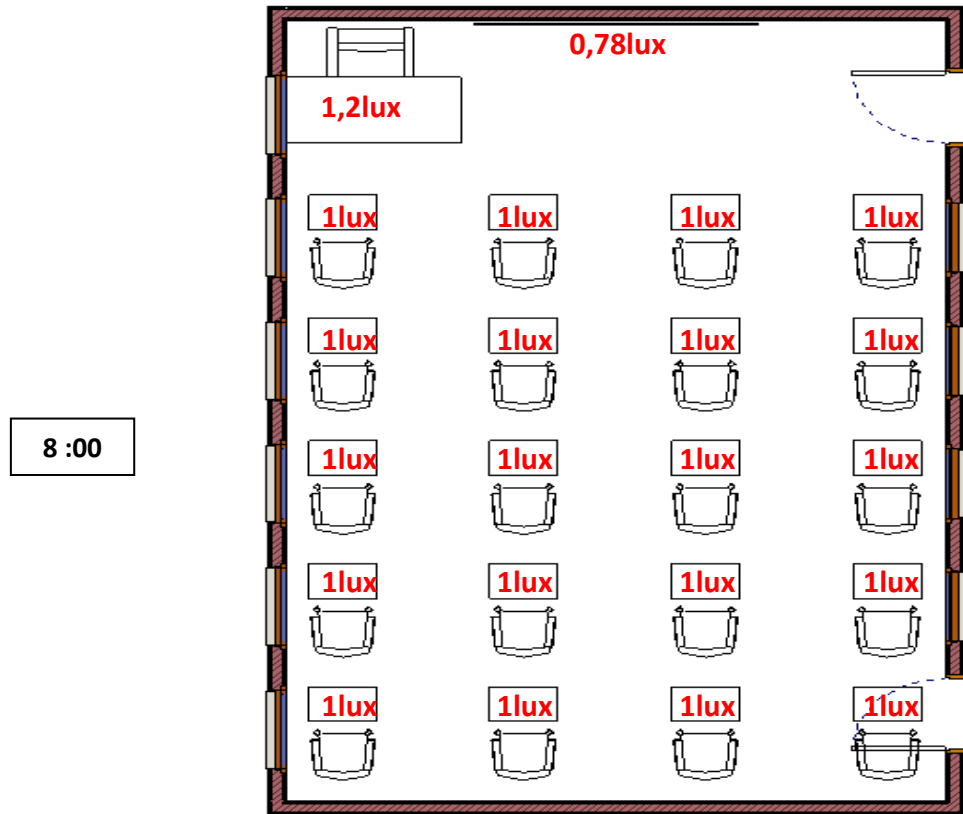
# Chapitre VI : étude expérimentale



## Chapitre VI : étude expérimentale

D'après les résultats obtenus on a trouvé que le problème d'insuffisance d'éclairage de 08 :00 à 09 :00, alors on passe à l'éclairage bilatéral.

### 5-3- Bilatérale : Dimensions 0,6 sur 2,6 et 0,6 sur 1,6



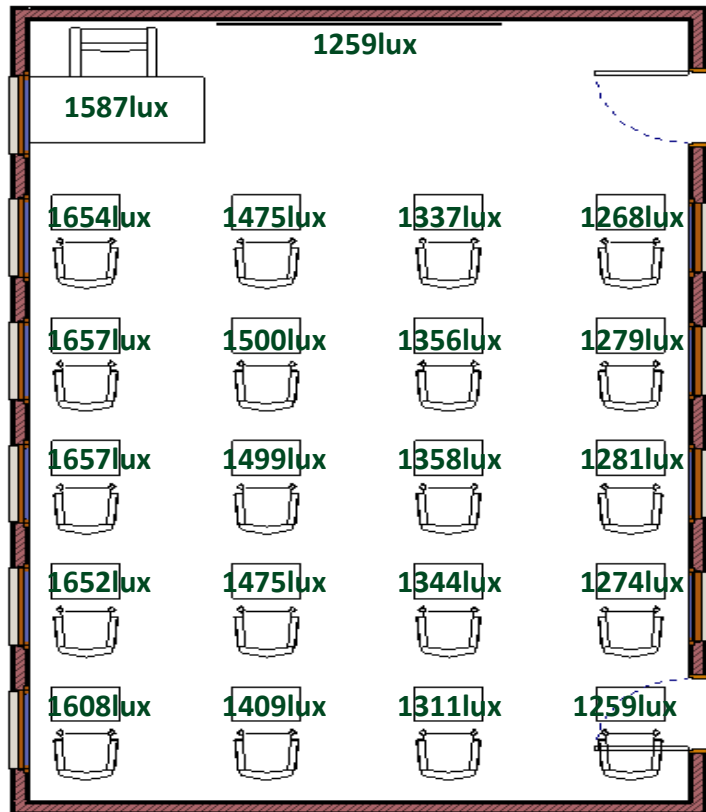
Eclairage moyenne : 522lux

Indice d'uniformité : 0,84

## Chapitre VI : étude expérimentale

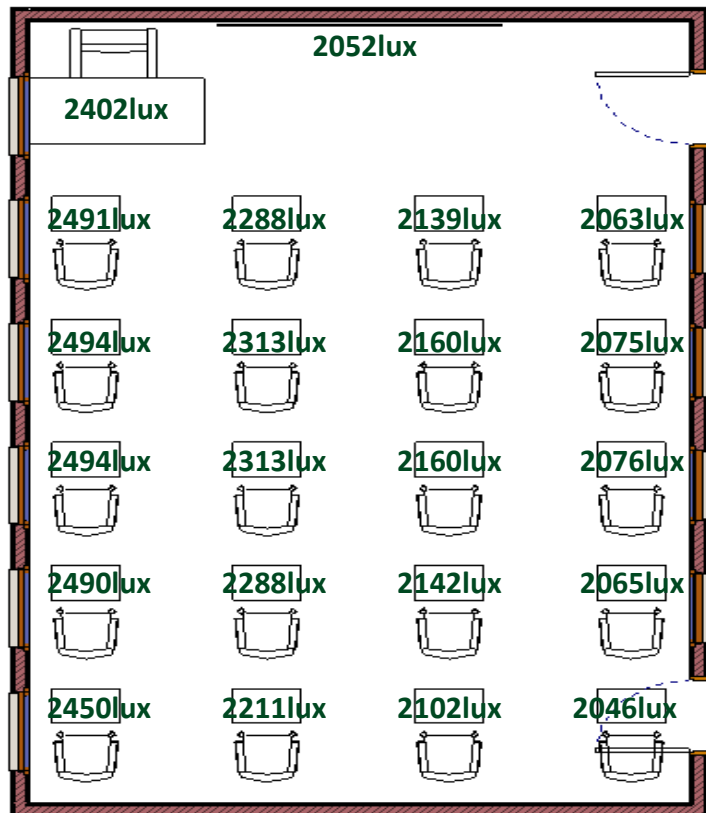
10 :00

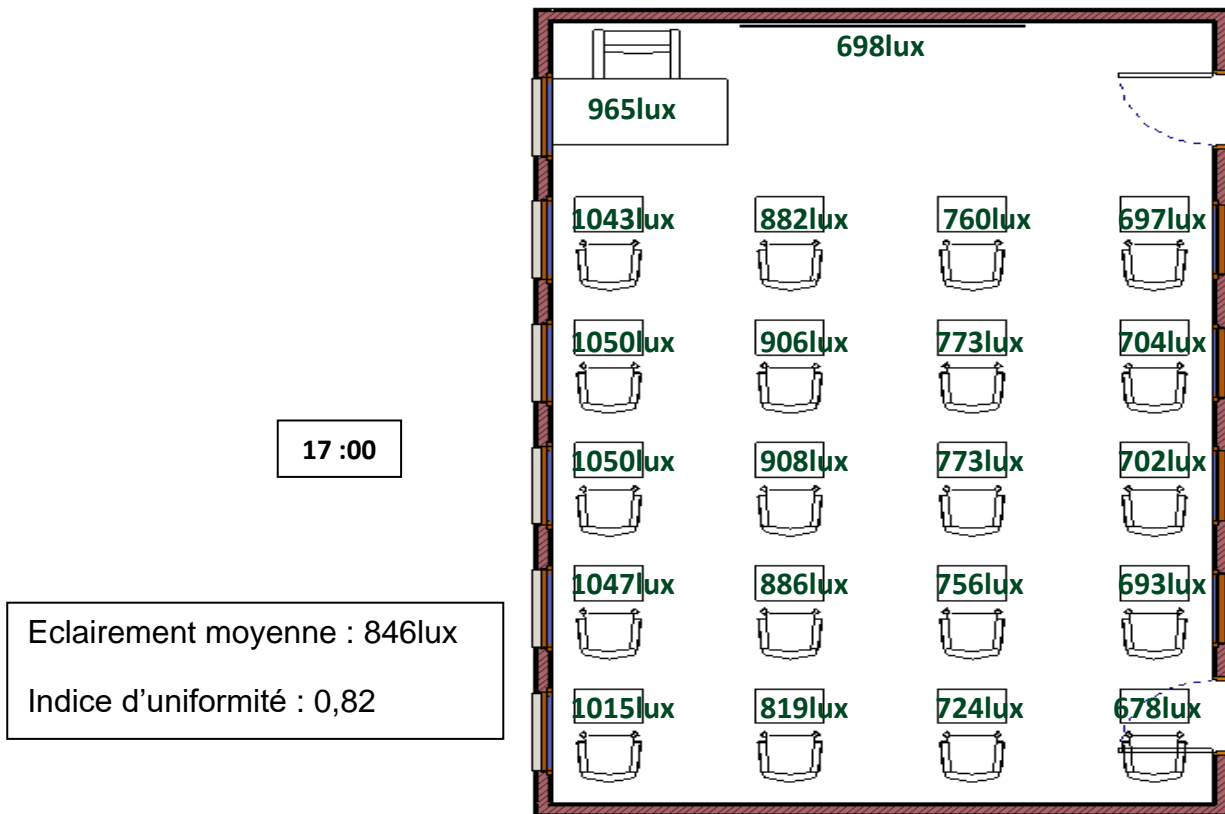
Eclairage moyenne : 1431lux  
Indice d'uniformité : 0,87



12 :00

Eclairage moyenne : 2241lux  
Indice d'uniformité : 0,91





On a obtenu les mêmes résultats précédents et l'éclairage reste relativement stable

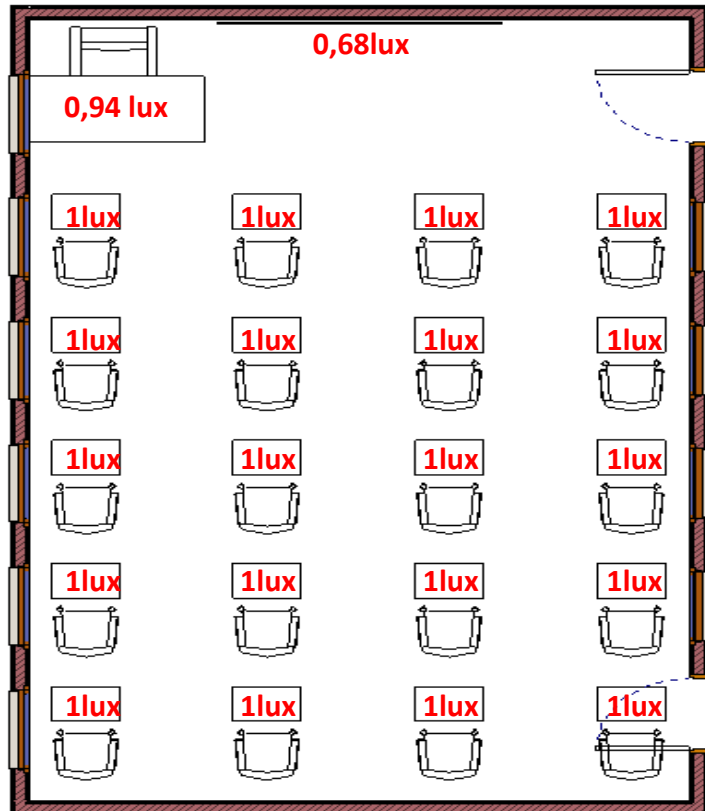
#### 5-4- L'utilisation de light shelves :



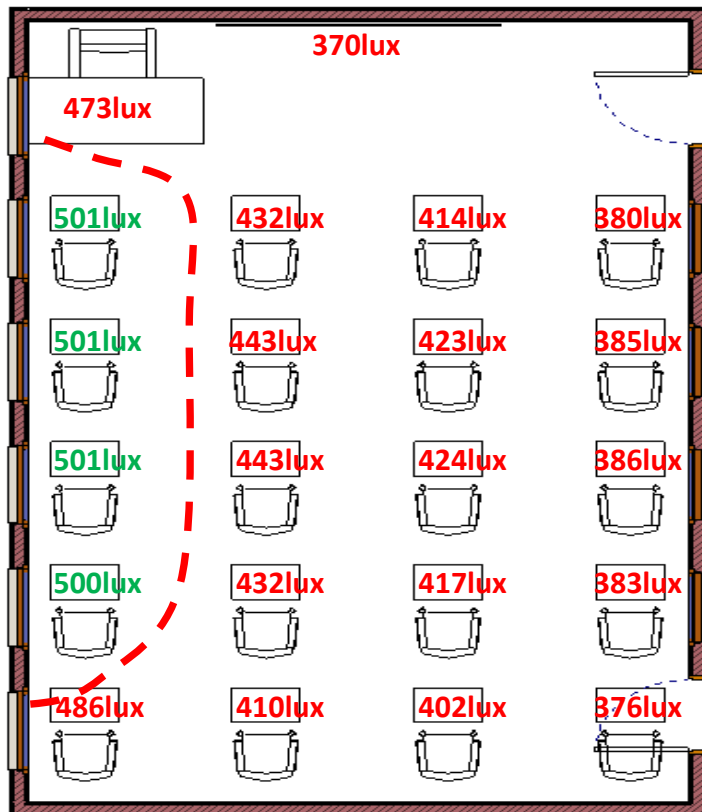
**Figure VI-21** : position des lightshelves par apport la fenêtre.  
**Source** : auteur

# Chapitre VI : étude expérimentale

8 :00



9 :00

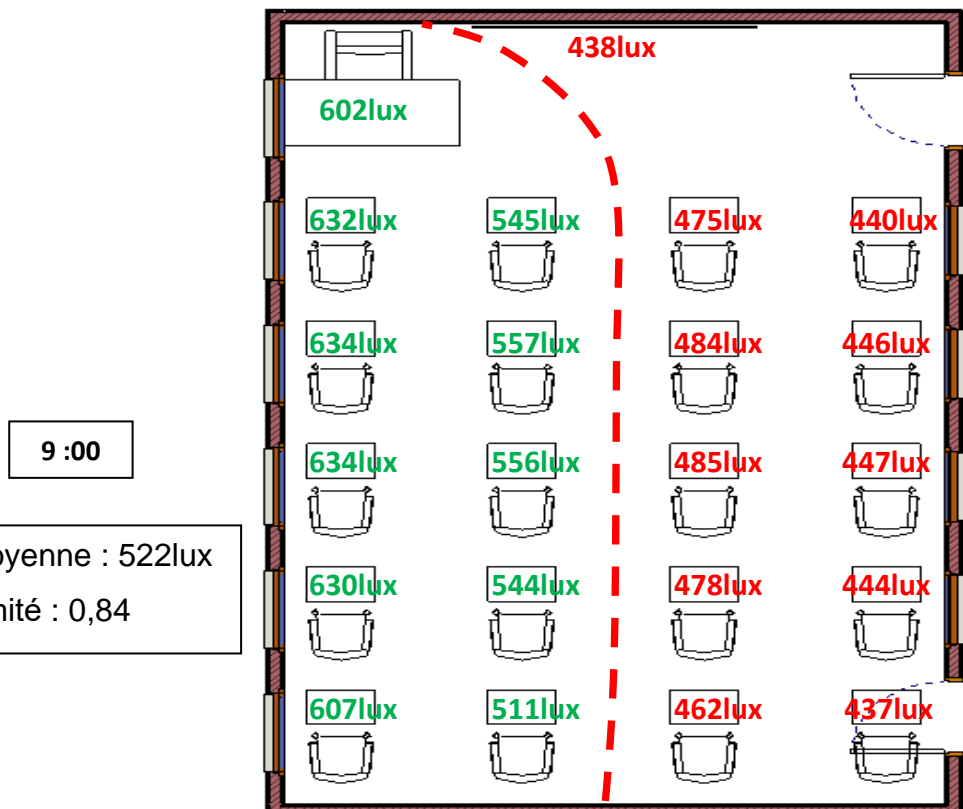
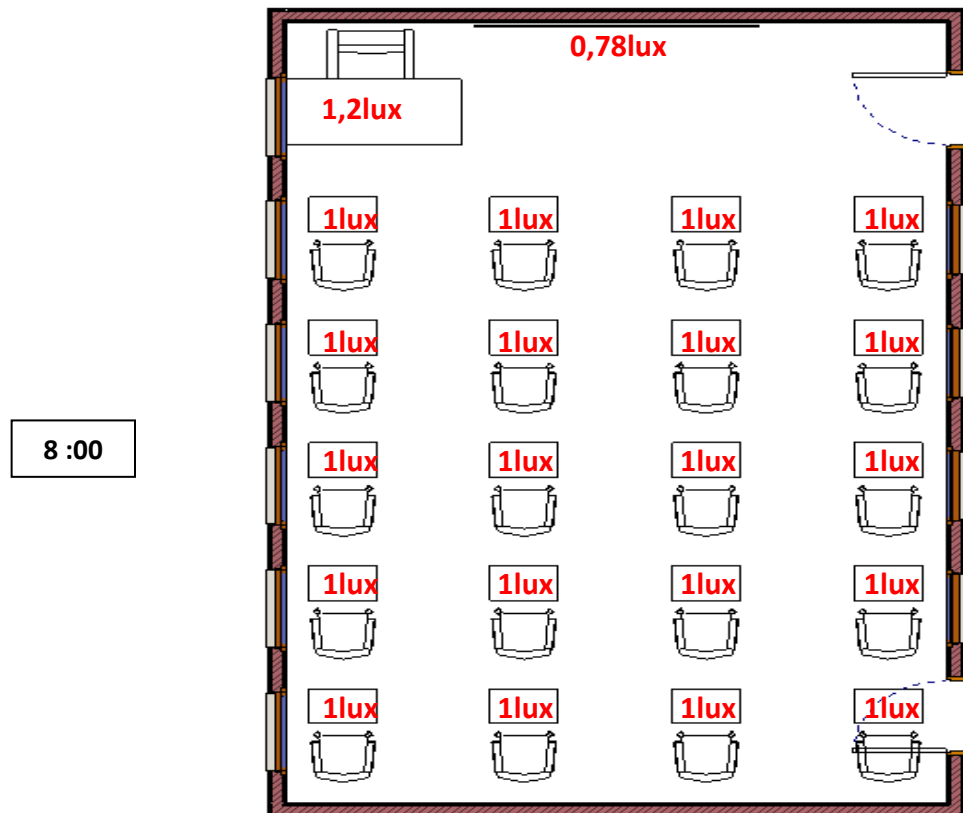


Eclairage moyenne : 431lux  
Indice d'uniformité : 0,85

## Chapitre VI : étude expérimentale

Les résultats obtenus de niveau d'éclairage, après l'utilisation de deux Light-shelves de largeur de 70cm et un espacement de 80cm, sont moins des résultats précédents

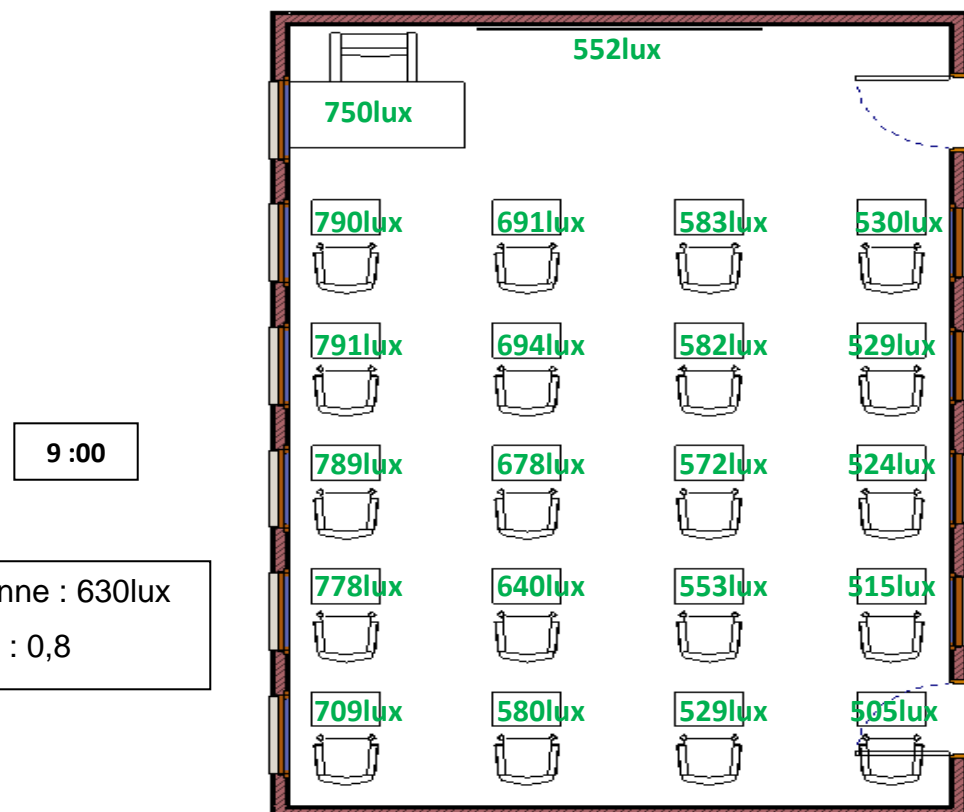
### 5-5- Augmentation de la hauteur des fenêtres (2.80m)



Eclairage moyenne : 522lux  
Indice d'uniformité : 0,84

Les résultats obtenus restent relativement les mêmes (similaire à 2,6m) malgré l'augmentation de la hauteur des fenêtres jusqu'à 2,8m.

**5-6- La réorienter la salle de classe vers le nord-est**

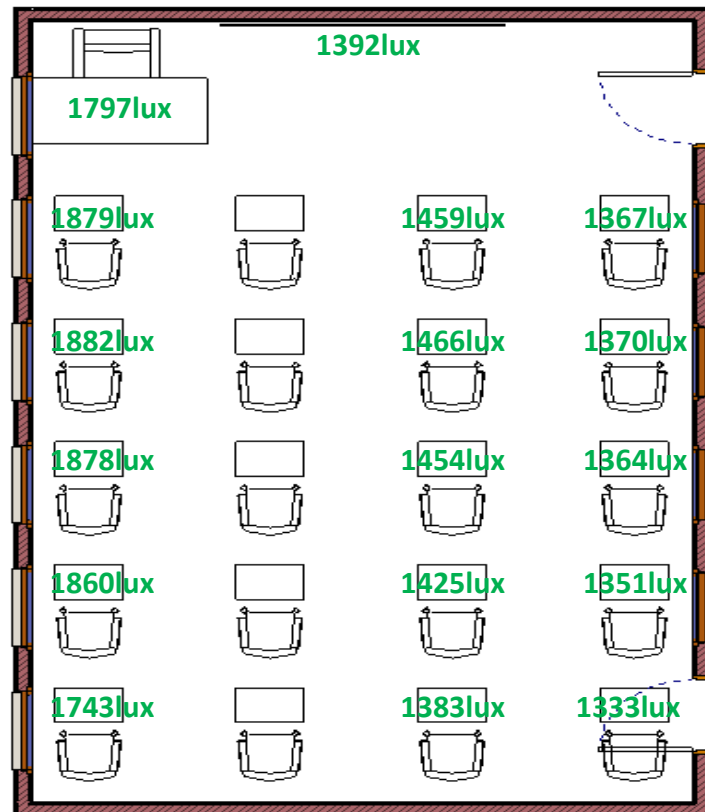


Eclairage moyenne : 630lux  
Indice d'uniformité : 0,8

## Chapitre VI : étude expérimentale

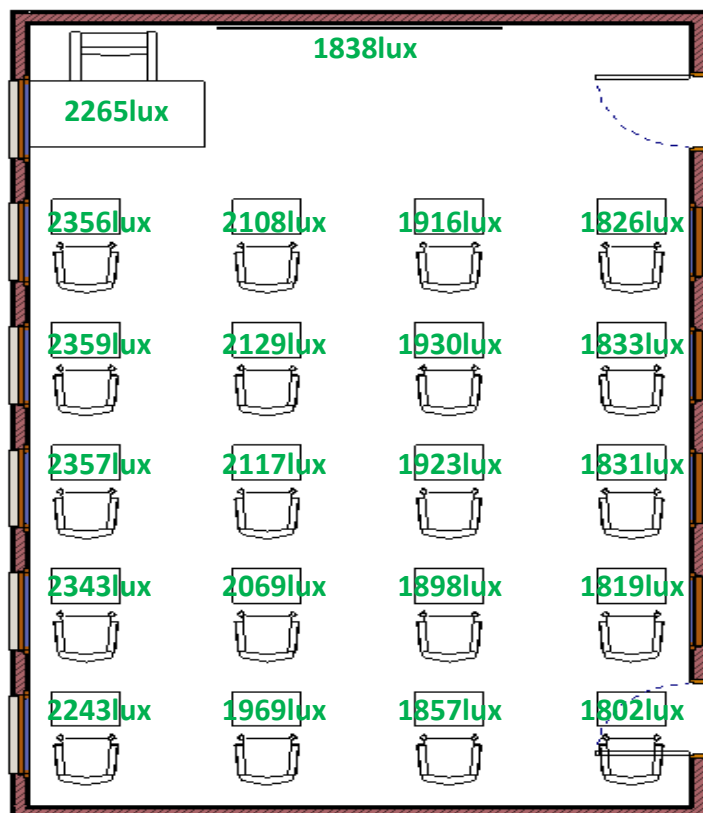
10 :00

Eclairage moyenne : 1566lux  
Indice d'uniformité : 0,85



11 :00

Eclairage moyenne : 2035lux  
Indice d'uniformité : 0,88

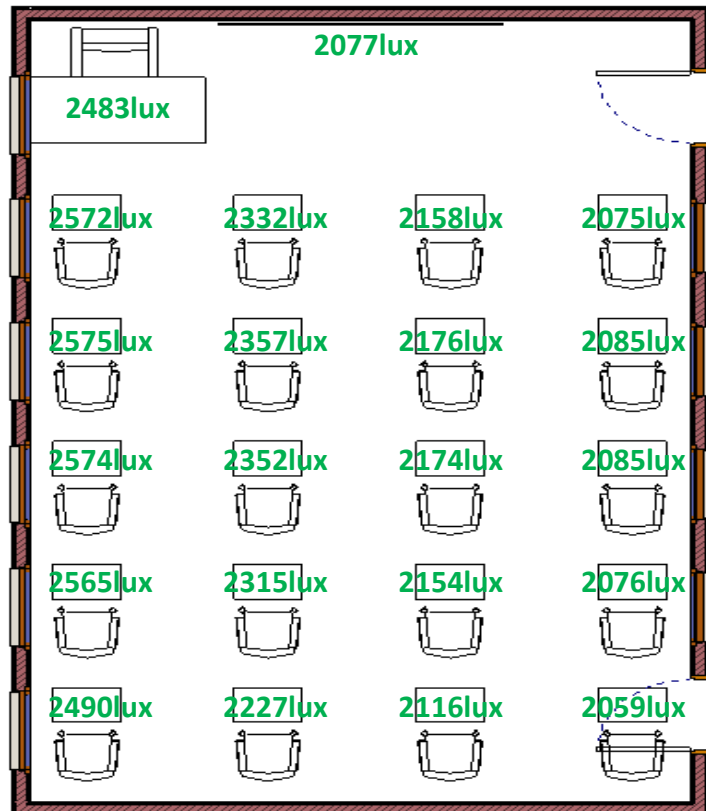


## Chapitre VI : étude expérimentale

12 :00

Eclairage moyenne : 2276lux

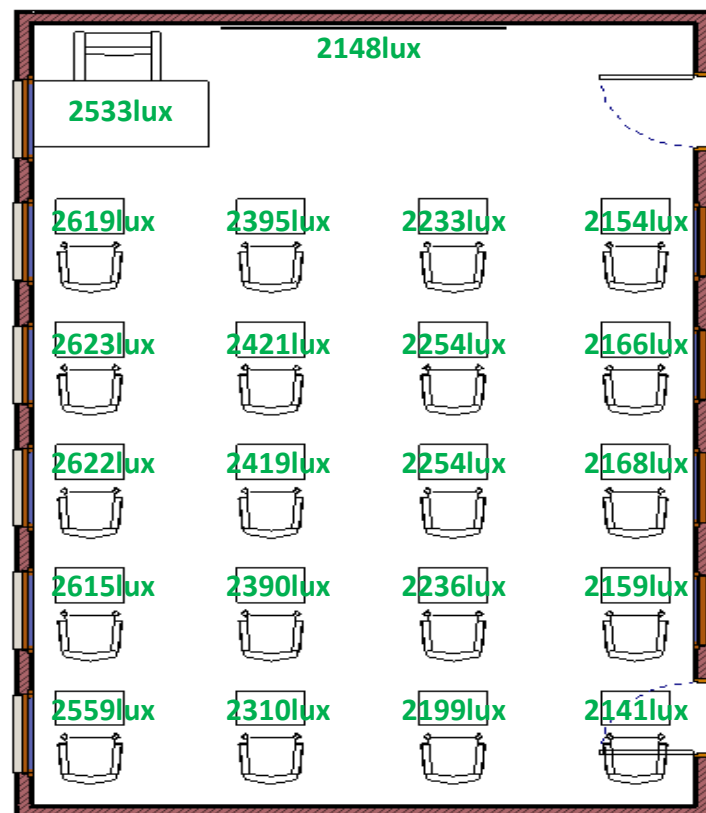
Indice d'uniformité : 0,9



13 :00

Eclairage moyenne : 2346lux

Indice d'uniformité : 0,91

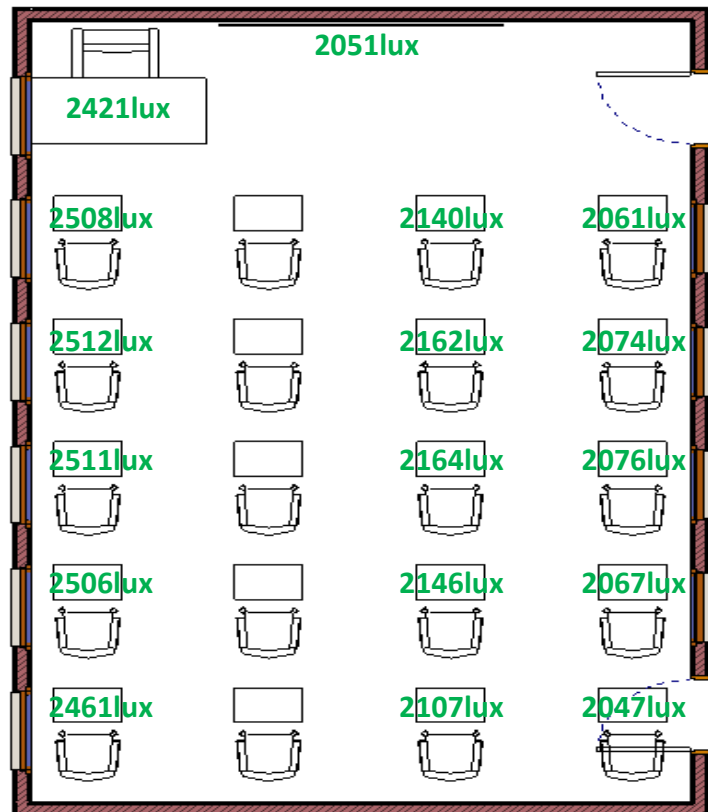


## Chapitre VI : étude expérimentale

14 :00

Eclairage moyenne : 2248lux

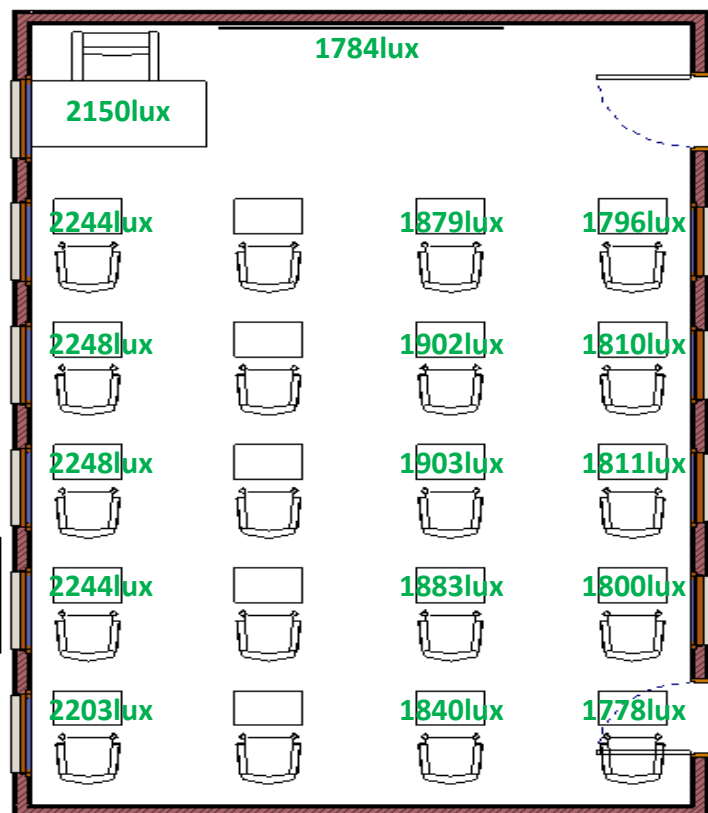
Indice d'uniformité : 0,91



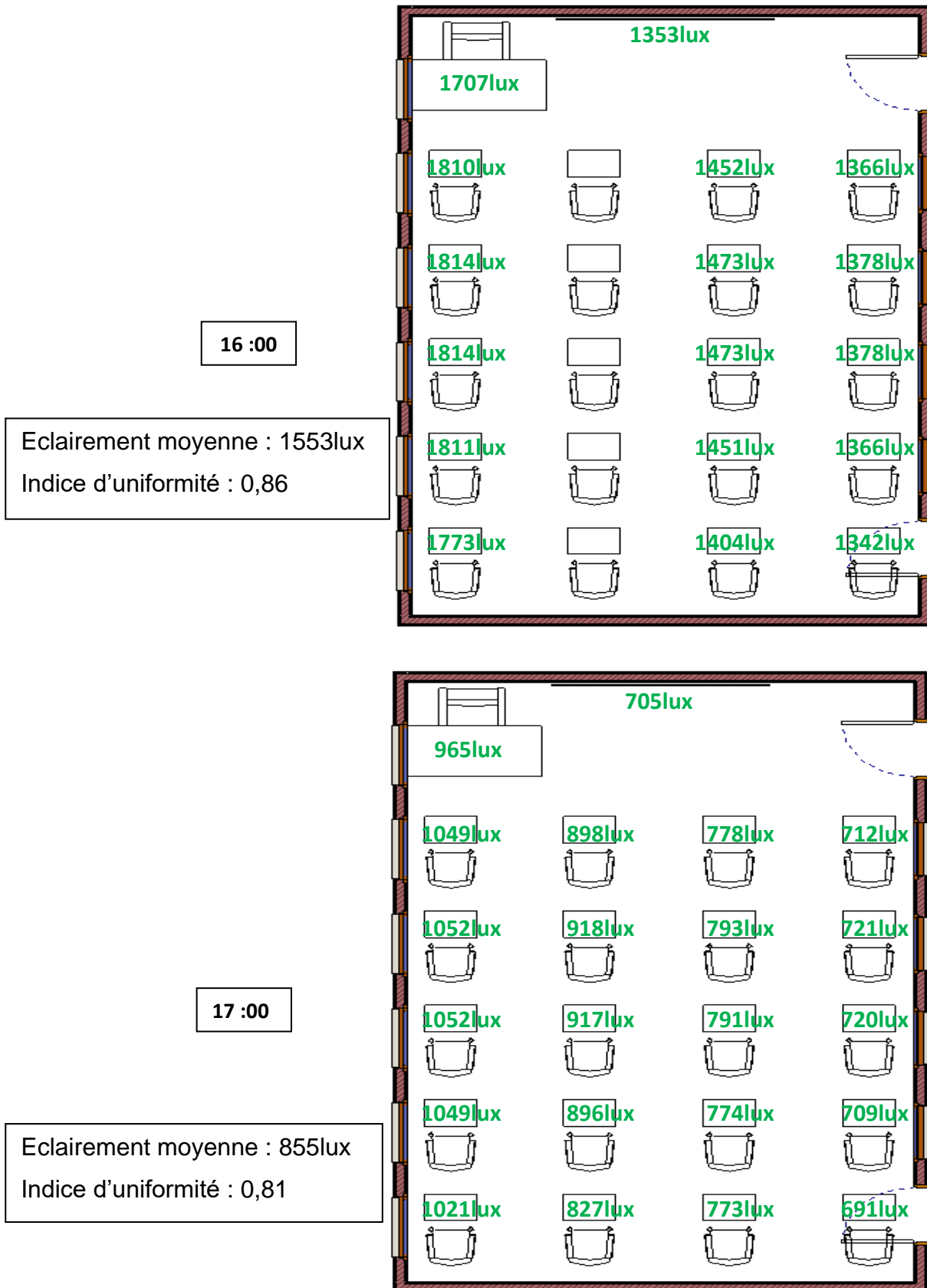
15 :00

Eclairage moyenne : 1985lux

Indice d'uniformité : 0,89



## Chapitre VI : étude expérimentale



Les niveaux d'éclairage obtenus après la réorientation de la salle de classe vers le Nord-Est démentent une amélioration surtout à 09 :00 par rapport aux résultats précédents.

### **Conclusion :**

A travers le travail de simulation, on a trouvé toujours une insuffisance d'éclairage de 08 :00 à 09 :00 en hiver dans les salles de classe orientées nord. Ce phénomène s'étale de 10 décembre jusqu'au 10 janvier, c'est une période relativement réduite et se coïncide avec la période de la vacance hivernale.

La réorientation de la salle de classe vers le nord-est réduit ce problème à 09 :00 et améliore l'éclairage du tableau d'environ 100 lux. Selon les normes l'éclairage du tableau doit être égale à 600 lux ou plus. Cette condition n'était pas garantie qu'à partir de 10 :00 du matin en hiver, alors un éclairage artificiel du tableau est recommandé de 08 :00 à 10 :00.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### **Conclusion générale :**

Dans ce mémoire, on a étudié les différentes étapes pour un projet de conception d'une école préparatoire technologique durable à la ville de Laghouat, caractérisée par un espace d'accueil pour l'exécution des tâches d'apprentissage, cette expérience unique qui s'est concrétisée par l'aboutissement de mon parcours universitaire marqué par un long cycle pendant lequel on a découvert un savoir dans la conception technique et architecturale et surtout l'aspect de la durabilité dans un projet.

A cet égard, l'étude théorique démontre que les conditions nécessaires ne se limitent pas aux conditions fonctionnelles et de capacité mais elles les dépassent à la qualité de l'environnement intérieur liées au bien être des étudiants et à l'exécution des tâches d'apprentissage.

Dans le processus de conception d'une école préparatoire technologique durable dans le contexte climatique chaud et sec (climat de Laghouat), on a pris en considération les paramètres fonctionnels et ergonomiques. Ces derniers nous ont permis de déterminer les caractéristiques de la configuration des espaces pour créer un environnement confortable, surtout celles liées aux conditions de confort visuel.

Pour s'intégrer aux conditions climatiques on a opté pour une forme compacte orientée vers les vents dominants pour les exploiter pendant la période chaude. L'entité des salles de classe était orientée nord/sud avec un atrium qui assure un éclairage indirect et une aération par tirage thermique et un chauffage par effet de serre. Les salles de classe sont éclairées bilatéralement avec des ouvertures hautes, ce qui assure un éclairage suffisant et uniforme. Concernant l'aménagement extérieur, l'utilisation de la végétation et l'eau participe largement au rafraîchissement et la ventilation surtout du côté Nord.

Pour l'évaluation du confort visuel dans les salles de classe orientées Nord, on a utilisé le logiciel Energie plus, qui a approuvé l'efficacité de l'éclairage bilatéral à travers les fenêtres hautes en face des plans de travail (tables), comme il a démontré que l'orientation nord-est enregistre une amélioration de niveau d'éclairage à 09 :00 en comparaison avec le nord. En plus on conclut que l'ajout des lightshelves sur des fenêtres déjà existantes ne participe pas à l'amélioration de niveau d'éclairage pour l'orientation Nord.

## Conclusion générale

---

Ce travail, est un projet de conception, qui contribue à l'amélioration de la qualité des établissements d'enseignements dans notre région. La solution est de concilier entre les différentes dimensions environnementale, contextuelle, thématique et architecturale sans omettre les dimensions psychiques et les précautions de sécurité, ce qui ouvre autres axes de recherche dont l'objectif est d'élaborer des recommandations appropriées pour la conception des établissements d'enseignement dans les zones arides.

# **Bibliographie**

### **Bibliographie :**

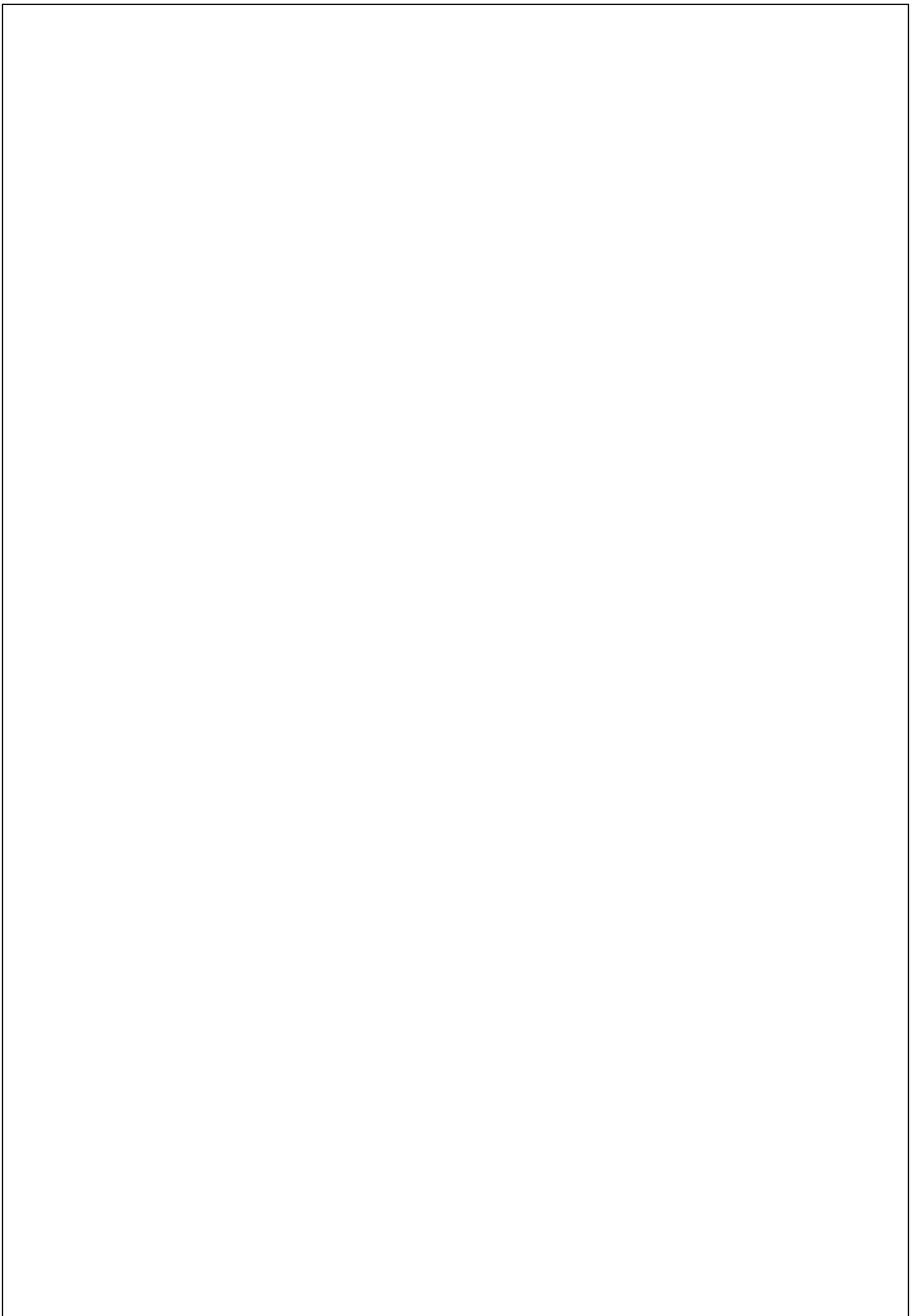
- 1)- AFE : Association Française de l'Éclairage.
- 2)- Alain Liebard et André De herde, 2005 traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, paris, observer, le moniteur, 2005.
- 3)- Association HQE (2004). Bâtiment et démarche HQE. Valbonne : ADEME.
- 4)- Baume-les-dames, France: Commission européenne, ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie), 2015.
- 5)- BENHARKAT, S., 2005/2006
- 6)- *Claude Alain roulet , Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, 2010*
- 7)- Glossaire pour le développement durable. Ecole national supérieure des mines- Agora 21 P.30
- 8)- HETZEL. J.2003, p155
- 9)- HQE association, ADEME, (mars2010), (la qualité environnementale des bâtiments)  
<https://studylibfr.com/doc/824938/la-d%C3%A9marche-haute-qualit%C3%A9environnementale>
- 10)- JEAN PASSINI. Les 100 mots de la construction durable 3eme Édition\page11.
- 11)- Lexilogos, mots et merveille ici et d'ailleurs <http://www.lexilogos.com/francais langue dictionnaires html>
- 12)- Paul Gut et Dieter Ackerknecht, climate responsive building, 1er edition, 7/6/2018.
- 13)- *Peuportier, Bruno. Eco-conception des bâtiments et des quartiers. Paris: Presses MINES ParisTech, 2008.*
- 14)- *(Pierre.G.,1992, géographe)*
- 15)- Sjöholm, H. Foresterie en zones arides: Guide à l'intention des techniciens de terrain. Rome: FAO, 1992.
- 16)- Syndicat de l'éclairage.2004.
- 17)- [www.dicodunet.com](http://www.dicodunet.com) définitions culture. 7 juin 2011
- 18)- <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/james-swenson-civil-engineering-building>
- 19)- <https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/etats-unis-d-amerique/minnesota/duluth-62/#climate-graph>

## Reference bibliographique

---

- 20)-[https://www.archdaily.com/189461/um-d-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects/5016ec9a28ba0d235b00047b-um-d-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/189461/um-d-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects/5016ec9a28ba0d235b00047b-um-d-swenson-civil-engineering-building-ross-barney-architects-photo?next_project=no)
- 21)- <https://www.aiatopten.org/node/58>
- 22)- <https://www.amc-archi.com/article/equerre-d-argent-2013-nomine-marc-mimram-ecole-d-architecture,81>
- 23)- <https://www.lemoniteur.fr/photo/extension-de-l-ecole-d-architecture-de-strasbourg-bas-rhin-par-l-architecte-ingenieur-marc-mimram.1218379/vue-diurne.1#galerie-anchor>
- 24)- <https://fr.climate-data.org/europe/france/aquitaine/pau-363/>
- 25)- <http://www.patrickmauger.com/project/7/164/170>
- 26)- <https://www.archiliste.fr/architecture-patrick-mauger/universite-de-pau-et-des-pays-de-l-adour-0>
- 27)-[https://www.archdaily.com/403983/morgan-state-university-the-freelon-group-architects/51e80945e8e44ead9d00008a-morgan-state-university-the-freelon-group-architects-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/403983/morgan-state-university-the-freelon-group-architects/51e80945e8e44ead9d00008a-morgan-state-university-the-freelon-group-architects-photo?next_project=no)
- 28)-<https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/etats-unis-d-amerique/utah/morgan-124467/>
- 29)-[https://www.archdaily.com/403983/morgan-state-university-the-freelon-group-architects/51e80838e8e44e3c90000082-morgan-state-university-the-freelon-group-architects-site-plan?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/403983/morgan-state-university-the-freelon-group-architects/51e80838e8e44e3c90000082-morgan-state-university-the-freelon-group-architects-site-plan?next_project=no)
- 30)-<https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/FR/Lichthandbuch.pdf>
- 31)-<https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=547>
- 32)-[https://www.doc-developpement-durable.org/file/Projets-informatiques/construction-ecole/normes\\_constructions\\_scolaire.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Projets-informatiques/construction-ecole/normes_constructions_scolaire.pdf)
- 33)- <http://groupeamh.org/wp-content/uploads/2017/04/Normes-et-directives-besoin-specifique.pdf>
- 34)[https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS\\_THEORIE/Dispositifs\\_Eclairage.pdf](https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf)
- 35)-[www.http://thesis.univ-biskra.dz](http://thesis.univ-biskra.dz) (Page consultée le 16 mai 2019).
- 36)-Guide : la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant au public p11.
- 37)-Guide : confort thermique à l'intérieur d'un établissement d'après ASHRAE P9.

**Annexe 01 :**  
**Espèces des plantes**  
**dans la région de**  
**Laghouat**



1- Parmi les plantes qui vivent dans la commune de Laghouat :

a- Les arbres :



PALMIER



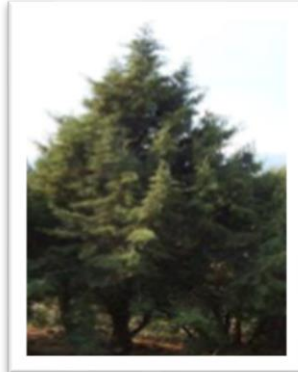
EUCALYPTUS



PIN D'ALEP



CASUARINA



CYPRES VERT



CAROUBIER

Figure 1-1 : Arbres dans les zones arides

Source : ANNUAIRE STATISTIQUE DE LA WILAYA DE LAGHOUAT 2008

b- Les Arbustes :



Artemisia Sieberi



Ghafesh



Diplotaxis Harra

## Annexe 01



*Calendula Tripterocarpa*



*Arnebia Linearifolia*



*Arnebia Gazel*



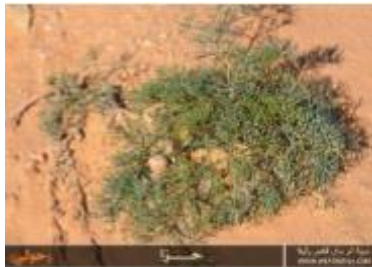
*Tanacetum Cantolinoides*



*Cyperus Conglomeratus Rottb*



*Cutandia Memphitica*



*Ducrosia Anethifolia*



*Teucrium Oliverianum*



*Suaeda Vermiculata*



*Rhanterium Epapposum oliv*



*Tamarix Aucheriana*

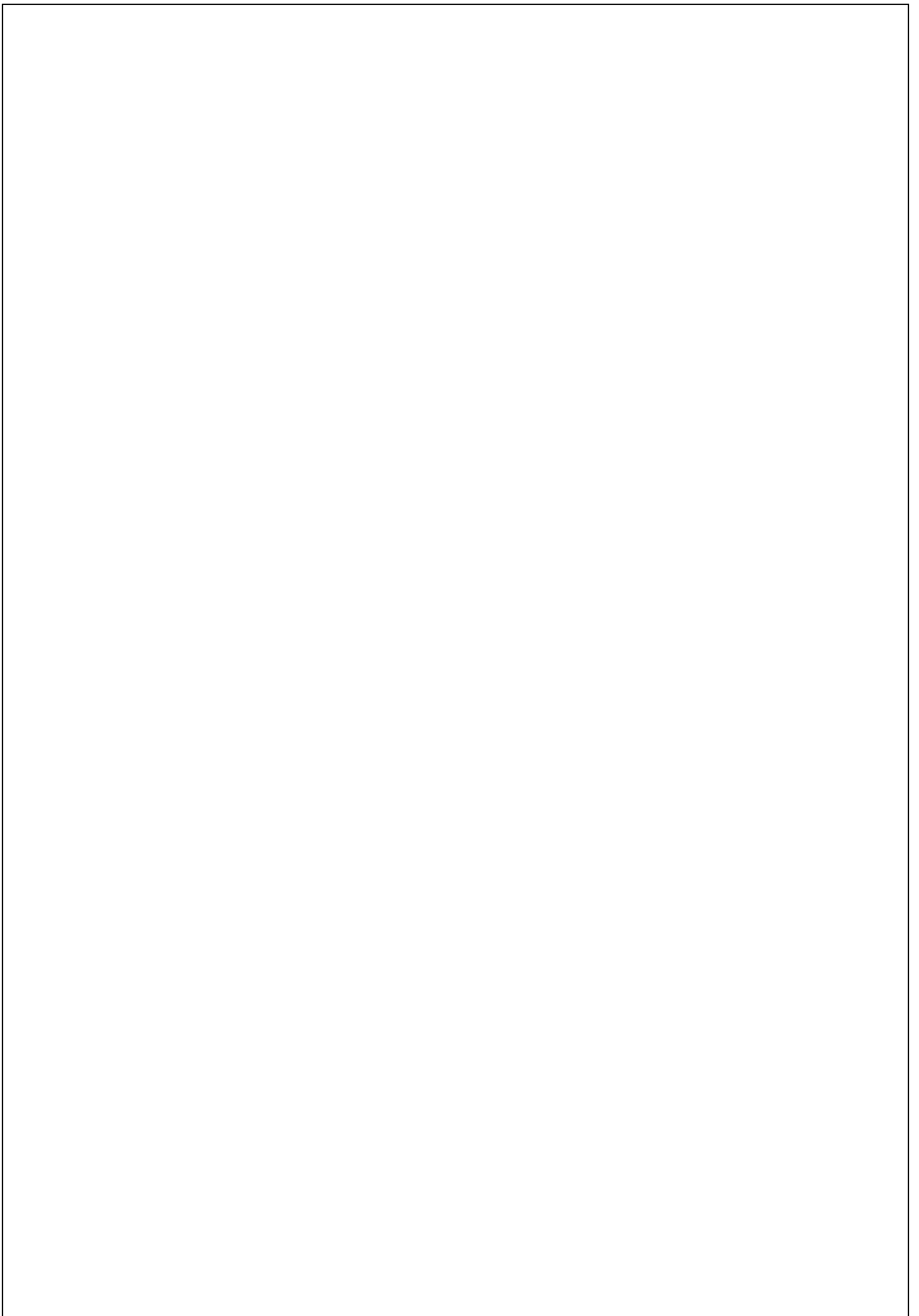


*Ziziphus nummularia*

**Figure 1-2 : arbustes dans les zones arides**  
**Source : [www.weather-sa.com/details-160.html](http://www.weather-sa.com/details-160.html)**

**Annexe 02 :**

**Les systèmes de  
modélisation de la  
lumière naturelle**



**Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle :**

**1. Les stores réfléchissants (les persiennes):**

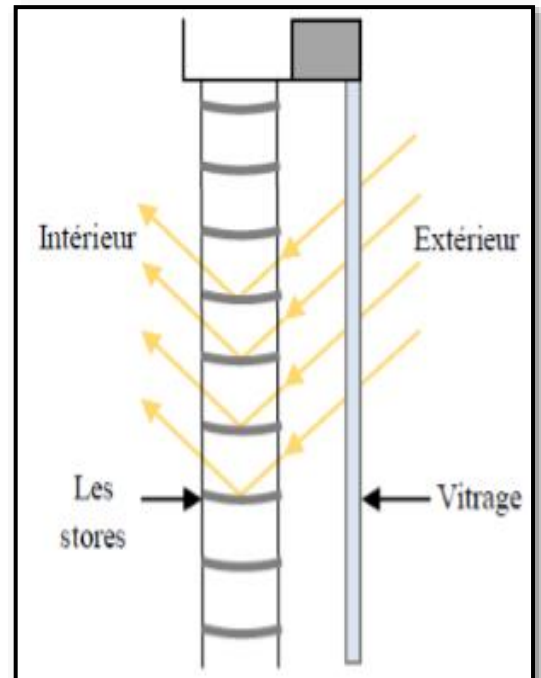
Les stores réfléchissants actuels ou les persiennes ont une double fonction :

La première est de réduire l'effet de l'éblouissement causé par la fenêtre qui provient de la pénétration directe du rayonnement solaire dans un espace.

La deuxième, consiste à rediriger la lumière naturelle vers le fond du local, augmentant ainsi le niveau de la lumière du jour, ce qui permet d'obtenir une répartition uniforme de la lumière sur toute la surface de l'espace. Comme le système light shelf, le système lamelle fonctionne de façon optimale dans des conditions de ciel clair avec soleil.

Les persiennes peuvent être conçues pour être

Statiques ou dynamiques. Dans le dernier cas, elles sont contrôlées automatiquement de manière qu'elles puissent suivre le mouvement du soleil. Sur une fréquence quotidienne et saisonnière, les persiennes automatiques donnent généralement de meilleurs résultats que ceux statiques, mais nécessitent une calibration et des algorithmes qui ont besoin d'ajustement en fonction des besoins de l'éclairage du bâtiment.



**Figure 2-1 :** Les stores réfléchissants.

Source : [www.thesis.univ-biskra.dz](http://www.thesis.univ-biskra.dz)

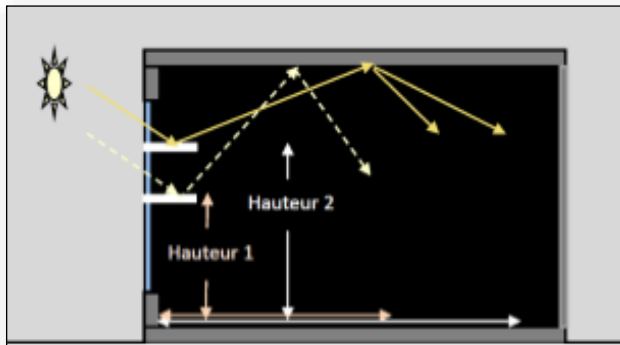
SUD	Eté		Hiver	
Matin	Store Baissé, Lames horizontales		Store relevé	
Midi	Store Baissé, Lames horizontales		Store Relevé	
Soir	Store Baissé, Lames inclinées pour circulation d'air pendant la nuit (rafraîchissement passif)		Store baissé, Lames fermées pour réduire les pertes thermiques par rayonnement	

**Figure 2-2 :** Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.

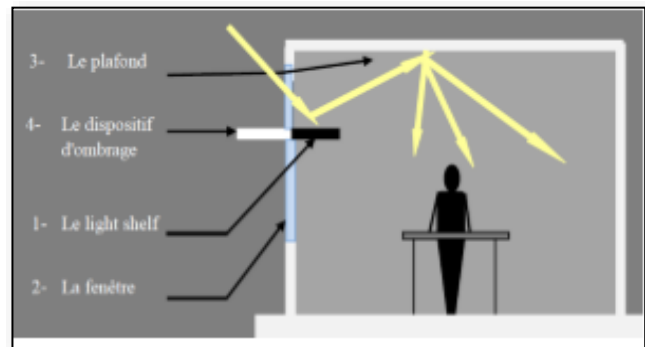
Source : [www.moodle.epfl.ch](http://www.moodle.epfl.ch)

## 2. Système light shelf:

Un light shelf est un auvent dont la surface supérieure est réfléchissante qui se situe au niveau de la fenêtre, utilisé aussi bien pour canaliser passivement l'éclairage naturel dans un espace et pour fournir de l'ombre. La lumière du soleil est réfléchiée par la surface supérieure du light shelf vers l'intérieur de local et en particulier vers le plafond qui fournit une lumière diffuse supplémentaire qui donne un éclairage uniforme et permet également la pénétration de la lumière profondément, ce qui réduit le besoin d'éclairage artificiel.



**Figure 2-3 :** Les hauteurs des light shelf.



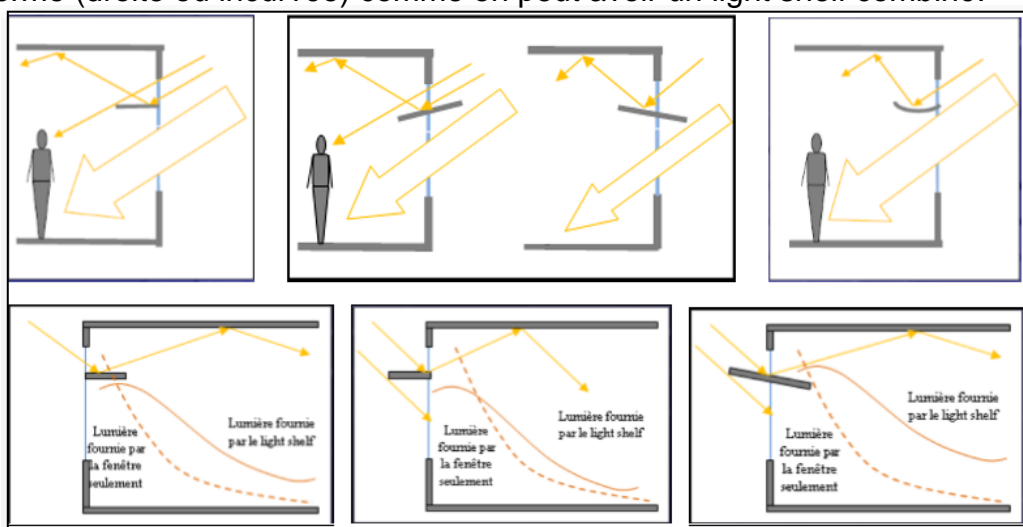
**Figure 2-4 :** Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.

**Source :** [www.moodle.epfl.ch](http://www.moodle.epfl.ch)

- Les différents types de système light shelf existants :

Il existe plusieurs types de light shelf qui sont classés suivant différents paramètres :

- selon son inclinaison
- sa position à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre
- sa forme (droite ou incurvée) comme on peut avoir un light shelf combiné.

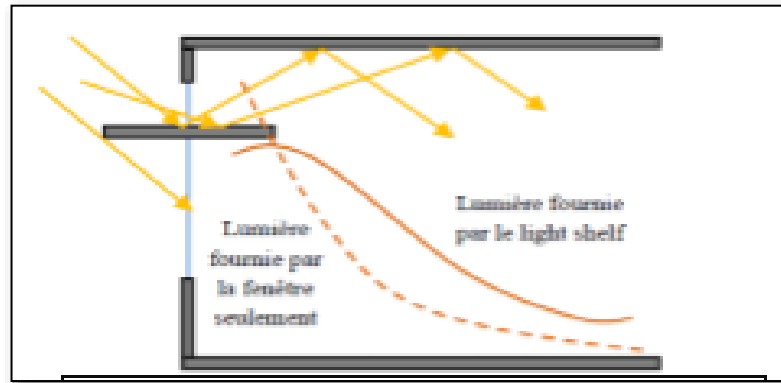


**Figure 2-5:** types de light shelves.

**Source:** [www.yourhome.gov.au](http://www.yourhome.gov.au)

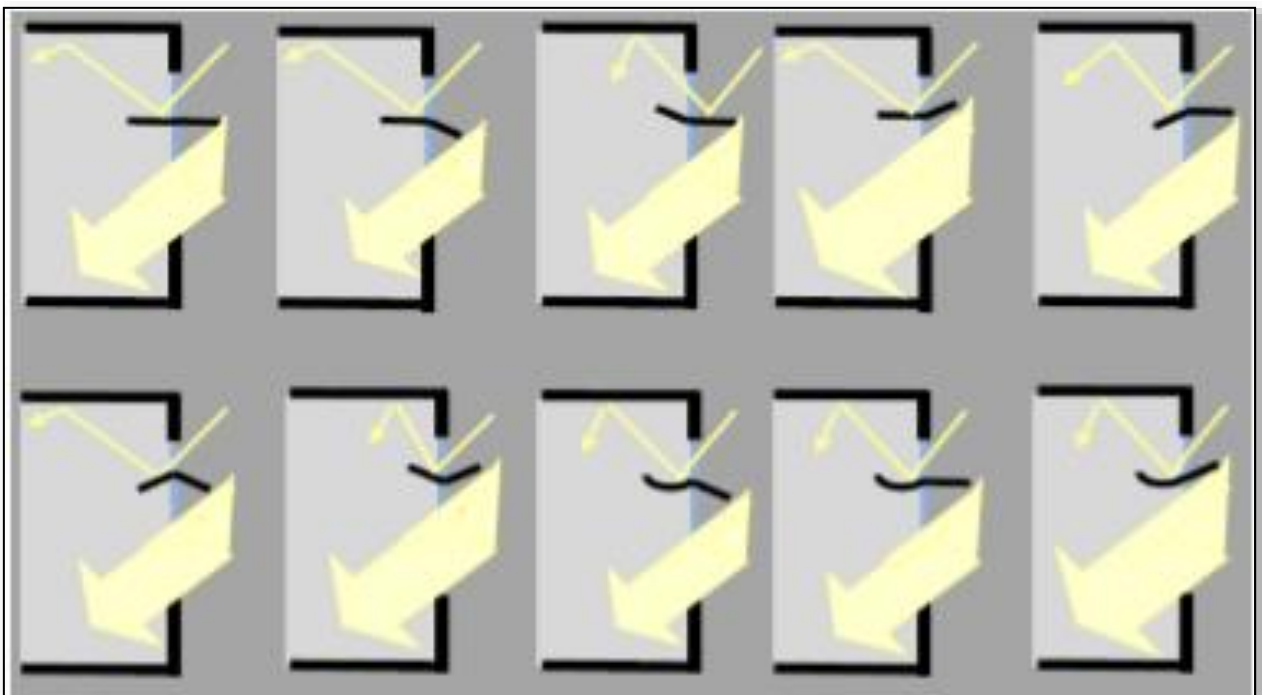
### a- Les light shelves type Combine:

Selon la latitude et le climat de la région, de multitudes configurations de light shelf sont produites. Le light shelf combiné doit assurer à la fois la distribution lumineuse la plus uniforme dans le local et la plus profonde ainsi qu'une meilleure protection contre le rayonnement solaire direct surtout pendant les saisons chaudes.



**Figure 2-6 :** Rendement de type combiné extérieur / intérieur

Les schémas ci-dessous montrent quelques configurations de light shelf combiné:



**Figure 2-7 :** Light shelves combinés

### 3. Les vitrages spéciaux

#### a. Les vitrages directionnels :

Ce type de vitrage sert à rediriger très efficacement les rayons solaires directs vers le fond d'une pièce. Ils peuvent aussi être employés pour rediriger la lumière zénithale vers le bas d'un atrium ou vers une salle en sous-sol. Les panneaux de vitrages directionnels peuvent être utilisés en configurations fixes et mobiles.

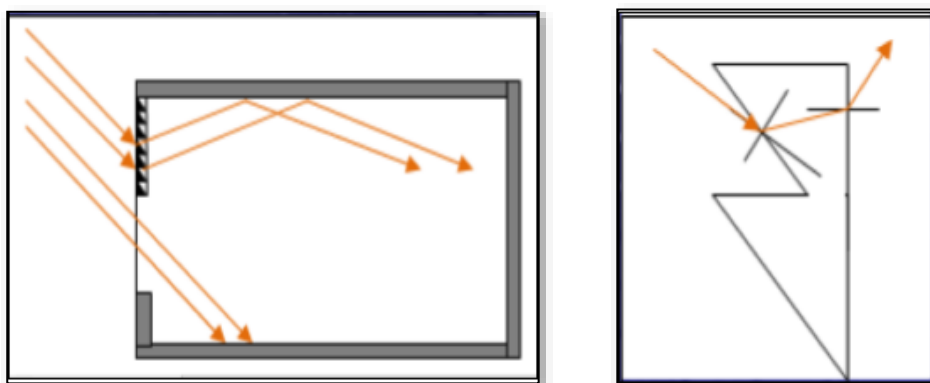


**Figure 2-8 :** Les Holo-lux

**Source:** [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

#### b. Les vitrages prismatiques :

Le vitrage prismatique est conçu pour changer la direction de la lumière et la réorienter au moyen de la réfraction et réflexion. Le principe de fonctionnement des vitrages prismatiques est le suivant: quand un rayon de lumière frappe le prisme, sa direction est modifiée en raison de la réfraction. Une partie de celui-ci est alors réfléchi vers le plafond et au-delà, vers l'arrière de la salle. En principe, le panneau prismatique peut être placé dans la partie supérieure d'une fenêtre latérale. Les vitrages prismatiques peuvent, soit rediriger la lumière naturelle plus profondément dans le bâtiment, soit exclure la lumière d'un espace. Bien qu'ils soient habituellement transparents, ils obscurcissent la vue vers l'extérieur. Il vaut donc mieux les utiliser pour la partie supérieure d'une fenêtre afin de ne pas couper la vue des occupants.



**Figure 2-9:** vitrage prismatique

**Source:** [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

**Annexe 03 :**  
**Photos synthèses du**  
**projet**



**Figure 3-1 : Entré principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-2 : Accès principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-3 : Entré principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-4 : Entré principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-5 : Entré principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-6 : La réception**  
**Source : auteur**



**Figure 3-7 : Espace extérieur végétation et l'eau**  
**Source : auteur**



**Figure 3-8 : Espace de stationnement**  
**Source : auteur**



**Figure 3-9 : Espace de stationnement**  
**Source : auteur**



**Figure 3-10 : Entrée principale à l'école**  
**Source : auteur**



**Figure 3-11 : Protection solaire galerie (Passage)**  
**Source : auteur**



**Figure 3-12 : Façade des amphis**  
**Source : auteur**

## Annexe 03



**Figure 3-13** : Vue intérieure de l'amphi  
**Source** : auteur



**Figure 3-14** : Vue intérieure de l'amphi  
**Source** : auteur



**Figure 3-15** : Vue intérieure de l'amphi  
**Source** : auteur



**Figure 3-16 : Végétation et point d'eau**  
**Source : auteur**



**Figure 3-17 : Végétation et point d'eau**  
**Source : auteur**



**Figure 3-18 : Espace de repos extérieur**  
**Source : auteur**



**Figure 3-19 : Espace de repos extérieur**  
**Source : auteur**



**Figure 3-20 : Espace de repos extérieur**  
**Source : auteur**



**Figure 3-21 : Façade Nord des salles de classe**  
**Source : auteur**



**Figure 3-22** : L'aménagement extérieur près des salles de classe  
**Source** : auteur



**Figure 3-23** : Façade sud  
**Source** : auteur



**Figure 3-24** : Façade sud des salles de classe  
**Source** : auteur

## Annexe 03



**Figure 3-25** : Vue intérieure des salles de classe

**Source** : auteur



**Figure 3-26** : Vue intérieure des ouvertures des salles de classe

**Source** : auteur



**Figure 3-27** : Vue intérieure du tableau dans la salle de classe

**Source** : auteur

## Annexe 03



**Figure 3-28** : Vue des salles de classe

**Source** : auteur



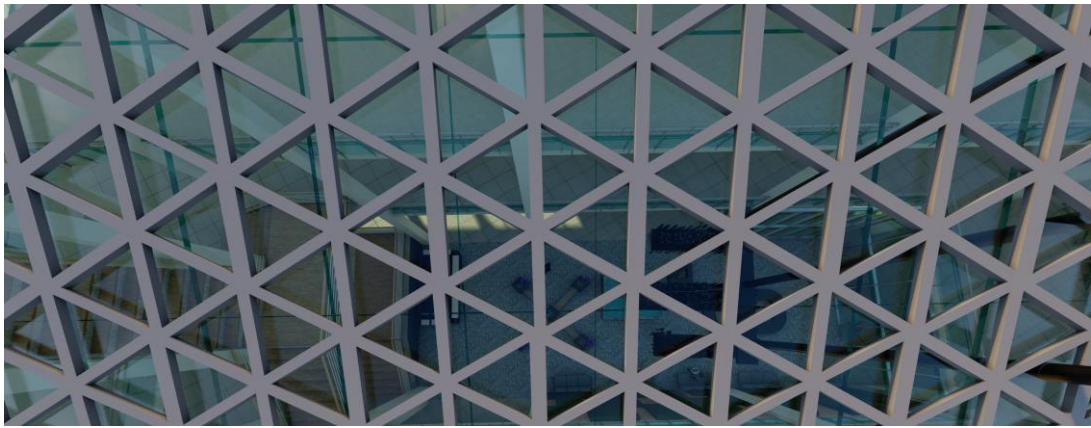
**Figure 3-29** : Façade des laboratoires et bureaux des enseignants et champs d'essai

**Source** : auteur



**Figure 3-30** : Façade de hall d'accueil

**Source** : auteur



**Figure 3-31 : Motif de l'atrium**  
**Source : auteur**



**Figure 3-32 : Vue intérieure de l'atrium**  
**Source : auteur**



**Figure 3-33 : Vue intérieure de l'escalier**  
**Source : auteur**

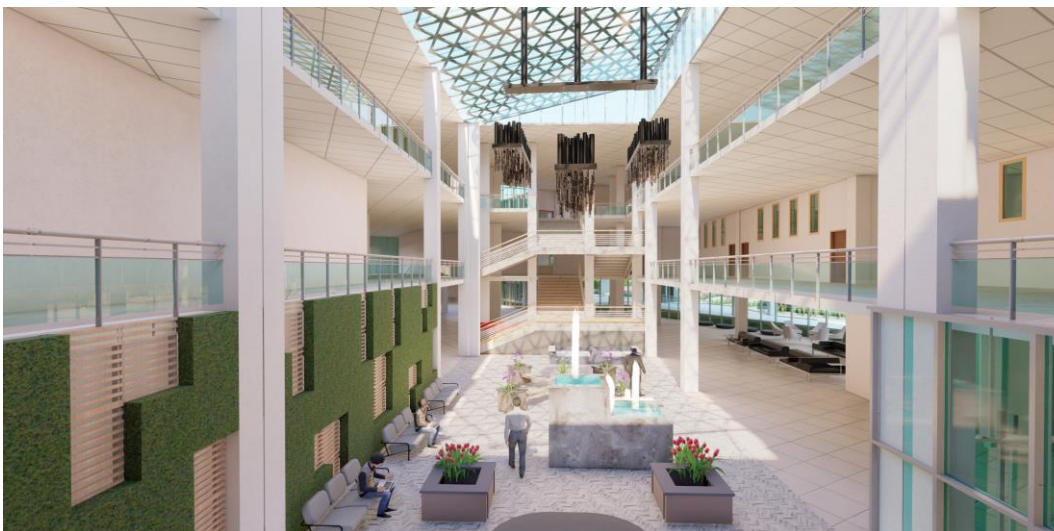
## Annexe 03



**Figure 3-34** : Vue intérieure de l'atrium  
**Source** : auteur



**Figure 3-35** : Vue intérieure de l'atrium  
**Source** : auteur



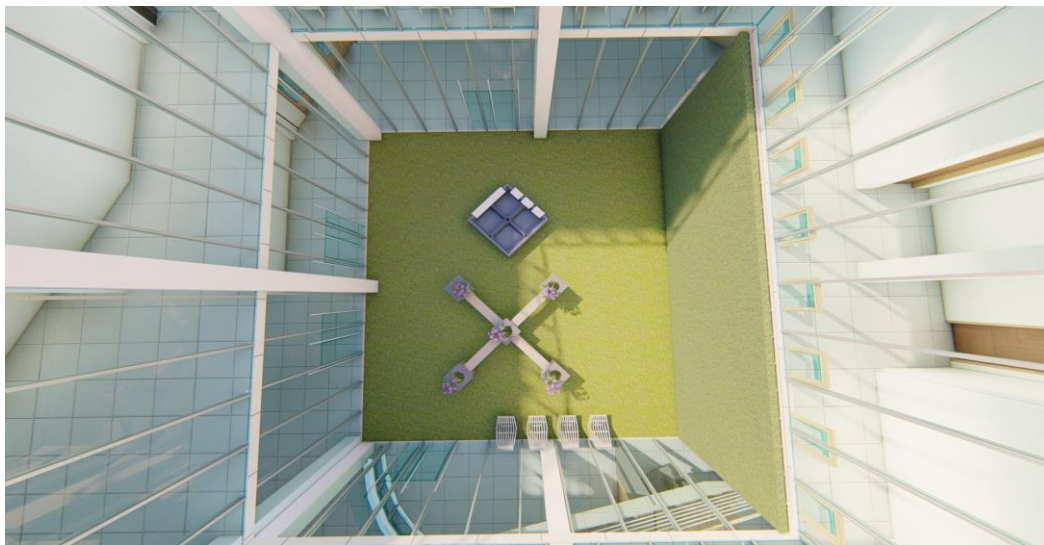
**Figure 3-36** : Vue intérieure de l'atrium  
**Source** : auteur



**Figure 3-37** : Vue intérieure sur le corridor  
**Source** : auteur



**Figure 3-38** : Vue intérieure sur le corridor  
**Source** : auteur



**Figure 3-39** : Vue sur le deuxième atrium  
**Source** : auteur



**Figure 3-40 : Vue global du projet**  
**Source : auteur**



**Figure 3-41 : Vue sur la rampe**  
**Source : auteur**



**Figure 3-42 : Vue sur la bibliothèque**  
**Source : auteur**

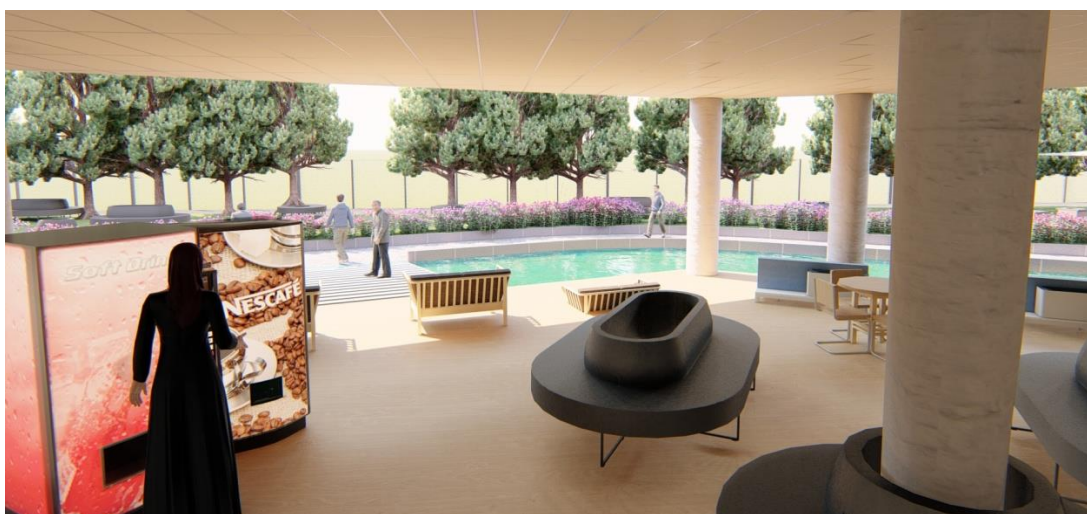
## Annexe 03



**Figure 3-43 :** Vue sur l'espace de repos et de lecture extérieure  
**Source :** auteur



**Figure 3-44 :** Vue sur l'espace extérieure de foyer  
**Source :** auteur



**Figure 3-45 :** Vue sur l'espace extérieure de foyer  
**Source :** auteur



**Figure 3-46 : Vue intérieure de la bibliothèque**  
**Source : auteur**

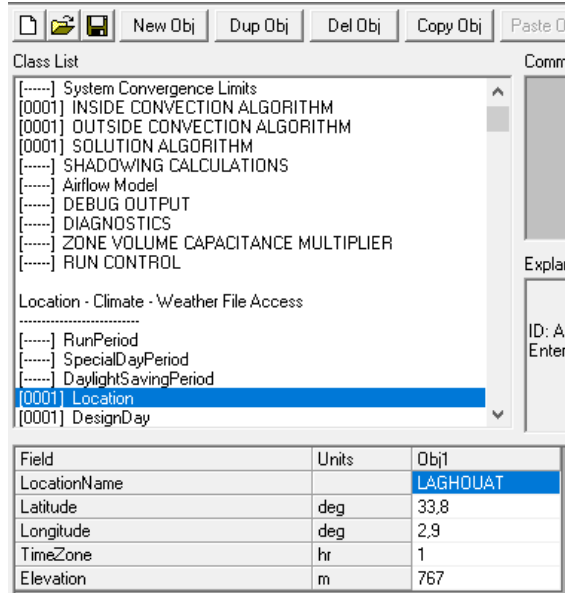
# **Annexe 04 :**

# **Méthode de simulation**

## Utilisation de logiciel énergie plus

### Méthode de simulation :

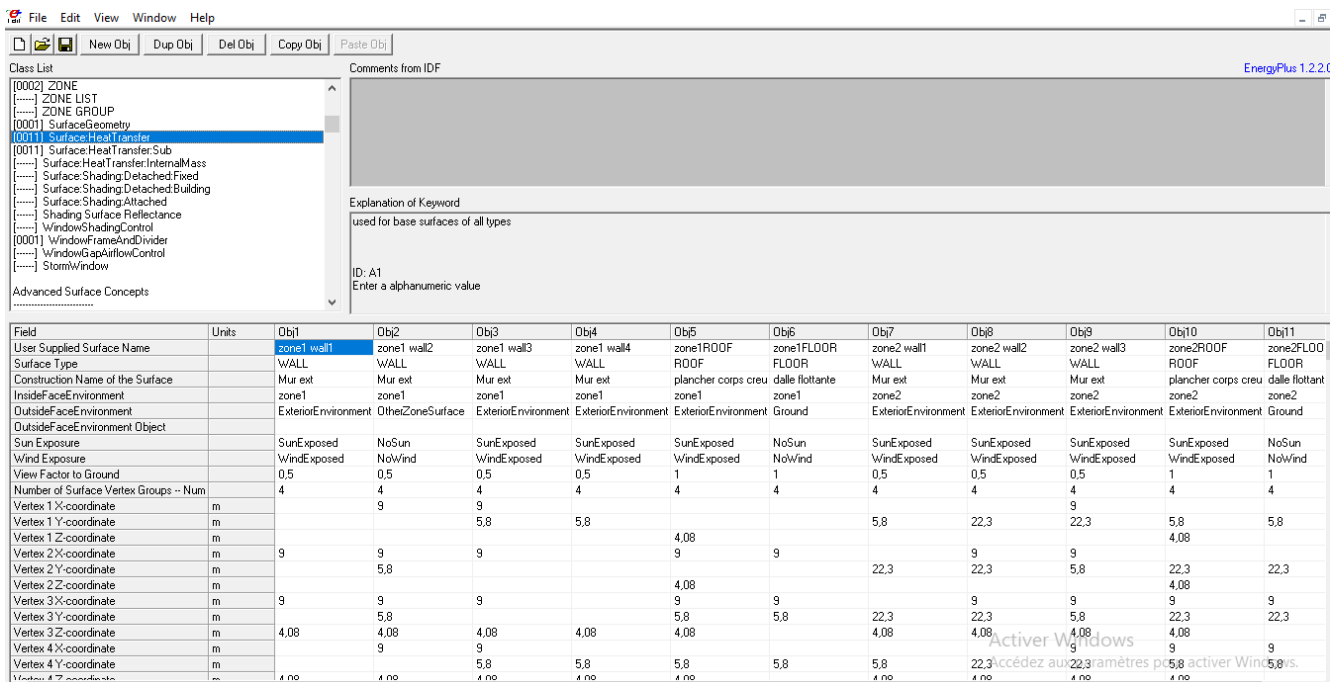
#### 1- L'application des données astronomique et géographique :



**Figure 4-1 : les données astronomiques**  
Source : auteur

#### 2- Insertion des surfaces :

Représente les murs, le sol et le toit ; l'insertion des surfaces sera à travers les coordonnées géométrique x y z dans la même direction positive ou négative.



**Figure 4-2 : insertion des surfaces**  
Source : auteur

### 3- Insertion des subsurfaces :

Représente les ouvertures ; l'insertion des subsurfaces sera à travers les coordonnées géométrique x y z dans la même direction positive ou négative.

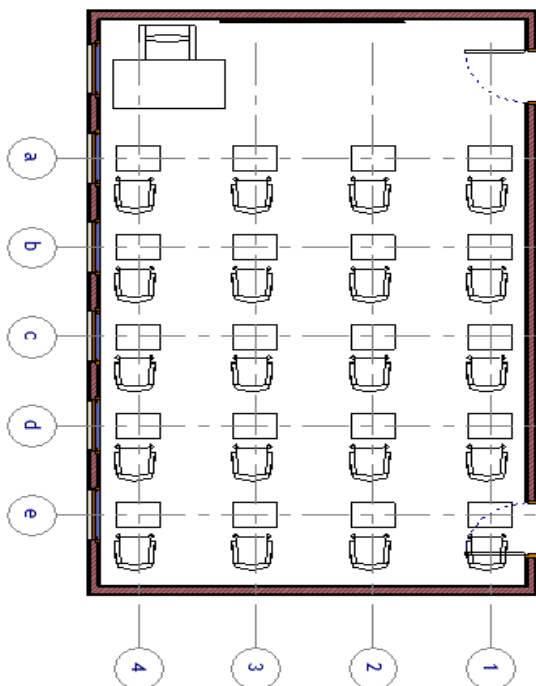
The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left includes various surface types, with 'Surface:HeatTransfer:Sub' selected. The main window displays a table of objects with the following columns: Field, Units, Obj1, Obj2, Obj3, Obj4, Obj5, Obj6, Obj7, Obj8, Obj9, Obj10, Obj11.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
User Supplied Surface Name		window3zone1	window3zone1	window10zone1	window11zone1	window7 zone2	window3zone1	window4zone1	window5zone1	window2zone1	window6zone1	window1zone1
Surface Type		WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW	WINDOW
Construction Name of the Surface		winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass	winglass
Base Surface Name		zone1 wall3	zone1 wall3	zone1 wall3	zone1 wall3	zone2ROOF	zone1 wall1	zone1 wall1	zone1 wall1	zone1 wall1	zone1 wall1	zone1 wall1
OutsideFaceEnvironment Object												
View Factor to Ground		0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Name of shading control												
WindowFrameAndDivider Name												
Multiplier		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Number of Surface Vertex Groups -- Num		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	2,3	3,7	5,1	6,5	4	3,7	5,1	6,5	2,3	7,9	0,9
Vertex 1 Y-coordinate	m	5,8	5,8	5,8	5,8	10,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Vertex 1 Z-coordinate	m	2	2	2	2	4,08	2	2	2	2	2	2
Vertex 2 X-coordinate	m	2,3	3,7	5,7	7,1	4,08	3,7	5,1	6,5	2,3	7,9	0,9
Vertex 2 Y-coordinate	m	5,8	5,8	5,8	5,8	19,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Vertex 2 Z-coordinate	m	2	2	2	2	4,08	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Vertex 3 X-coordinate	m	2,9	4,3	5,7	7,1	9	4,3	5,7	7,1	2,9	8,5	1,5
Vertex 3 Y-coordinate	m	5,8	5,8	5,8	5,8	19,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Vertex 3 Z-coordinate	m	2	2	2	2	4,08	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Vertex 4 X-coordinate	m	2,9	4,3	5,1	6,5	9	4,3	5,7	7,1	2,9	8,5	1,5
Vertex 4 Y-coordinate	m	5,8	5,8	5,8	5,8	10,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8

**Figure 4-3 : insertion des subsurfaces**  
Source : auteur

### 4- Insertion de la trame daylighting :

Dans les tables des étudiants 1, 2, 3 et 4 a, b, c, d et e



The screenshot shows the EnergyPlus software interface. The 'Class List' on the left includes various equipment types, with 'Daylighting:Illuminance Map' selected. The main window displays a table of parameters for the selected object.

Field	Units	Obj1
Map Name		Daylight Map
Zone Name		zone1
Z height	m	0,8
X minimum coordinate	m	1,2
X maximum coordinate	m	6,8
Number of X grid points		5
Y minimum coordinate	m	0,5
Y maximum coordinate	m	5,3
Number of Y grid points		4

**Figure 4-4 : la trame daylight map**  
Source : auteur

## 5- résultat :

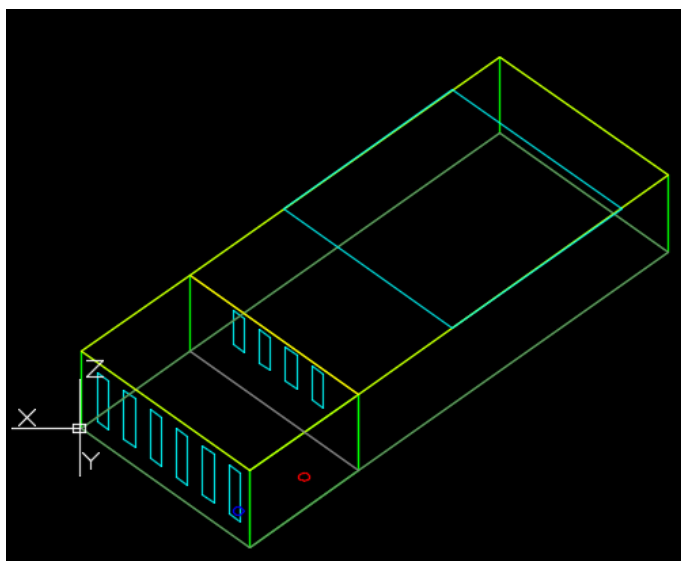
Résultat numérique sous forme d'excel.

Date/Time	DECEMBRE:D	RefPt1=(9.00	RefPt2=(7.90:0.50:0.80)		
44531,33	x=1.20	x=2.60	x=4.00	x=5.40	x=6.80
y=0.50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
y=2.10	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
y=3.70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
y=5.30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
44531,38	x=1.20	x=2.60	x=4.00	x=5.40	x=6.80
y=0.50	709,00	778,00	789,00	791,00	790,00
y=2.10	580,00	640,00	678,00	694,00	691,00
y=3.70	529,00	553,00	572,00	582,00	583,00
y=5.30	505,00	515,00	524,00	529,00	530,00
44531,42	x=1.20	x=2.60	x=4.00	x=5.40	x=6.80
y=0.50	1743,00	1860,00	1878,00	1882,00	1879,00
y=2.10	1486,00	1591,00	1649,00	1669,00	1656,00
y=3.70	1383,00	1425,00	1454,00	1466,00	1459,00
y=5.30	1333,00	1351,00	1364,00	1370,00	1367,00
44531,46	x=1.20	x=2.60	x=4.00	x=5.40	x=6.80
y=0.50	2243,00	2343,00	2357,00	2359,00	2356,00
y=2.10	1969,00	2069,00	2117,00	2129,00	2108,00
y=3.70	1857,00	1898,00	1923,00	1930,00	1916,00
y=5.30	1802,00	1819,00	1831,00	1833,00	1826,00
44531,50	x=1.20	x=2.60	x=4.00	x=5.40	x=6.80
y=0.50	2490,00	2565,00	2574,00	2575,00	2572,00
y=2.10	2227,00	2315,00	2352,00	2357,00	2332,00
y=3.70	2116,00	2154,00	2174,00	2176,00	2158,00

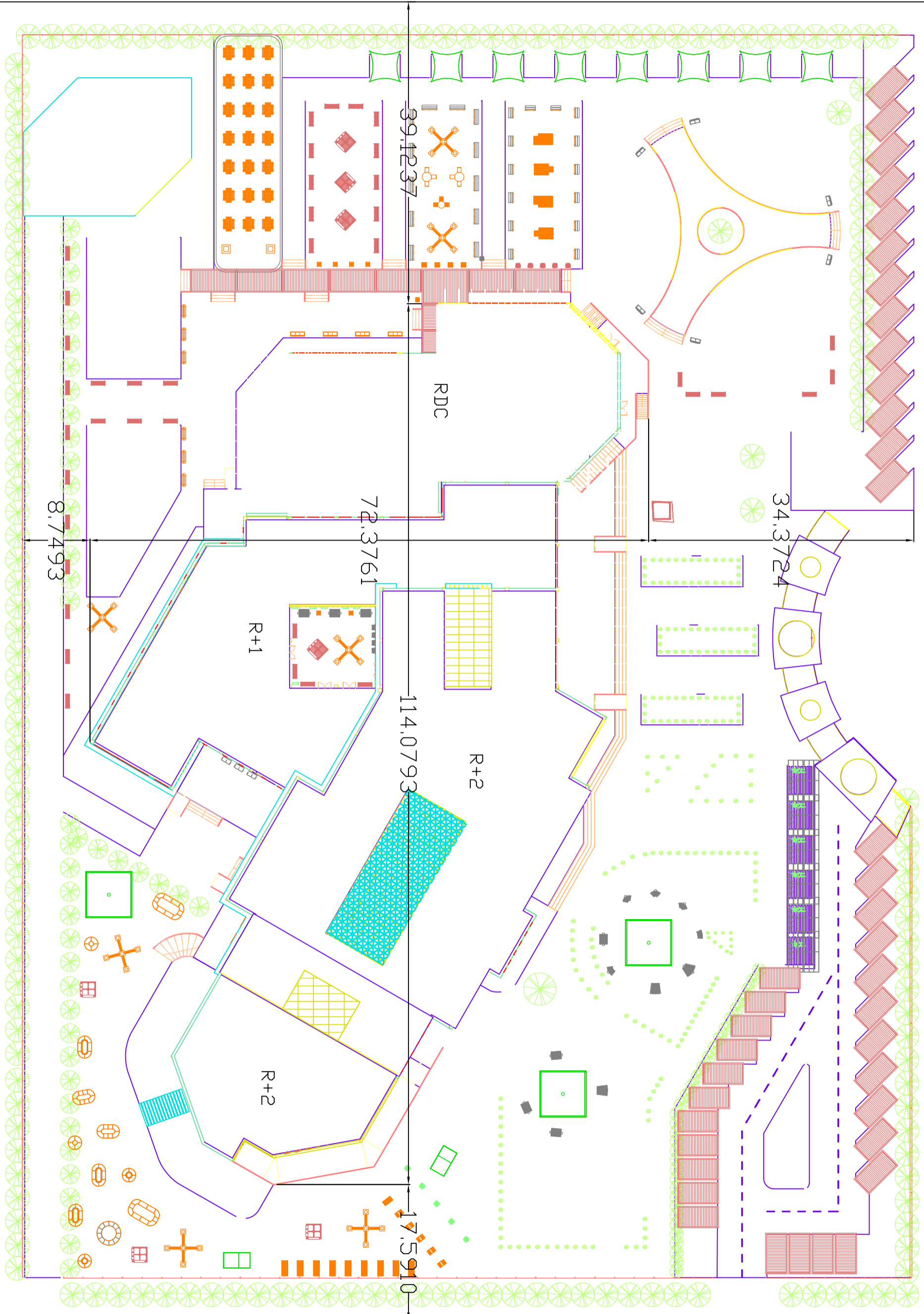
**Figure 4-5 : résultat numérique**  
**Source : auteur**

## 6- Modelage 3d :

A travers logiciel énergie plus on peut voir le modelage 3d

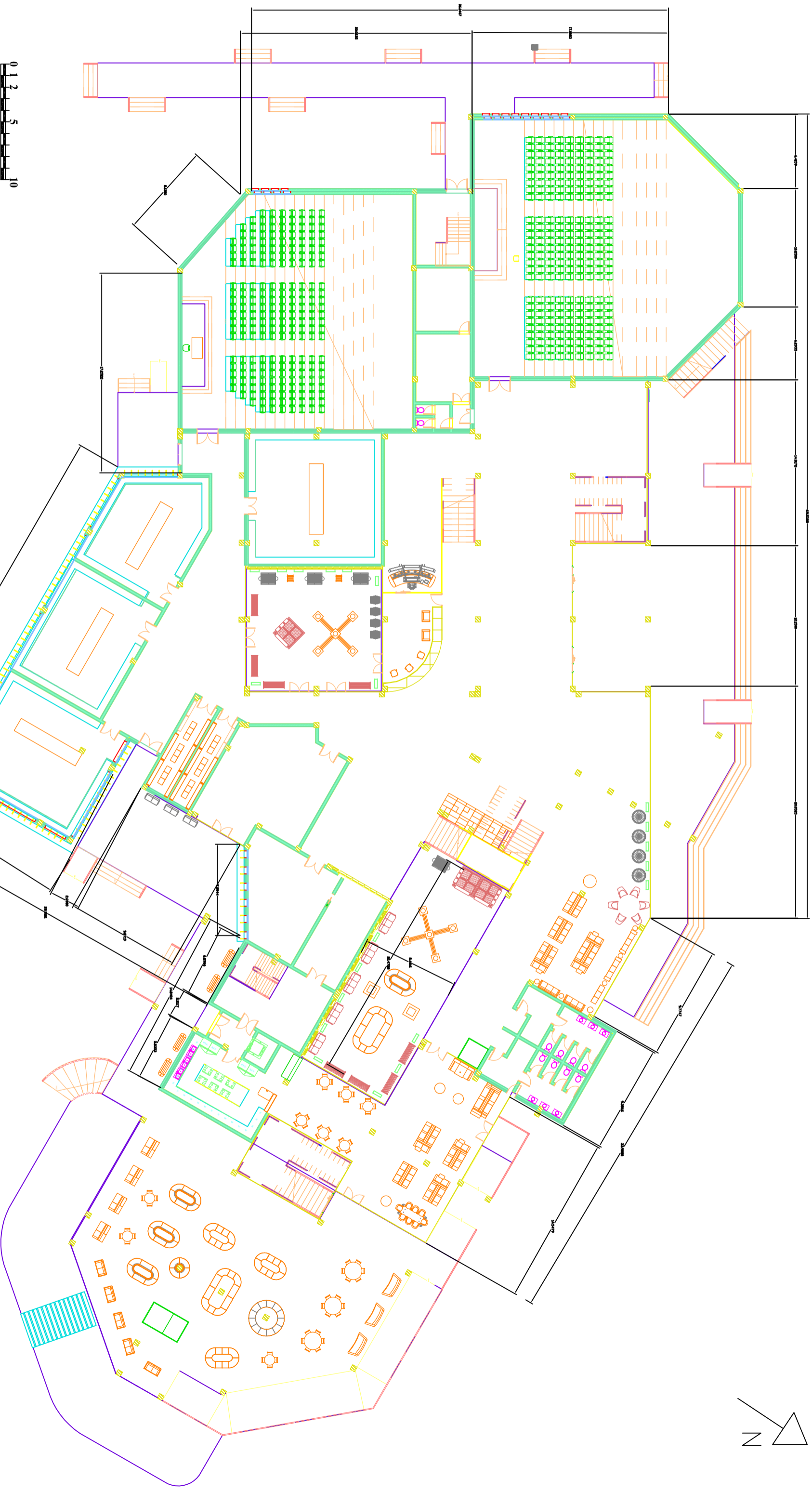


**Figure 4-6 : modelage 3d**  
**Source : auteur**



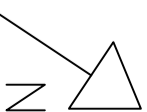
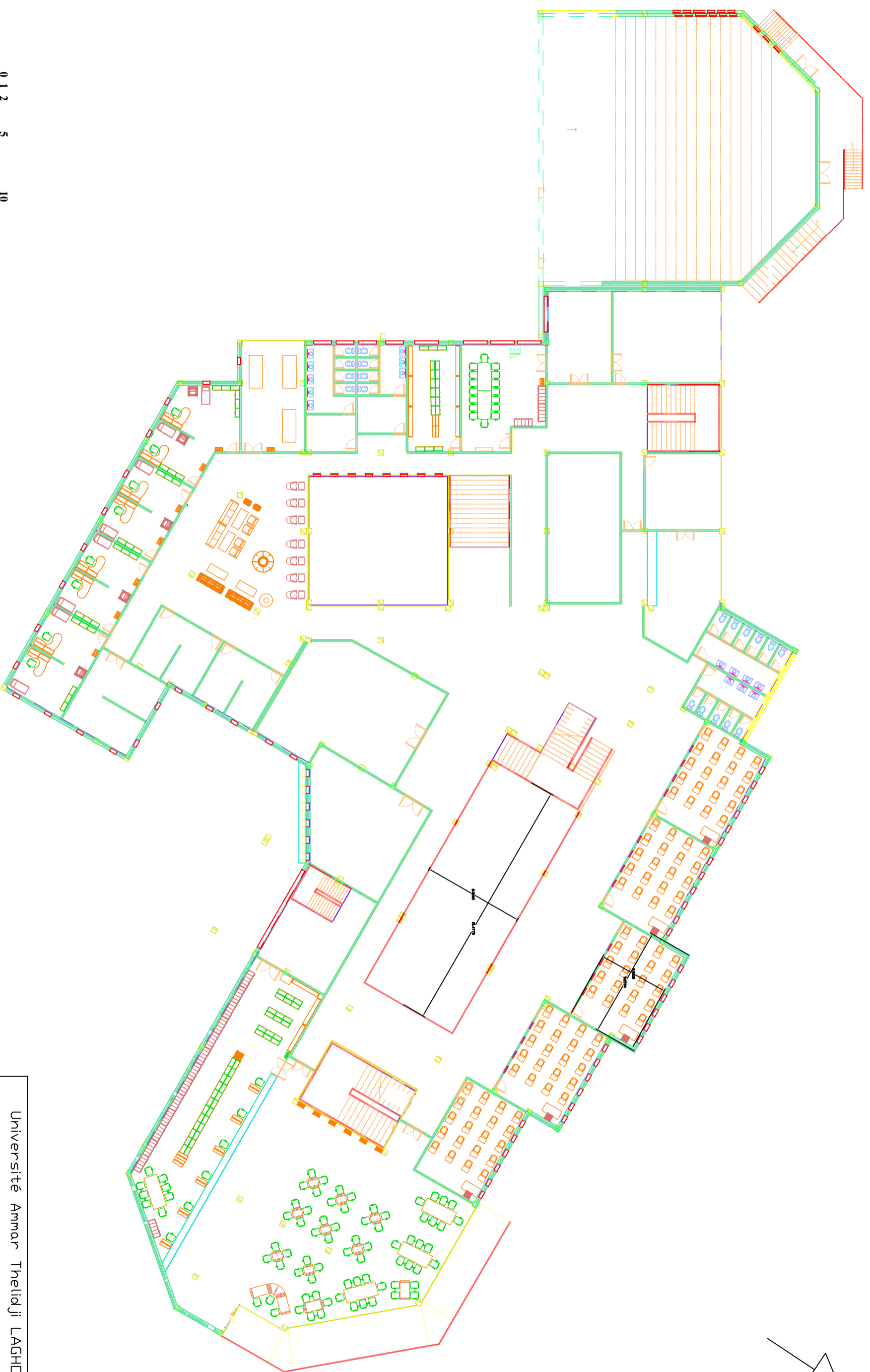
# plan de masse

Université Ammar Thelidji LAGHOUAT	
Projet : M2	école préparatoire technologique agricole à LAGHOUAT
Réaliser par	CHEKMANE Noura
Plan de premier étage	échelle



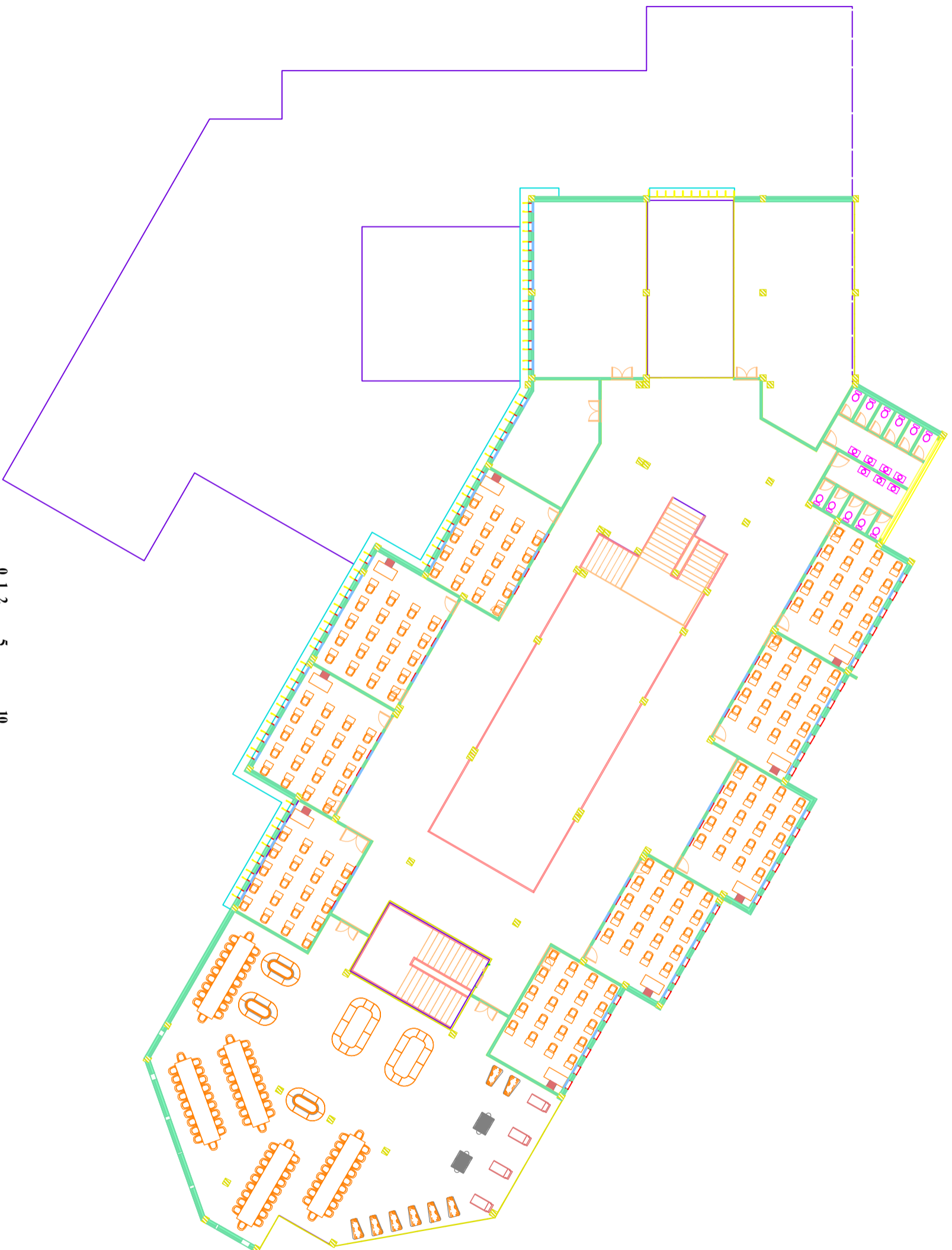
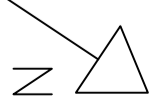
# plan de RDC

Université Ammar Theilidji LAGHDUAT	
Projet : M2	ecole préparatoire technologique durable à LAGHDUAT
Réalisé par	CHEKNANE Noura
Plan de premier étage	échelle



# plan de R+1

Université Ammar Theilidji LAGHDUAT		
Projet : M2	ecole préparatoire technologique durable à LAGHDUAT	
Réalisé par	CHEKNANE Noura	
Plan de premier étage	échelle	



# plan de R+2

Université Ammar Thelidji LAGHOUAT		
Projet : M2	ecole préparatoire technologique durable à LAGHOUAT	
Réalisé par	CHEKNANE Noura	
Plan de premier étage	échelle	



