



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



## Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

### MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BENLARBI Nacereddine

DOMAINE : TECHNOLOGIE  
FILIERE : ARCHITECTURE ET URBANISME  
OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

### THEME :

**Projet d'un lycée dans la ville de Laghouat dans le cadre  
de la démarche HQE**

***Sous Thème :***

**L'EFFET DE LA DOUBLE TOITURE VENTILEE ET A LA FENETRE OUVRANTE SUR LE  
CONFORT THERMIQUE DE LA SALLE DE CLASSE**

### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr SALHI Atef	M.A.A	Président
Mr LAROUÏ Mouhamed Mr	M.A.A	Examineur1
MEZAOUKH Lakhdar Mr	M.A.B	Examineur2
MOKEDDEM Mahmoud	M.A.B	Rapporteur
Melle DOHSI Khadidja		Co-rapporteur

**Promotion : JUIN 2015**

## Sommaire

Remerciement

### Partie introductive

Introduction général.....	1
Problématique générale.....	2
Méthodologie de travail.....	3

### Chapitre I : Approche thématique

I.1. Introduction.....	4
I.2. Définitions.....	4
I.3. L'histoire de l'éducation.....	5
I.4. Le rôle des équipements scolaires.....	6
I.5. Classification des équipements scolaires.....	6
I.6. Choix et analyse des exemples.....	7
I.6.1. Les critères de choix des exemples.....	7
I.6.2. Exemple N° 01 : Lady Bird Johnson Middle School (Texas USA).....	8
I.6.3. Exemple N° 02 : Lycée Campus Fangshan (chine).....	14
I.6.4. Exemple N° 03 : Lycée SAMPaix HQE carnot (Lyon – France).....	18
I.6.5. Exemple complémentaire : Groupe scolaire Jean-Louis Marquèze à France.....	22
Synthèse .....	26

### Chapitre II : Approche bioclimatique

II.1. Introduction .....	27
II.2. Définitions.....	27
II.3. Les principes de l'architecture bioclimatiques.....	27
II.4. Le confort.....	29
II.4.1. Définition de confort.....	29

II.4.2. les types de confort.....	29
II.4.2.1. Confort visuel.....	29
II.4.2.2. Confort thermique et confort respiratoire.....	33
Synthèse .....	36

### **Chapitre III : Approche contextuel**

III.1. Introduction .....	37
III.2. Echelle territoriale.....	37
III.3. Echelle urbain.....	41
III.4. Echelle locale.....	42
Synthèse.....	44

### **Chapitre V : Approche programmatique**

IV.1. Introduction.....	45
IV.2. Programme qualitatif.....	45
IV.3. Programme quantitatif.....	51

### **Chapitre VI: Approche architecturale**

V.1. Introduction.....	53
V.2. Les données de site.....	53
V.3. Méthodologie de genèse .....	54
V.4. L'idée de projet.....	54
V.5. La genèse de projet.....	55
Synthèse.....	76

Conclusion générale

## Introduction générale

*« A travers les différents âges de l'humanité, l'homme a toujours essayé de créer des conditions favorables pour son confort et ses activités, tout en essayant de contrôler son environnement » (M'Sellem, H. &Alkama, D., 2009).*

Nous assistons progressivement à l'émergence d'une architecture dite « environnementale ». Cette démarche de management de projet replace l'ouvrage dans son contexte : plus qu'un objet, il est un lieu de vie qui entretient des relations avec son environnement, accueille des personnes, s'inscrit dans une économie plus globale que celle du bâtiment lui-même

De ce fait, la démarche dite « haute qualité environnementale » lancée au début des années 90 et appliquée au secteur du bâtiment est une réponse à des nouvelles attentes qui sont la lutte à la fois contre le gaspillage des ressources énergétiques de plus en plus rares et contre la brutale accélération des changements climatiques de la planète.

La Qualité Environnementale d'un bâtiment correspond aux caractéristiques du bâtiment, de ses équipements (en produits et services) et du reste de la parcelle de l'opération de construction ou d'adaptation du bâtiment qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et de création d'un environnement intérieur confortable et sain.

L'objectif de la HQE est de plus en plus élargi à d'autres critères touchant directement les occupants « les comforts d'usage » (concernant le thermique, l'acoustique, l'olfactif, la luminosité et la qualité de l'air). Le principe consiste à :

- Réduire les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur : au niveau planétaire, au niveau régional et au niveau local.
- Réduire les impacts du bâtiment sur l'usager : impacts sur le confort et sur la santé.

Notre travail vise à concevoir un équipement scolaire en symbiose avec les cibles de la H.Q.E, ce projet devra être le moyen le plus rentable pour améliorer l'apprentissage et la santé des enfants, et par voie de conséquence contribuer au progrès social et économique du pays.

## Problématique générale

« Les architectes tiennent de plus en plus compte de la philosophie de la construction durable dans leurs projets. Cette Philosophie vise à réduire - et à terme, à prévenir autant que possible - tout impact négatif du bâtiment sur l'homme et l'environnement. La construction durable est donc aussi synonyme de construction saine. » (Peuportier, 2003)

« L'école tend à devenir aujourd'hui un bâtiment de verre comme les autres sans identité particulière ». En effet, l'architecture des écoles en Algérie tend à devenir un bâtiment sans identité, en particulier avec la demande sans cesse croissante, ce qui a poussé l'état à adopter la politique (d'adaptation), une politique qui a donné naissance à un modèle stéréotypé (SIMONE, F., 99)

Le manque de réflexion pour une conception économe en énergie a induit, aujourd'hui, des modes de constructions modernes qui n'assurent pas des conditions de confort acceptable durant la période froide ou chaude sans le recourt à des équipements de chauffage et/ou de refroidissement. Cela montre bien la détérioration de la qualité thermique des bâtiments actuels.

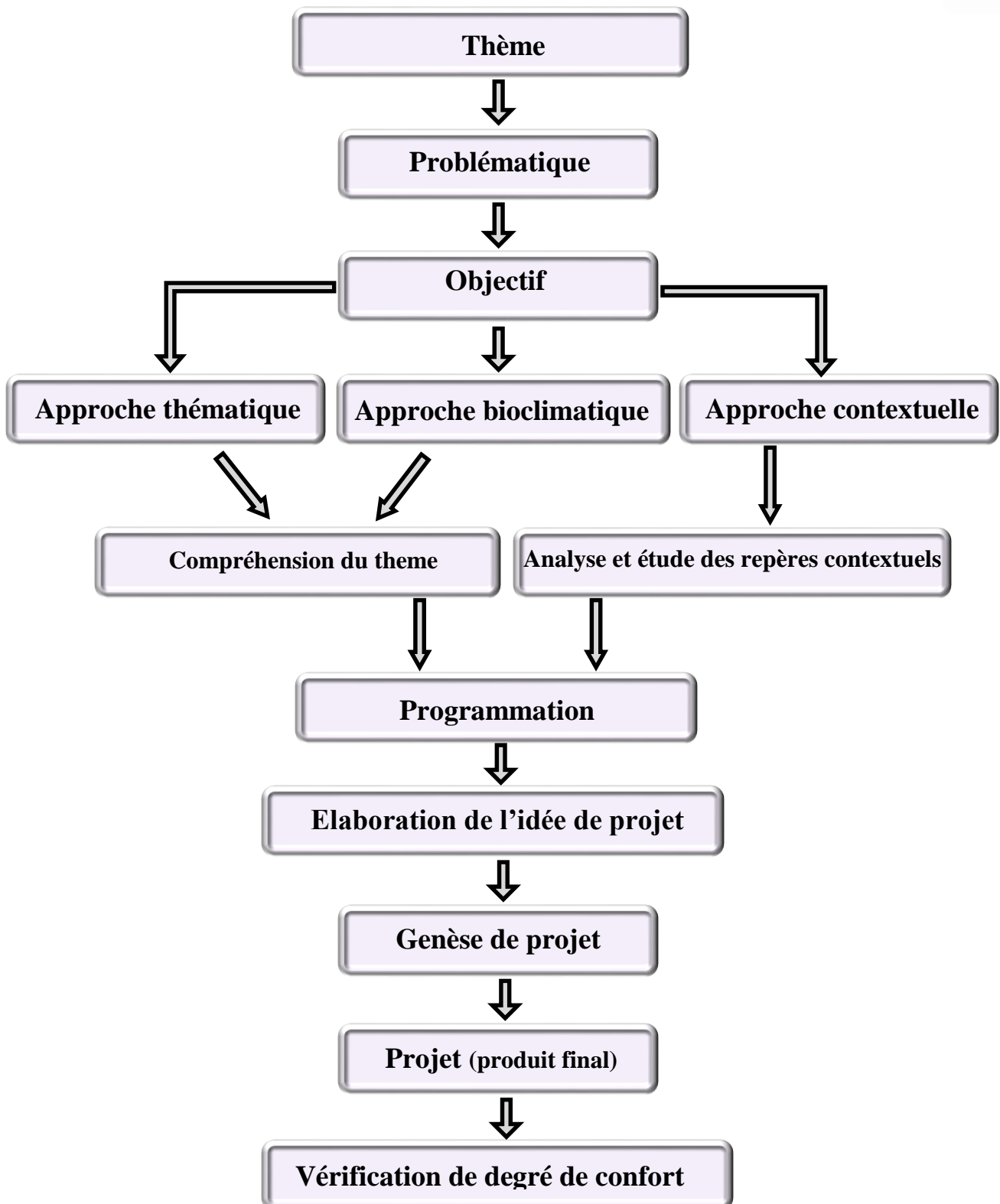
Une telle situation est remédiée par l'acquisition d'équipements de chauffage et/ou de refroidissement qui présentent eux-mêmes des qualités énergétiques médiocres. Face à une telle situation, la réduction de la consommation énergétique du secteur du bâtiment peut être atteinte à travers des réflexions architecturales sur la conception architecturale du bâti, sur l'enveloppe en tant que paroi d'échanges intérieur et extérieur, et enfin de la situation du bâti dans le tissu urbain.

Dans ce contexte comment peut-on concevoir un équipement scolaire qui doit être pensé, construit et agrémenté par des dimensions d'ordre psychologiques, sociales et pédagogiques, encadrées par une qualité matérielle de son enveloppe et érigées sur un support environnemental.

Donc les questions qui se posent :

- **Le climat aride de la ville de Laghouat peut-il offrir des alternatives bioclimatiques pour concevoir un lycée durable ?**
- **peut-on construire un lycée offrant un environnement intérieur confortable et assurant une meilleure rentabilité pour les générations futures ?**

**Méthodologie de recherche :**



*Organigramme 1 Méthodologie de recherche. Source : Auteure.*

## **I.1. Introduction**

Dans cette phase nous présentons un ensemble d'idées et de connaissances relatives au thème de l'éducation.

L'importance de cette phase est d'expliquer le rôle, l'historique et les différents types des équipements scolaires à l'aide d'exemples sachant que cette phase primordiale nous permet de faire une bonne conception fonctionnelle.

## **I.2. Définitions:**

**Education** : *n. f (lat. educato)*

1. Action d'éduquer, de former, d'instruire quelqu'un, manière de comprendre, de dispenser de mettre en œuvre cette formation.
2. Ensemble des acquisitions morales, intellectuelles, culturelle de quelqu'un son éducation est rudimentaire. (Le petit Larousse 2011)

**Equipement éducatif** :

Ensemble des équipements collectifs destinés à la scolarisation des enfants : école maternelle, école primaire, collège, lycée. (Le petit Larousse 2011)

**Enseignement** : *n.m*

Action, manière d'enseigner de transmettre des connaissances.

Niveau branche de l'organisation scolaire et universitaire enseignement élémentaire, secondaire, supérieur. (Le petit Larousse 2011)

**Groupe scolaire** :

Un groupe scolaire est un établissement d'enseignement, comprenant le primaire et le secondaire (collège, lycée). Internet: <http://dictionnaire.sensagent.com>

**Ecole** :

Etablissement dans lequel est donné un enseignement collectif (général ou spécialisé. (Le petit robert 2014)

**Classe** :

La salle de classe est l'endroit où se retrouvent les enfants 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. Internet: <http://dictionnaire.sensagent.com>

**Lycée** :

Le lycée actuel correspond principalement aux trois dernières années de l'enseignement secondaire (second, premier et terminal), pour des adolescents âgés, généralement, de 15-16 ans (début de la seconde) à 17-18 ans (fin de la terminale). Les enseignements au lycée aboutissent à des examens finaux et nationaux : le baccalauréat. Internet: <http://dictionnaire.sensagent.com>

### I.3. L'historique de l'éducation :

- Les premiers systèmes d'éducation connus se développèrent dans les civilisations **indienne** et **égyptienne** à partir du IV<sup>e</sup> millénaire av. J.-C
- En Chine, sous l'influence des philosophes Lao-tseu et Confucius, un large accès à l'éducation fut favorisé.
- En Grèce et à Rome apparut la 1<sup>ère</sup> école de philosophie fondée par Platon et Aristote a fondé le lycée.
- Les Romains instaurèrent des écoles sur trois niveaux d'enseignement (Primus, grammaticus et rhéteur). (Source : Encyclopédie Encarta Microsoft 1999)

Antiquité

Les pédagogues juifs, chrétiens et musulmans fondèrent ainsi explicitement leur enseignement sur la conservation et l'approfondissement d'un livre dans lequel se condensait leur tradition.

- Les Hébreux développèrent un système où l'enseignement donnait lieu à une interprétation de la Torah.
- Les chrétiens menèrent une réflexion sur les moyens de conserver l'héritage intellectuel de l'Antiquité en l'adaptant à la doctrine chrétienne.
- Les tous premiers établissements d'enseignement du monde islamique étaient relativement informels. Les mosquées ont toujours été utilisées comme un lieu de rencontre où les gens peuvent se rassembler autour d'un érudit, assister à ses cours, étudier des livres avec lui (ou elle) et acquérir des connaissances. Certains des plus grands savants de l'Islam étudièrent de cette manière, et enseignèrent à leur tour également de la sorte.

Depuis le début du 9<sup>ème</sup> siècle, Les Musulmans ont encouragé la construction de plusieurs écoles dans toutes leurs villes. Certaines de ces écoles étaient obligatoires pour les enfants, et ce, dès l'âge de 6 ans. Ces écoles admettaient les garçons comme les filles, et même les esclaves.

(Source : Encyclopédie Encarta Microsoft 1999)

Moyen Age

Durant la Renaissance, il n'y eut pas fondamentalement de changement, si ce n'est que les facultés de théologie perdirent de leur importance par rapport au droit, à la médecine, et surtout aux arts.

(Source : Encyclopédie Encarta Microsoft 1999)

Epoque moderne

Le système éducatif s'oriente de plus en plus vers une formation par cycle et vers les méthodes de l'éducation nouvelle : groupes de niveau, soutien scolaire. Des disciplines permettant et favorisant l'épanouissement des enfants s'articulent à un socle de connaissances fondamentales. L'enseignement technique et professionnel est l'objet d'une revalorisation visant à éliminer la hiérarchie qui oppose matières nobles et techniques. (Source : Encyclopédie Encarta Microsoft 1999)

Epoque contemporaine

## I.4. Le rôle des équipements scolaires :

L'accès à la culture se réalise en premier lieu par l'éducation et la formation. Dans ce cadre, l'école a une place importante, d'une part, elle est un lieu d'apprentissage; d'autre part, elle est un lieu de sociabilité et d'échanges. [www.proj.siep.be.com](http://www.proj.siep.be.com)

### 1- L'apprentissage :

Lorsque l'on parle de la culture transmise par l'école, on évoque surtout les savoirs théoriques que tu y apprends, pourtant, l'école transmet également des savoir-faire et des savoir-être, des attitudes. [www.proj.siep.be.com](http://www.proj.siep.be.com)

### 2- La sociabilité:

L'école est aussi un lieu de rencontre entre élèves !

C'est un lieu où s'affichent les styles, la façon de parler, les pratiques de consommation, les pratiques d'initiation et les références médiatiques, etc. [www.proj.siep.be.com](http://www.proj.siep.be.com)

## I .5. Classification des équipements scolaires :

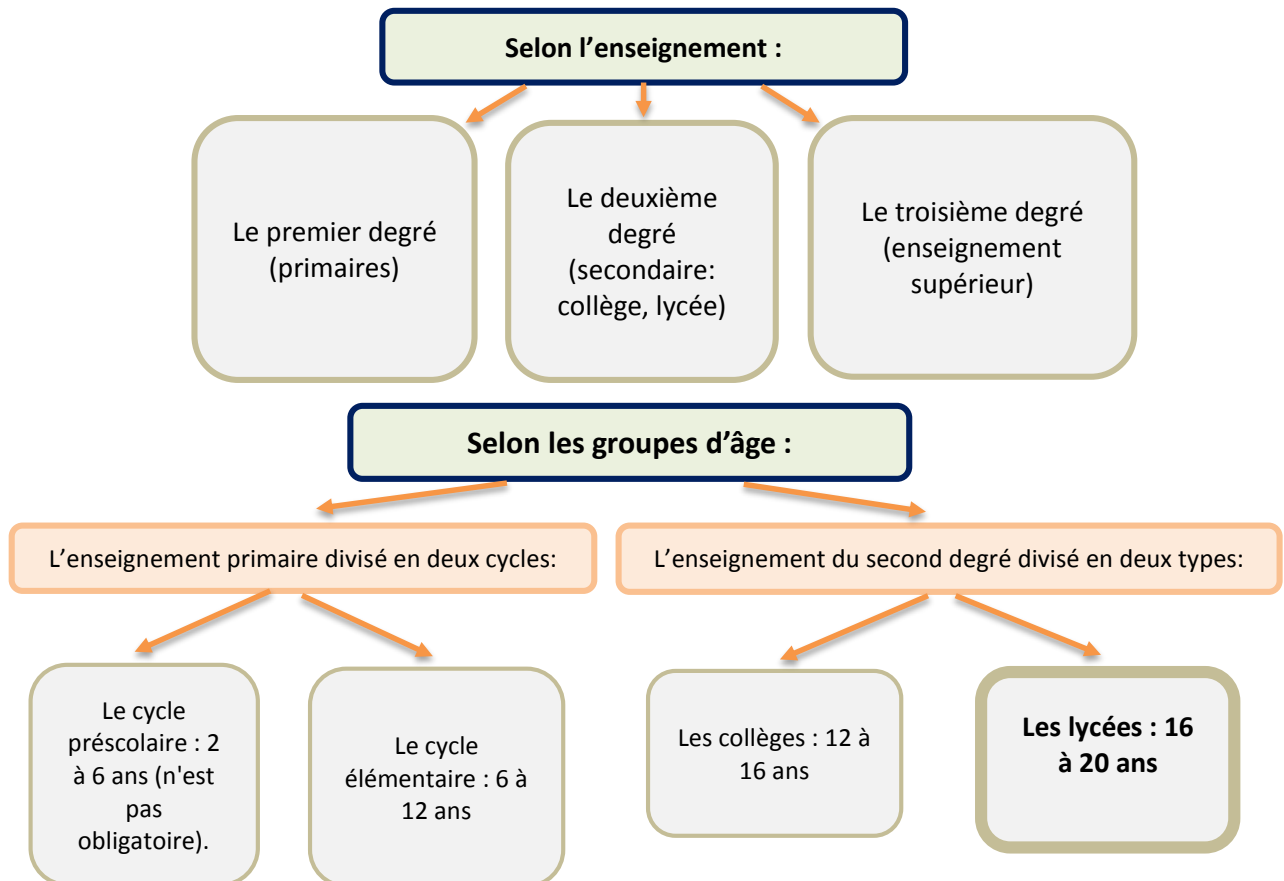


Figure 1-1 schéma qui précise la classification des équipements scolaires. [www.proj.siep.be.com](http://www.proj.siep.be.com)

## **L'Analyse des exemples:**

### **I.6.2. Exemple N° 01**

#### **Lady Bird Johnson Middle School (Texas USA)**

Par définition comme un bâtiment net zéro énergie Lady Bird Johnson produit plus d'énergie qu'il ne consomme sur une période de 12 mois. Plusieurs technologies et des stratégies ont été utilisées pour réduire sa consommation y compris le chauffage géothermique, technologie des panneaux solaires, les éoliennes, les techniques de récolte d'eau de pluie et la gestion solaire



Figure 1-2 photo de lycée Lady Bird Johnson Middle School. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

Intelligente.

#### **Présentation:**

**Architecte:** Corgan associés.

**Lieu:** Irving, Texas USA.

**Surface:** 152 000 m<sup>2</sup>.

**Année:** 2010 – 2011.

**Latitude:** 32.8577 32° 51' 28" Nord.

**L'altitude:** 169 m.

**Le climat:** Climat subtropical humide avec un été chaud.

#### **Situation:**

L'équipement est situé dans un quartier résidentiel à Irving ville du Texas, (dans le comté de dallas).

#### **Accessibilité:**

L'équipement est assuré par un réseau de voie importante pour accessibilité facile.

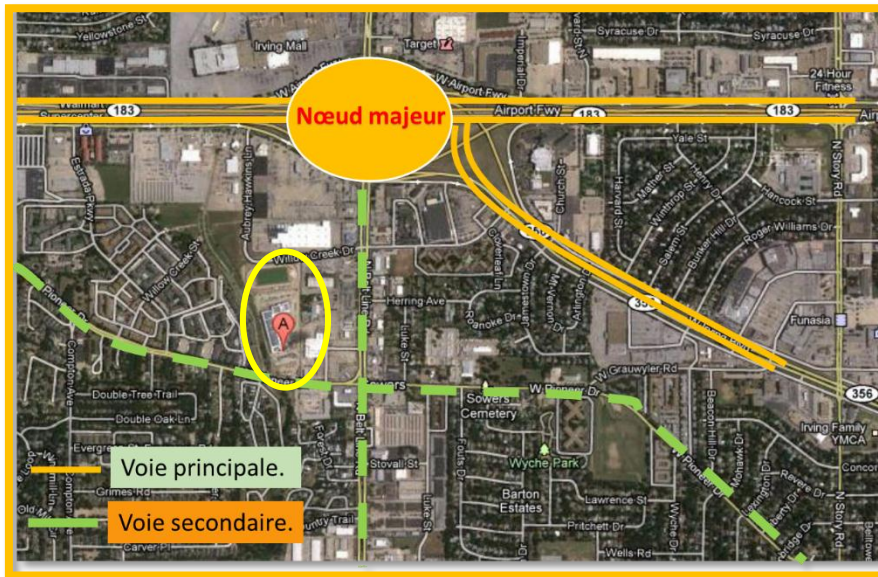


Figure 1-3 carte qui précise l'accessible de groupe scolaire – Google Earth

### Plan de masse:

- Le bâtiment prend une forme compacte, implanté au milieu de terrain (pour réserver un espace d'accueil au niveau de l'entrée principale), il est composé de 03 parallélépipèdes avec un gabarit R et R+1.
- L'équipement possède trois accès mécanique deux pour y accéder et l'autre pour le quitter.
- L'entrée principale est orientée vers le sud.
- Les parkings sont localisés au préféer du bâtiment.
- Les éoliennes sont implantées au côté nord-ouest.



Figure 1-4 plan de masse de l'équipement.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)



Figure 1-5 perspective de l'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

### **Volumétrie:**

La forme d'équipement s'étend en longueur donnant une richesse remarquable au niveau de la volumétrie, en utilisant des décrochements pour bien exploiter l'éclairage naturel.

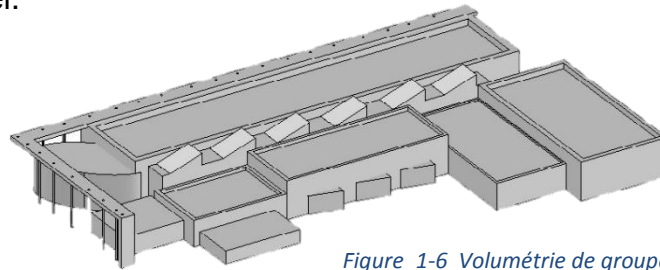


Figure 1-6 Volumétrie de groupe scolaire - source auteur

### **Façades:**

La silhouette horizontale domine la façade principale.

La façade principale est marquée par une grande canopée élégante qui marque aussi l'entrée du projet.

La forme elliptique de la bibliothèque est utilisée pour équilibrer la forme rectangulaire des salles de classes.



Figure 1-7 les façades de l'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

- Le vitrage est utilisé au niveau de la bibliothèque pour assurer une continuité visuelle entre extérieur et intérieur.
- Le plein est distribué au niveau de la salle de classe pour contrôler la pénétration de l'ensoleillement.

**Les plans :**

Le lycée est composé de deux niveaux, les salles de classes prennent la forme rectangulaire, elles sont bien regroupées pour assurer une bonne distribution.

La circulation est toujours linéaire droite dans tout le projet vu de sa forme rectangulaire.

Les espaces de loisirs et d'activités sont éloignés à l'entité pédagogique.

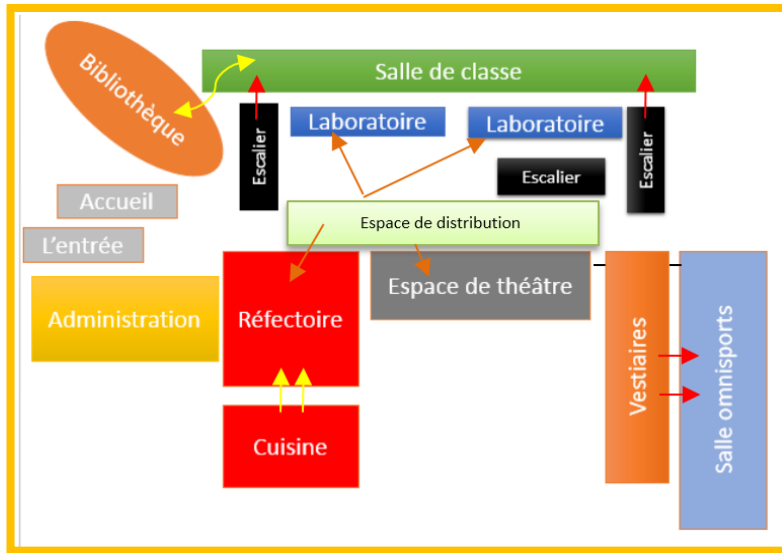


Figure 1-8 Organigramme de RDC - source auteurs



Figure 1-9 Plan de RDC.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

La bibliothèque est accessible à partir du RDC, et l'étage est réservé pour les salles de classe et les laboratoires seulement.

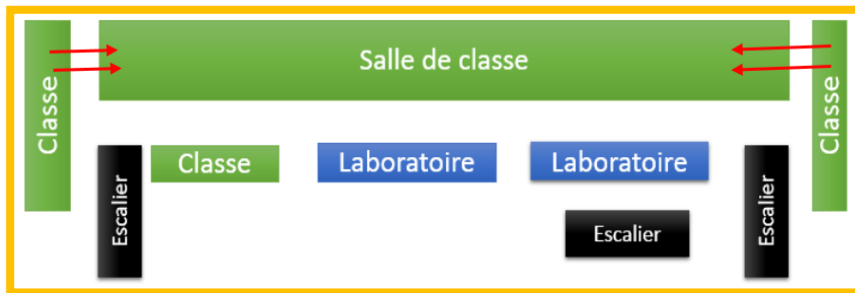


Figure 1-10 Organigramme de 1er étage - source auteurs

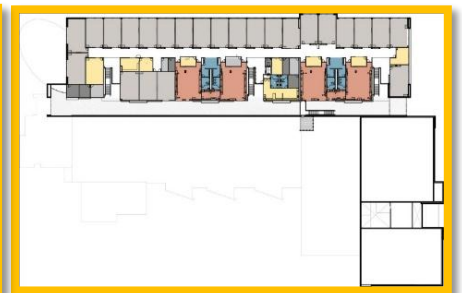


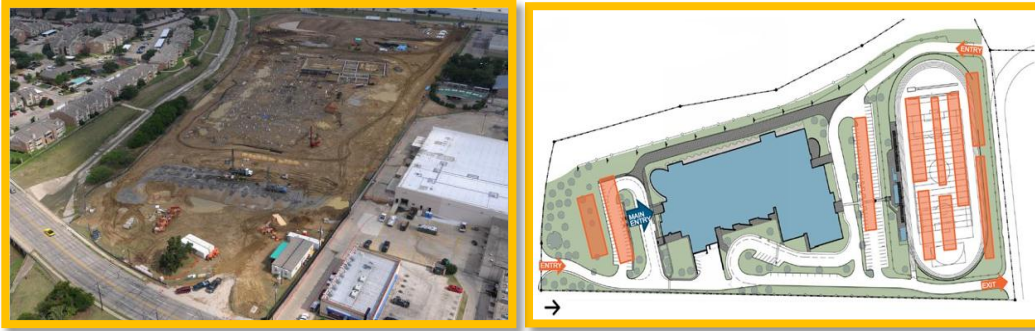
Figure 1-11 Plan de 1er étage.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Les aspects de durabilité au niveau du projet :**

Deux stratégies complémentaires sont utilisées dans ce lycée :

- La Stratégie de réduire la consommation d'énergie
- La Stratégie de produire l'énergie

**La Stratégie de réduire la consommation d'énergie :**



L'utilisation de 468 puits géothermique et de 6.30 m de profondeur

**2- technologie d'éclairage naturel :**

- Utilisation des tablettes de lumières
- Étagères horizontales pour rebondir la lumière visible du plafond plus profondément dans l'espace.

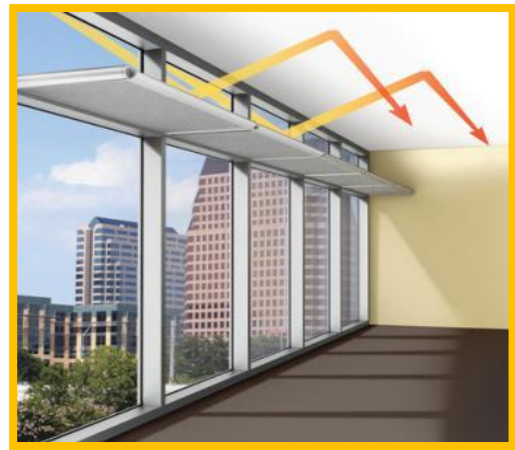


Figure 1-12 Étagère horizontale – [www.archrecord.construction.com](http://www.archrecord.construction.com)

**La stratégie de produire l'énergie :**

2.988 panneaux solaires (191 watt)



Figure 1-13 Panneaux photovoltaïques. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)



Figure 1-14 Plan d'implantation des panneaux - source auteur

**Les éoliennes :**

Figure 1-15 les éoliennes. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

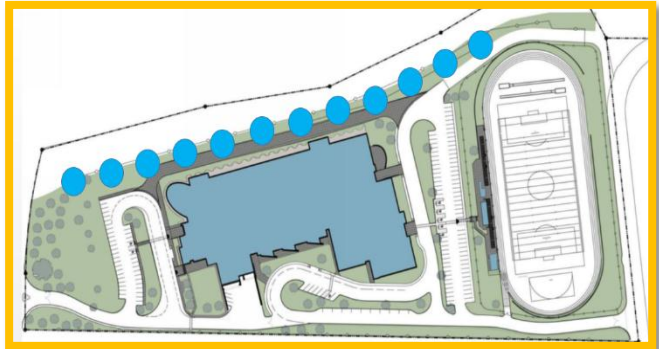


Figure 1-16 Plan d'implantation des éoliennes  
- source auteur

12 éoliennes sont implantées au nord-ouest

**Le recyclage :**

Des corbeilles spéciaux pour le recyclage des déchets tels que, le papier, les boîtes, le plastique, et les déchets divers.



Figure 1-17 corbeilles de recyclage. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)



Figure 1-18 l'emplacement des corbeilles  
- source auteurs

### I.6.3. Exemple N° 02

Lycée Campus Fangshan (chine)

#### Présentation:

**Architecte:** Daijiro Nakayama.

**Lieu:** Chungyang, Fengshan, chine

**Surface:** 57773 m<sup>2</sup>

**Année:** 2014

**Latitude:** 39° Nord

**L'altitude:** 48 m

**Le climat:** Les hivers sont froids et secs, des étés chauds et humides.

#### Situation:

Situé dans le centre d'une ville nouvelle à l'extérieur sud-ouest cinquième périphérique de Pékin, dans une cité résidentielle.



Figure 1-19 photo du lycée Campus Fangshan.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)



Figure 1-20 la situation du lycée - Google Earth

#### Accessibilité:

L'équipement est assuré par un réseau des voies mécaniques importantes pour accessibilité facile.



Figure 1-21 accessibilité du lycée – source auteur

**Plan de masse:**

- ✓ Le bâtiment prend une forme compacte avec un bâtiment de R+4
- ✓ L'équipement possède trois accès un pour les piétons représente l'entrée principale. 02 accès mécanique pour le parking, et le troisième est pour accéder au sous-sol.



Figure 1-22 plan de masse du lycée.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Volumétrie:**

L'équipement est construit dans un terrain montueux, l'architecte a exploité cette potentialité pour réaliser des espaces au sous-sol avec des toitures végétalisées afin d'avoir un projet intégré parfaitement à son environnement.

Il se caractérise par des espaces ouverts remplis avec la nature représente un espace privé (cours de récréation).

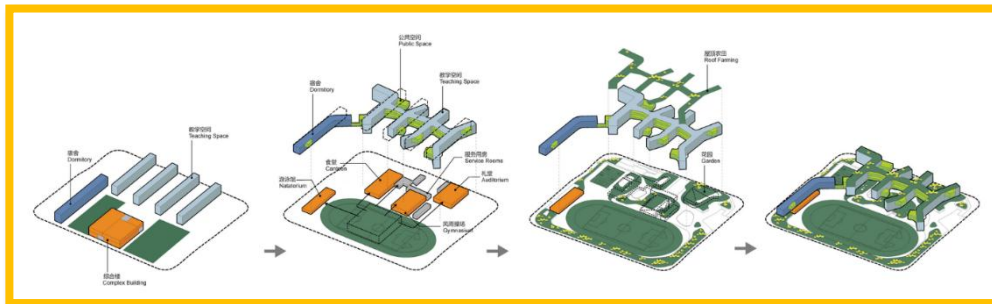


Figure 1-23 volumétries. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Façades:**

- la façade caractérisée par l'équilibre entre le plein et le vide avec des fenêtres en longueur.
- L'utilisation des baies vitrées au niveau de l'entrée principale ce qui assure une continuité visuelle entre intérieur et extérieur, L'utilisation du système sur piloti et les façades libres.
- La couleur blanche domine la façade pour s'intégrer avec la verdure et les toitures végétalisées.

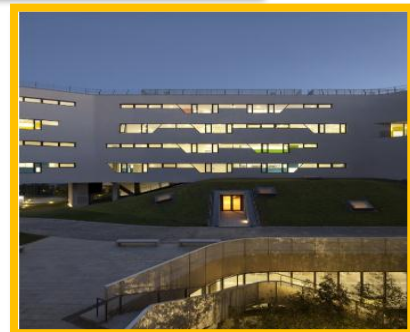


Figure 1-24 les façades de l'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Les plans :**

La partie inférieure abrite des fonctions publiques de l'école, comme la cantine, l'auditorium, le gymnase, et les dortoirs.

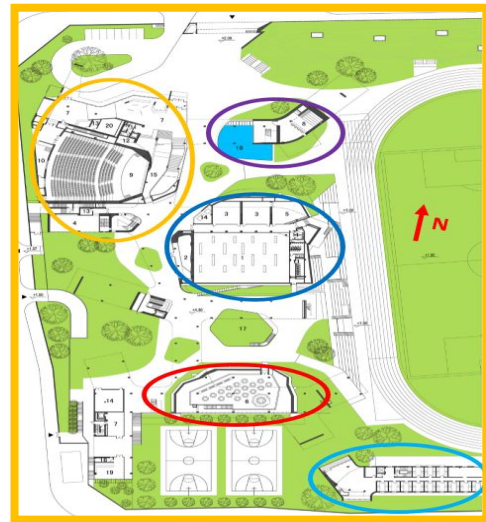
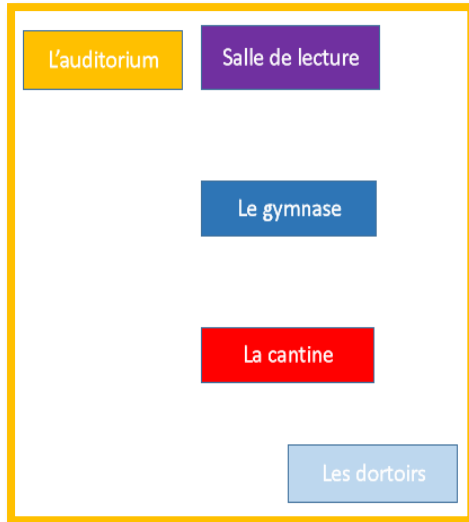


Figure 1-25 les entités de l'équipement – source auteurs

Figure 1-26 plan des entités. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

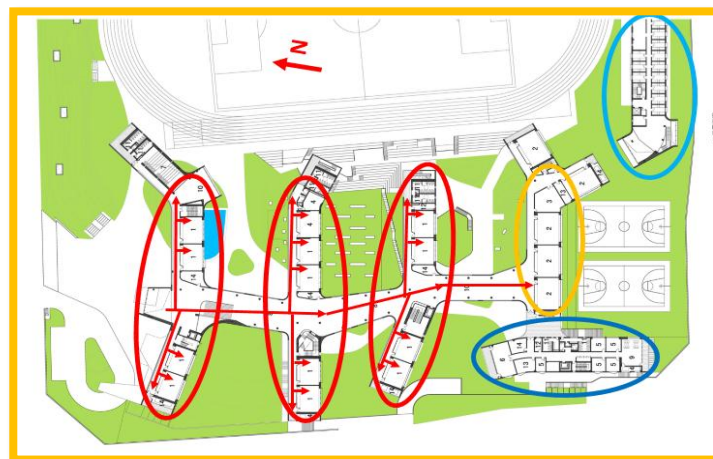


Figure 1-27 Organisation des entités. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

La partie supérieure contient un plan d'organisation linéaire droite avec une distribution linéaire latérale.

Les espaces les plus importants tels que les salles de classes et les laboratoires sont orientés vers le sud.

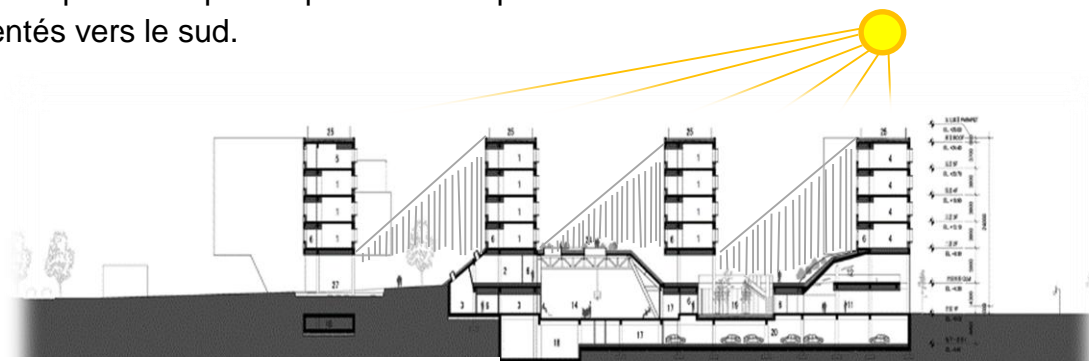


Figure 1-28 schéma précise l'ombre dans l'équipement - Source auteurs

Le rapport H/L est bien respecté pour assurer l'éclairage naturel

### **Aspect de durabilité d'équipement :**

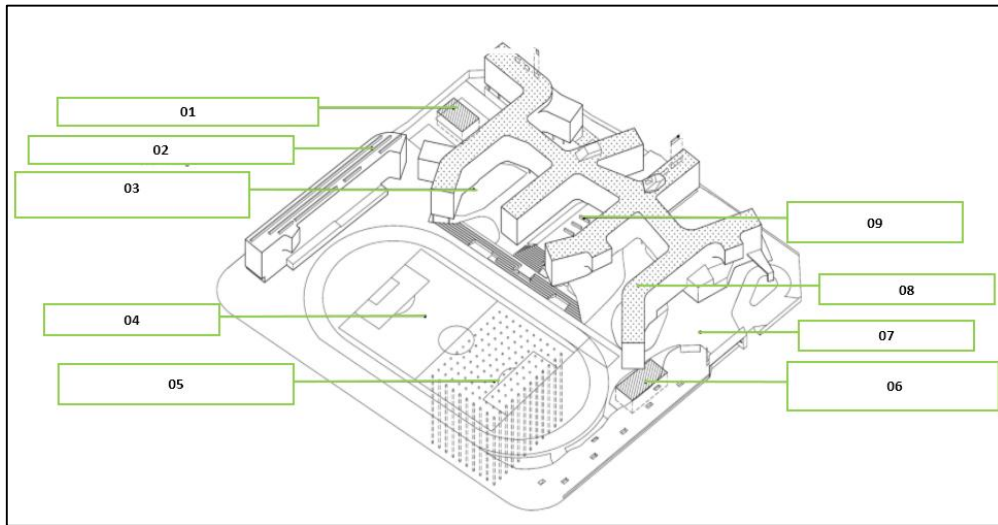


Figure 1-29 schéma qui précise les aspects de durabilité d'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

- 1- Bassin de rétention des eaux pluviales.
- 2- chauffage solaire pour l'hébergement.
- 3- bâtiment surélevée pour un meilleur microclimat.
- 4- Terrain végétalisé (terrain de sport).
- 5- Pompe à chaleur géothermique.
- 6- pavage perméable.
- 7- toiture végétalisée.

### I.6.4. Exemple N° 03

Lycée SAMPAIX HQE carnot (Lyon - France)

**Présentation:**

**Maitre d'œuvre:**

**Architecte:** TEKHNE

**BET HQE:** TRIBU

**Lieu:** Sampaix, Lyon – France

**Surface:** 10316 m<sup>2</sup>

**Année:** Mars 2008

**Latitude:** 36° Nord

**L'altitude:** 297 m.

**Le climat :** Ce climat est observé dans le Sud-Est de la France, où les sécheresses sont fréquentes en été: Soit des étés chauds et des hivers très doux.

**Situation:**

Situé à la périphérie de la ville de Lyon à côté des terrains agricoles.

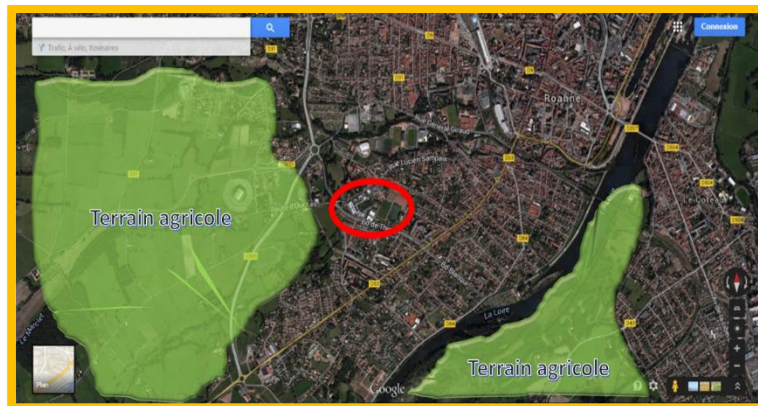


Figure 1-31 situation de lycée Sampaix. Google Earth

**Accessibilité :**

**Voirie (système routier) :** l'équipement est entouré par 2 axes:

Un axe principal sur le côté sud et un autre secondaire dans le côté nord.



Figure 1-32 accessibilité de lycée Sampaix – Google Earth

**Plan de masse :**

- ✓ Le bâtiment prend une forme compacte avec un bâtiment de R+1
- ✓ l'équipement possède sept accès un pour les piétons représente l'entrée principale, 03 accès mécaniques pour le parking, et 03 accès secondaires

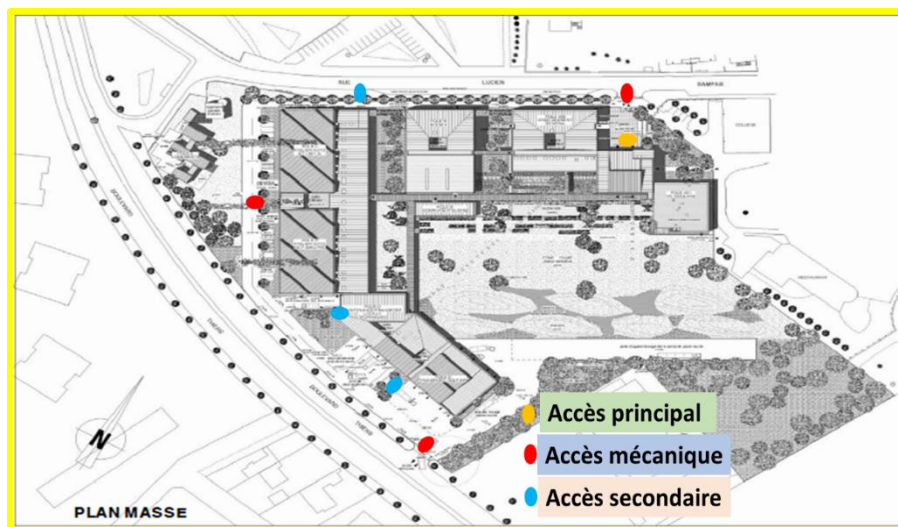


Figure 1-33 plan de masse d'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Façades:**

- la façade caractérisée par l'équilibre entre le plein et le vide.
- Le projet est léger à conséquence de l'utilisation de mur vitré dans tous les entités de cet équipement.



Figure 1-34 Façade Sud-Ouest . [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

- L'utilisation du système sur piloti et les façades libres.
  - la couleur marron bois domine à la façade.



Figure 1-35 façade des ateliers du lycée. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

### Les plans :

L'organisation du plan est linéaire avec une circulation linéaire bilatérale dans tous les blocs.

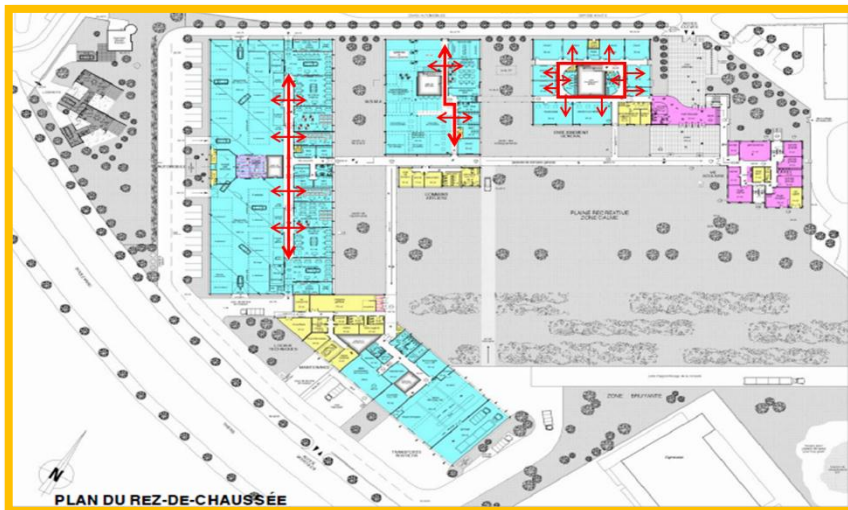


Figure 1-36 plan de RDC avec l'organisation de plan. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

Les espaces les plus importants tels que les salles de classes, les ateliers, et les laboratoires sont orientés vers le nord et le sud.

### Aspect de durabilité de projet :

Architecte à utiliser plusieurs idée bioclimatique tel que :

#### • Eclairage naturel:

Pour l'objectif de (FIJ) > 2,5% dans les locaux de travail on doit:

- ✓ Éviter les masques
- ✓ Utiliser des grandes ouvertures

- ✓ Faire une hauteur sous-plafond importante (3 m minimum)
- ✓ Utiliser l'éclairage zénithal par lanterneaux pour les locaux profonds
- ✓ L'utilisation des couleurs claires pour les parois des locaux (réflexion: 0,7 plafond et mur)
- ✓ Création des toitures de forme spécifique pour profiter de l'éclairage zénithale mais d'une façon indirecte.

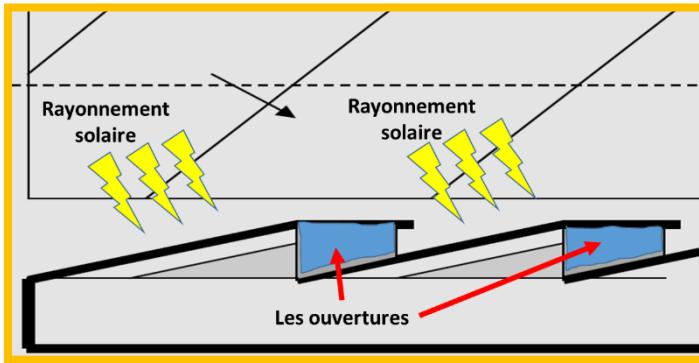


Figure 1-37 l'éclairage indirect d'atelier – source auteurs

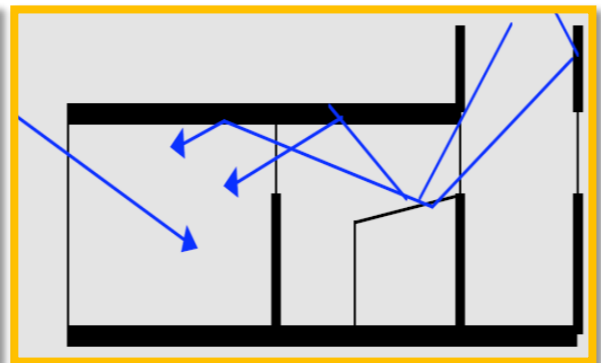


Figure 1-38 l'éclairage zénithal par lanterneaux – source auteurs

- ✓ Intégration de système patio dans l'équipement (l'éclairage, aération, et création d'un micro climat).

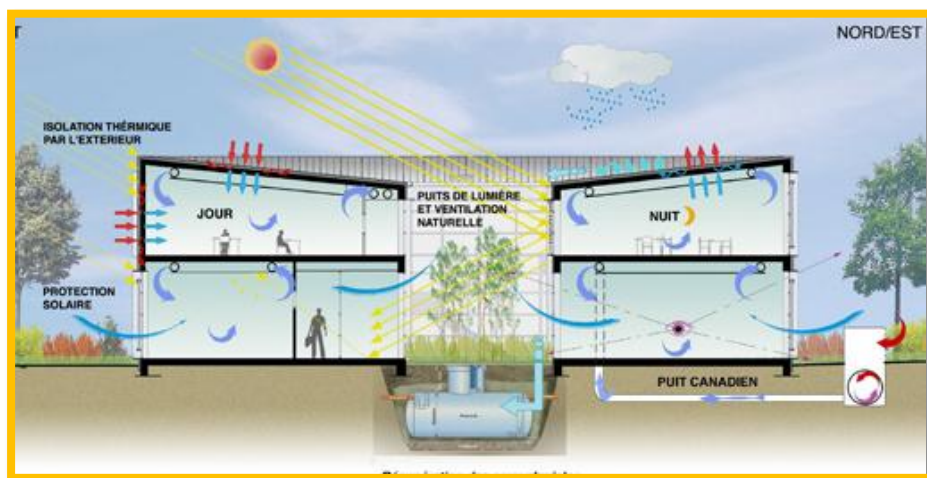


Figure 1-39 le système de patio. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

- ✓ l'implantation des arbres dans le côté ouest pour éviter les rayons solaires

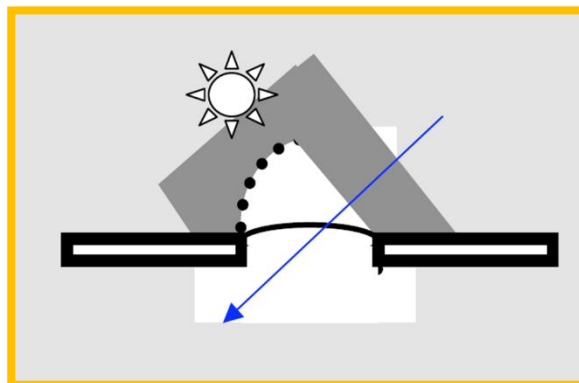


Figure 1-40 principes de protection solaire sur baies horizontales – source auteurs

### **I.6.5. Exemple complémentaire**

Groupe scolaire Jean-Louis Marquèze à France

#### **Présentation:**

**Architecte:** Lipa et Serge Goldstein

**Lieu:** France

**Surface:** 9200 m<sup>2</sup>

**Année:** 2009

**Latitude:** 48° au Nord

**L'altitude:** 65 m

**Le climat:** un climat océanique: C'est un climat où les étés sont généralement frais (avec une température moyenne de 14 à 20°C) et les hivers doux. Un climat océanique dégradé



Figure 1-41 photo qui précise le détail d'équipement.  
[www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

#### **Situation:**

L'équipement est situé dans une zone urbaine à caractère d'activité et résidentiel.



Figure 1-42 carte détermine la situation de l'équipement -google Earth

#### **Accessibilité :**

L'équipement est favorisé par un réseau de transport qui le rend accessible de tous les chemins.

**Plan de masse :**

- L'édifice prend plusieurs gabarits selon la fonction.
- L'édifice prend une seule forme compacte.
- l'équipement favorise deux accès principaux piétons et un secondaire, et à son proximité un accès de service.

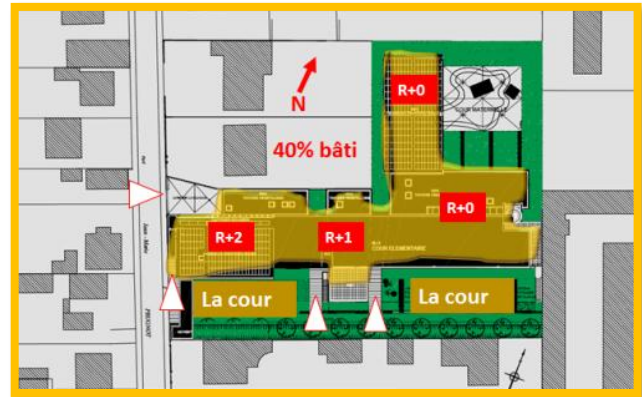


Figure 1- 43 plan de masse du lycée. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Façade :**

- Un équilibre entre le plein et le vide au niveau de la façade, et les fenêtres en longueur.
- Une intégration des panneaux photovoltaïques au niveau de la façade avec des grilles pour l'ombrage.
- au niveau de la façade principale nous remarquons l'absence des décrochements pour éviter les déperditions de chaleur.



Figure 1-44 Façades principales du lycée. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

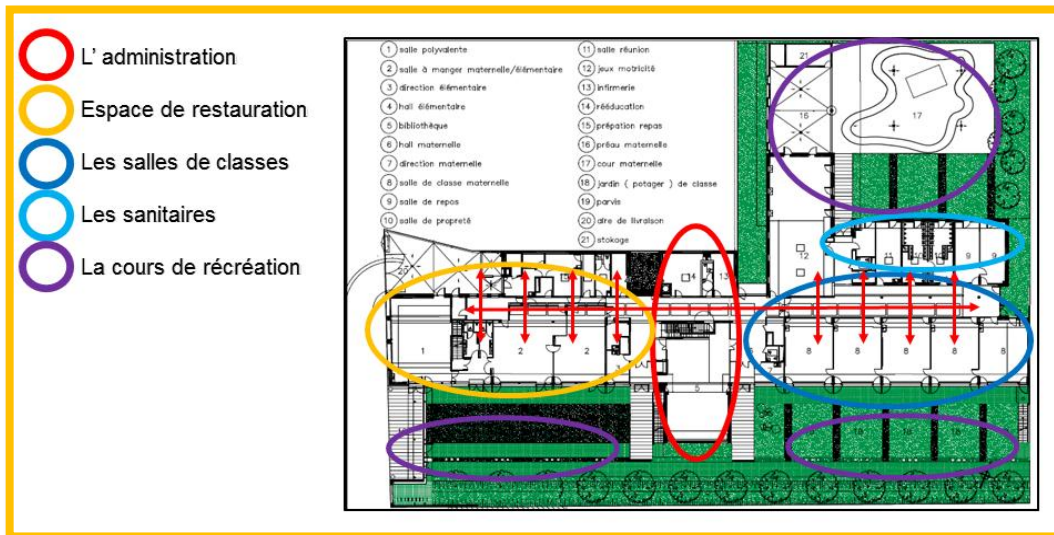


Figure 1-45 Organisation des espaces de l'équipement. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

L'organisation est linéaire, les salles de classes sont regroupées.

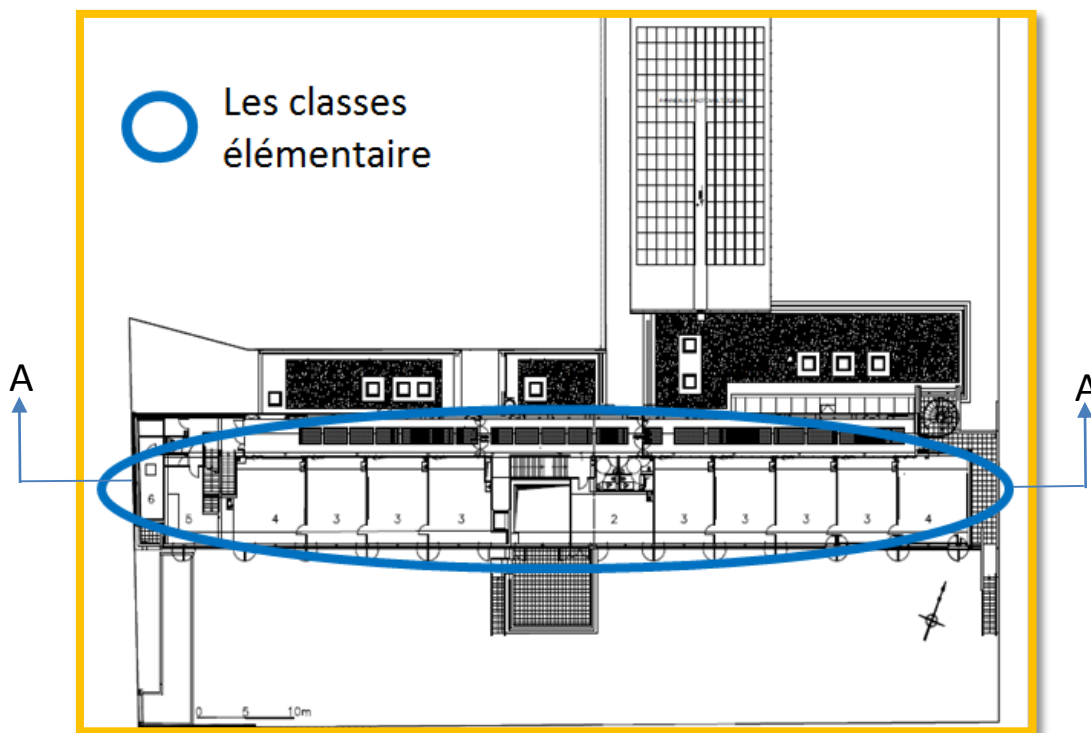


Figure 1-46 classe élémentaire au 1<sup>er</sup> étage. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

Le 1<sup>er</sup> étage abrite les classes élémentaire le 2<sup>ème</sup> étage c'est une partie courante de l'étage, l'organisation est linéaire.

**Aspect de durabilité de l'équipement:**

**La lumière naturelle:**

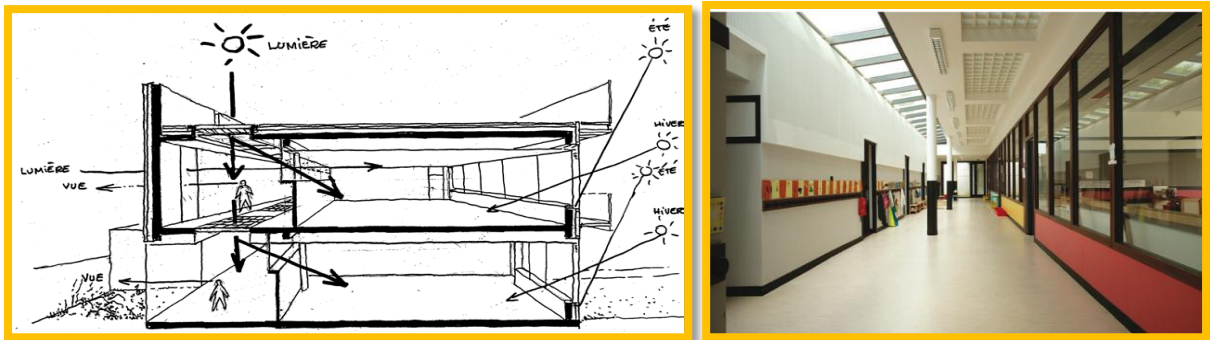


Figure 1-47 Schéma et photo qui précise le principe générale de l'éclairage naturel. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

L'architecte a utilisé des voutes en aluminium perforé pour l'éclairage zénithal de la salle de motricité.

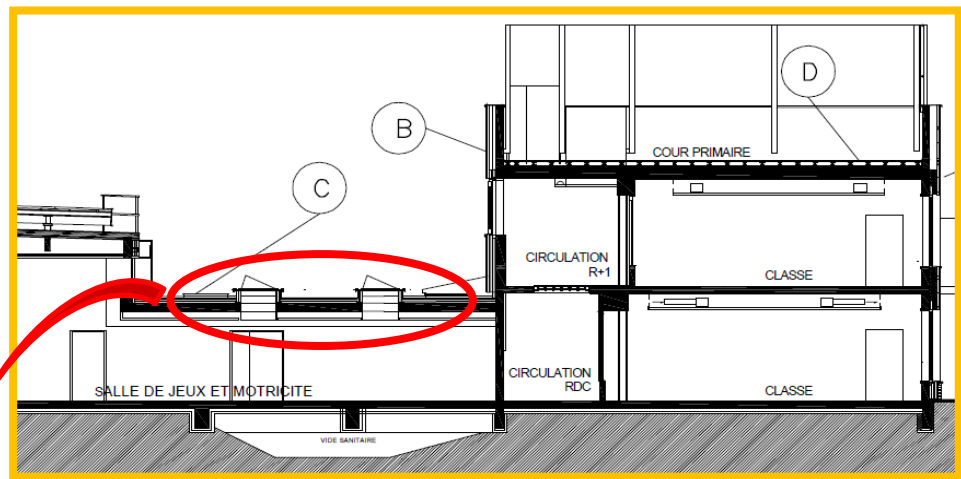


Figure 1-48 Coupe A-A sur La Salle de motricité. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

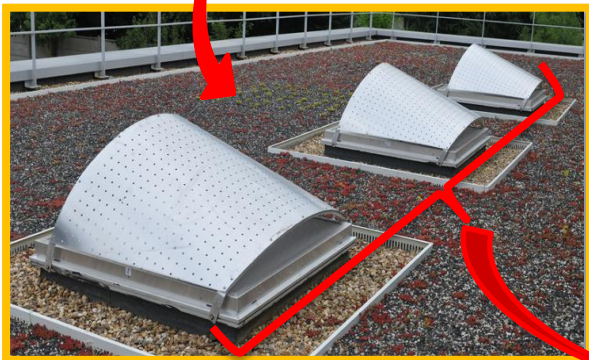


Figure 1-49 Voutes en aluminium. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

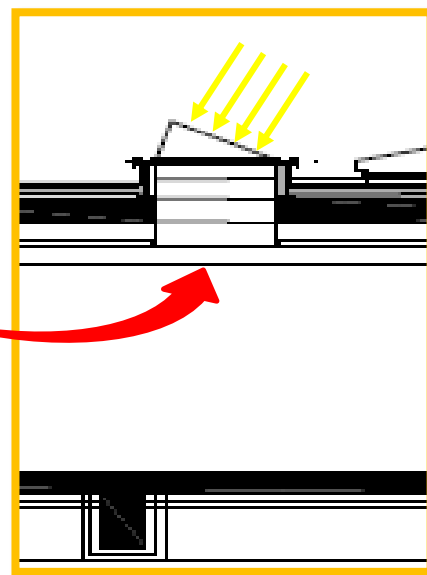


Figure 1-50 coupe de voute aluminium. [www.ArchDaily.com](http://www.ArchDaily.com)

**Synthèse :** (Source auteur)

D'après l'analyse des exemples on a conclu que le lycée doit répondre à plusieurs critères tel que :

<b>Situation et accessibilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dans une cité résidentielle.</li> <li>- Accessibilité facile.</li> </ul>
<b>Plan de masse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'implantation du projet d'une façon qui assure un espace privé pour la cour de récréation.</li> <li>- La création des plusieurs accès afin de faciliter l'accessibilité au projet.</li> <li>- localisation des parkings en périphérie du projet.</li> <li>- l'espace extérieure est un espace complémentaire au projet.</li> <li>- hiérarchisation des parcours extérieurs.</li> </ul>
<b>Volume et façade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumétrie riche présente l'architecture spécifique du projet.</li> <li>- L'utilisation de système sur pilot pour libérer l'espace.</li> <li>- Les décrochements pour assurer l'éclairage naturel.</li> <li>- une bonne exposition de la façade principale.</li> <li>- L'équilibre entre le plein et le vide qui assure l'harmonie.</li> <li>- variété de gabarie.</li> </ul>
<b>Organisation interne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hiérarchisation des espaces et des parcours intérieurs.</li> <li>- distribution linéaire droite latérale ou bilatérale.</li> <li>- Regroupement des salles de classes pour assurer la bonne circulation.</li> <li>- La transparence au niveau des salles de classes afin de bénéficier de la lumière naturelle.</li> </ul>

**I.6.1. Les critères de choix des exemples:**

Pour mieux comprendre le fonctionnement de lycée et la logique d'un projet durable et assimiler le programme du projet et pour approfondir la réflexion sur le projet à projeter on a essayé d'analyser un certain nombre d'exemples, à travers quelques critères :

	Le programme	Le développement durable	Le climat
Ex 01: groupe scolaire lady bird johnson à Texas USA	Similaire avec notre programme	on peut inspirer l'aspect bioclimatique	Climat semi-aride
Ex 02: lycée campus Fangshan de pékin en chine	Similaire avec notre programme	on peut inspirer l'aspect bioclimatique	/
Ex 03 : Lycée de simpaixe en France	Similaire avec notre programme	on peut inspirer l'aspect bioclimatique	/
Ex complémentaire : groupe scolaire Jean-Louis Marquèze en France	Similaire avec notre programme	on peut inspirer l'aspect bioclimatique	/

Tableau 1-1 tableau des exemples – source étudiants

Le choix a été porté sur 04 exemples, les plus représentatifs :



Ex 01 : Groupe scolaire lady bird johnson-Texas USA



Ex 02 : Lycée de pékin-chine



Ex 03 : Lycée simpaixe carnot HQE professionnelle-france



Ex complémentaire : Groupe scolaire Jean-louis Marquèze-France

## II.1. Introduction

Quand on parle de l'architecture et l'environnement, on parle de la liaison qui existe entre l'architecture et le climat, entre l'homme et la nature, liaison qui date de l'âge de pierre ou l'homme des cavernes a su choisir ses grottes en fonction de l'orientation du soleil et a su se protéger en s'opposant à la direction du vent.

## II.2. Définitions :

### 1- Définition de l'environnement :

L'environnement est l'ensemble des éléments qui constituent le voisinage d'un être vivant ou d'un groupe d'origine humaine, animale ou végétale et qui sont susceptibles d'interagir avec lui directement ou indirectement. C'est ce qui entoure, ce qui est aux environs.

### 2- Définition de l'architecture et l'environnement :

Elle est définie comme le mode de conception architecturale qui recherche la meilleure adéquation possible entre le climat, le bâtiment et le confort de l'occupant. Elle permet :

- ✓ de participer au confort et à la santé des usagers.
- ✓ de réduire les besoins énergétiques en s'adaptant au climat environnant.

([www.urcaue-idf.archi.fr](http://www.urcaue-idf.archi.fr))

L'architecture et l'environnement est une Conception Architecturale qui provient essentiellement d'une réflexion sur les rapports entre l'espace construit, l'être humain et son environnement. ([www.coduform.be/pdf](http://www.coduform.be/pdf)).

## II.3. Les principes l'architecture bioclimatique :

**L'architecture bioclimatique s'appuie sur des principes :**

### 1- **Implantation et orientation :**

Le projet sera orienté au sud en exposant au rayonnement solaire un grand nombre de surfaces vitrées. On s'abritera des vents de Nord, derrière un talus ou un écran végétal. On évitera d'implanter la maison au sommet d'une colline ou d'une crête où elle sera systématiquement balayée par les vents, mais on choisira une implantation à flanc de coteau.



Figure 2-1 site d'implantation préféré. [www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php](http://www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php)

## 2- des Formes compactes :

Afin de limiter les déperditions, l'enveloppe du bâtiment doit être la plus compacte possible. C'est à dire qu'il faut minimiser les surfaces en contact avec l'extérieure ».

## 3- L'isolation :

L'isolation thermique est un complément primordial au bon fonctionnement de la construction bioclimatique. Placée à l'intérieur du bâtiment, seul le volume d'air est chauffé, la structure (murs et planchers) reste froide. A l'inverse, placée à l'extérieur comme une seconde peau, elle permet de conserver une bonne inertie et supprime les ponts thermiques.

## 4- Des plantes :

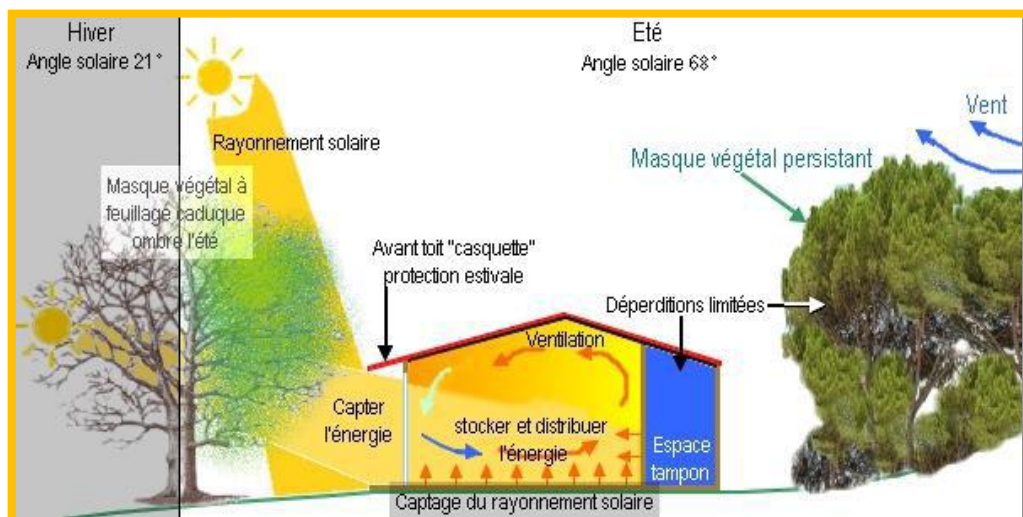


Figure 2-2 Rôle d'implantation des plantes. [www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php](http://www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php)

### Des plantes disposées aux endroits appropriés :

- Des arbres à feuilles caduques du côté Sud limitent la pénétration du soleil en été.
- Des arbres à feuille persistants plantés du côté Nord protègent du vent.

- Rôle de la végétation c'est de créer un microclimat par :
  - L'humidification des vents secs.
  - Créer l'ombre en été.
- **Eviter les masques et ombres portées :**



Figure 2-3 Les masques et l'ombres portées. [www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php](http://www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php)

## **II.4. Le confort :**

### **II.4.1. Définition du confort :**

Le confort est une notion étroitement liée à la sensation de bien-être et qui ne possède pas de définition absolue.

Il est défini comme étant une notion subjective qui résume tout un ensemble de sensation : le confort thermique consiste à n'avoir ni chaud, ni trop froid, le confort aéraulique assure une qualité de l'air intérieur acceptable ou mieux, agréable, le confort visuel garantit un environnement bien visible et agréable aux yeux, et le confort acoustique consiste en un environnement pas trop bruyant et dans lequel les sons utiles sont clairement audibles. (Claude Alain Roulet., 2010)

### **II.4.2. Les types de confort :**

#### **II.4.2.1. Confort visuel :**

**Définition :** Le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la distribution et à la qualité de la lumière. [Liébard, A. et De Herde, A., 2005]

L'environnement visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.

**Les paramètres du confort visuel** pour lesquels l'architecte joue un rôle prépondérant sont:

- a) Le niveau d'éclairément de la tâche visuelle.
- b) Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace.
- c) Les rapports de luminance présents dans le local.
- d) L'absence d'ombres gênantes.

- e) La mise en valeur du relief et du modelé des objets.
- f) Une vue vers l'extérieur.
- g) Un rendu des couleurs correct.
- h) Une teinte de lumière agréable.
- i) L'absence d'éblouissement.
- j) Absence de tache solaire.



Figure 2-4 Les paramètres de confort visuel. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005.

### La stratégie de l'éclairage naturel (confort visuel) :

Elle vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera aussi à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel.

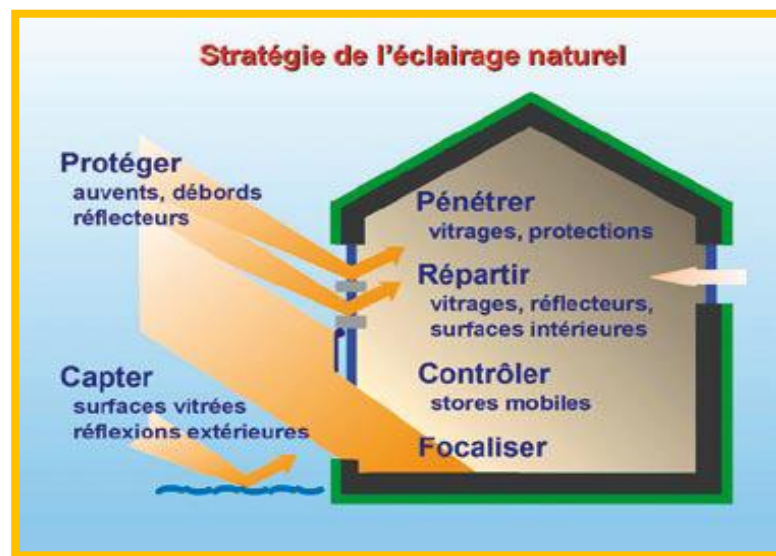


Figure 2-5 stratégies de d'éclairage naturel. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005.

**Capter :**

Une partie de la lumière du jour est transmise par les vitrages à l'intérieur du bâtiment. La quantité de lumière captée dans un local dépend de la nature et du type de paroi vitrée, de sa rugosité, de son épaisseur et de son état de propreté.



Figure 2-6 Puits de lumière. Source : [www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)

**Pénétrer :**

La pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différents non seulement suivant les conditions extérieures mais aussi en fonction de l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. L'éclairage bilatéral fournit une lumière plus uniforme.



Figure 2-7 pénétration de la lumière. Source : Reiter, S. et De Herde, A., 2003.

**Répartir :**

La lumière se réfléchit d'autant mieux sur l'ensemble des surfaces intérieures des locaux que le rayonnement ne rencontre pas d'obstacles dus à la géométrie du local ou au mobilier, et que les revêtements des surfaces sont mats et clairs. Elle peut également être diffusée par le type même du vitrage utilisé (translucide) ou par des systèmes de réflecteurs, qui permettent à la lumière de gagner le fond du local.

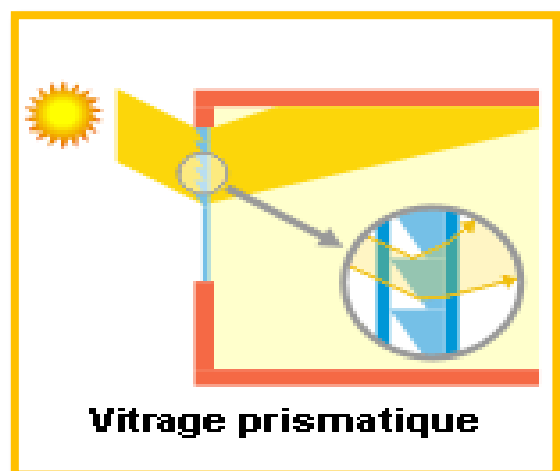


Figure 2-8 vitrage prismatique. Source : Reiter, S. et De Herde, A., 2003.

**Protéger et contrôler :**

La pénétration excessive de lumière naturelle peut être une cause de gêne visuelle (éblouissement, fatigue). Elle peut se contrôler par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou light shelves, débords de toiture...etc.) associés ou non à des écrans mobiles (marquises, volets, persiennes ou stores).



Figure 2-9 éléments de contrôle amovibles. Source : [www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)



Figure 2-10 éléments de contrôle amovibles. Source : [www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)

**Focaliser :**

Il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou un objet particulier. Un éclairage zénithal - ou latéral haut - crée un contraste lumineux important avec l'éclairage d'ambiance, moins puissant. Un atrium au centre d'un bâtiment permet aussi à la lumière du jour de mieux pénétrer dans le bâtiment tout en créant un espace de circulation et de repos attrayant. Des bâtiments hauts et profonds peuvent ainsi recevoir la lumière naturelle en leur cœur par le biais de conduits lumineux.



Figure 2-11 Atrium. Source : [www.miamiresidence.com](http://www.miamiresidence.com)

### II.4.2.2. Confort thermique :

**Définition :** Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.

**Les paramètres du confort thermique :**

- Le métabolisme.
- L'habillement.
- La température ambiante de l'air.
- La température moyenne des parois.
- L'humidité relative de l'air.
- La vitesse de l'air.

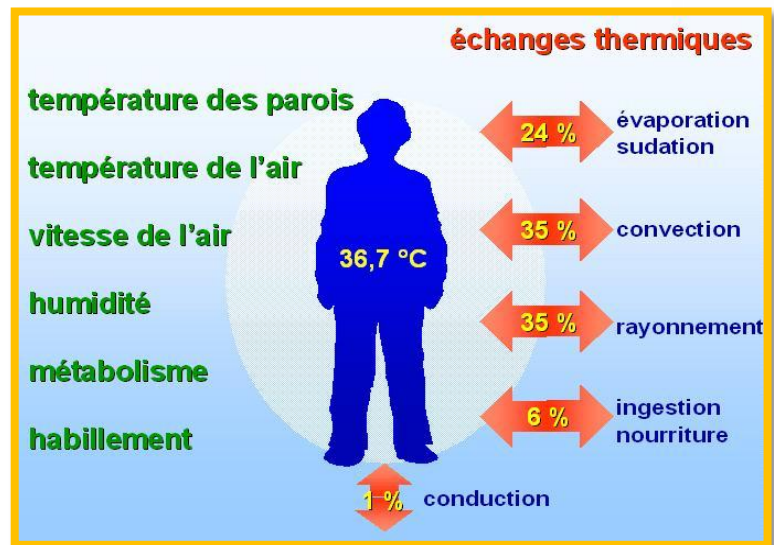


Figure 2-12 Les paramètres de confort thermique. Source : Liébard, A. et De Herde, A., 2005.

**Les stratégies de confort thermiques :**

a) **Confort d'hiver (Stratégie du chaud) :**

1. Capter
2. Stocker
3. Distribuer
4. Conserver.

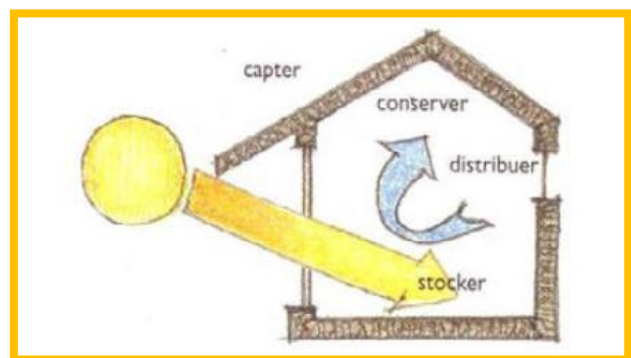


Figure 2-13 stratégies du chaud (en hiver).  
[www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)

**b) Confort d'été (Stratégie du froid) :**

1. Protéger
2. Dissiper

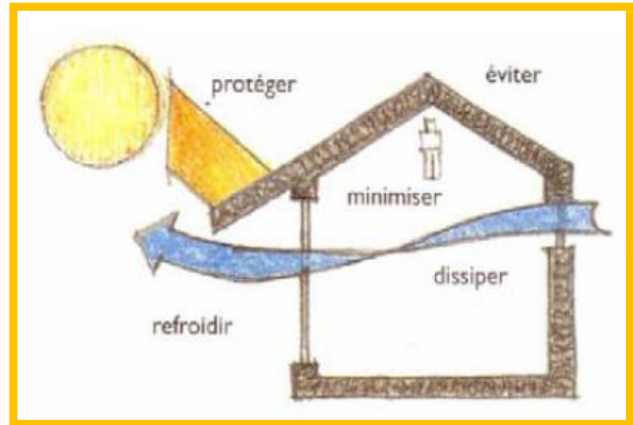


Figure 2-14 stratégie du froid (en été)  
[www.energie.arch.ucl.ac.be](http://www.energie.arch.ucl.ac.be)

**c) stratégie de la ventilation naturelle :**

La ventilation naturelle est une des stratégies de rafraîchissement les plus anciennes. Ventiler un bâtiment résulte d'un échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur à un taux varié. Ce remplacement de l'air intérieur chaud par l'air extérieur froid est la source du rafraîchissement du bâtiment.

Différents dispositifs permettent d'optimiser la ventilation naturelle :

- Exposer les façades aux vents dominants des mois les plus chauds.
- Eloigner le bâti des obstacles à l'écoulement du vent.
- Protéger l'enveloppe du bâti des rayonnements solaires.
- Dimensionner les ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieurs.
- Anticiper l'aménagement intérieur afin que les circulations d'air soient canalisées avec un minimum de frottements.

**Les types de la ventilation naturelle :**

On distingue trois grands types de système de ventilation naturelle :

1. Ventilation par simple exposition.
2. Ventilation traversante.
3. Ventilation par tirage thermique.

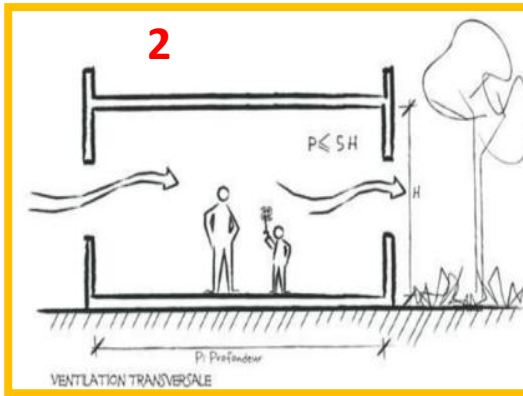


Figure 2-16 schéma représente la ventilation traversante. Source : Guide ICEB-ARENE

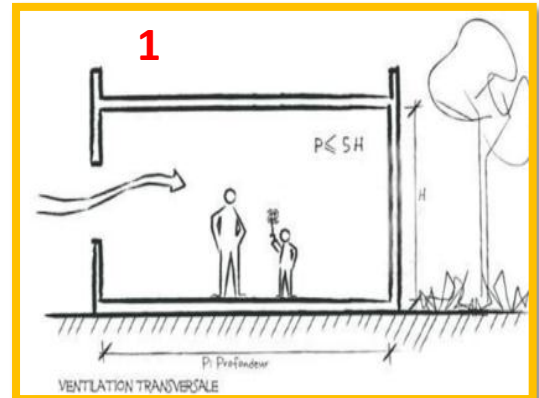


Figure 2-16 schéma représente la ventilation simple exposition. Source : Guide ICEB-ARENE

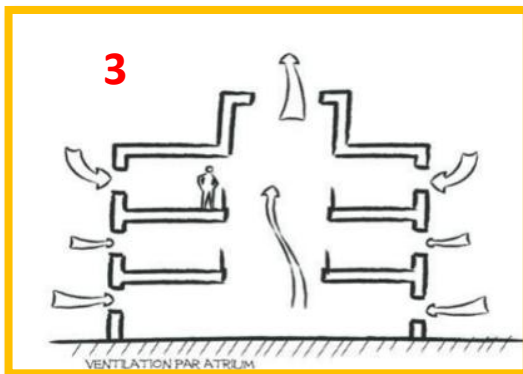


Figure 2-15 schéma représente la ventilation par atrium. Source : Guide ICEB-ARENE

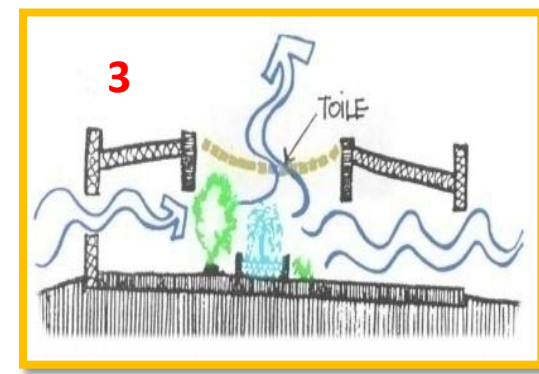


Figure 2-17 schéma représente le rafraîchissement par évaporation. Source : Guide ICEB-ARENE

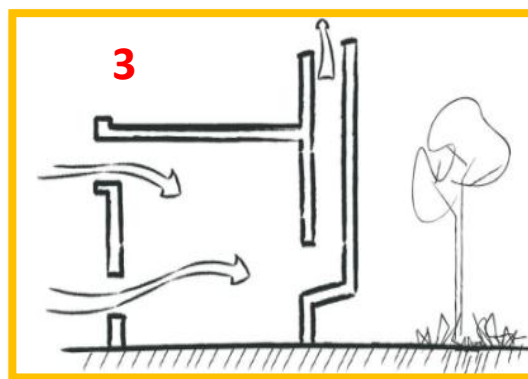


Figure 2-18 schéma représente la ventilation par effet de cheminée Source : Guide ICEB-ARENE

**Synthèse :**

D'après cette approche, on a conclu que la dimension bioclimatique doit répondre à plusieurs critères :

<b>Plan de masse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>L'utilisation de la végétation :</b> Des arbres à feuilles caduques du côté Sud limitent la pénétration du soleil en été. Des arbres à feuilles persistants plantés du côté Nord protègent du vent.</li> <li>- <b>L'utilisation de L'eau pour :</b> humidifier et refroidir naturellement l'air extérieur.</li> </ul>
<b>Volumétrie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>l'orientation :</b> doit être étudiée de façon à bénéficier et protéger des effets des variables climatiques (une bonne orientation des lieux d'apprentissage (Nord) afin de profiter le maximum d'éclairage naturel).</li> <li>- <b>Volume et façade :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation des décrochements et des espaces clos (patio) pour créer l'ombre et profiter de la lumière indirecte.</li> <li>- L'utilisation des longues et larges fenêtres (ces fenêtres sont généralement moins éblouissantes que les fenêtres prolongées verticalement et étroites).</li> <li>- Assurer la transparence et contrôler la pénétration de la lumière en utilisant des types de vitrage étudiés « vitrage prismatique ».</li> <li>- Se protéger de l'éblouissement par des protections fixes ou mobile, avancée de toiture, l'utilisation des serres ...etc.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Dispositif d'éclairage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation de l'éclairage bilatéral dans les classes pour avoir une lumière uniforme (homogène).</li> <li>- L'utilisation des dispositifs d'amélioration de la quantité d'éclairage pour un éclairage uniforme et bien distribué.</li> </ul>

### III.1. Introduction :

Maîtriser les potentialités et les données climatiques d'une ville, y compris le site du projet ses caractéristique, son évolution nous offre des avantages tels que :

- Choisir la forme adéquate pour le projet.
- Un projet qui s'intègre parfaitement avec son environnement.
- Intégrer la solution bioclimatique.
- Exploiter les énergies renouvelables.

Cette approche étudie le contexte du projet à travers les trois échelles :

- territoriale.
- urbaine
- locale

### III.2. Échelle territoriale:

#### III.2.1. Situation géographique de Laghouat:

Laghouat est située au piémont de l'atlas saharien de la côte nord à une altitude de 760 m, constituant la liaison entre le nord et le sud du pays, elle est considérée comme la porte du Sahara. Elle est définie par les coordonnées (latitude de 33 ° 46' N et longitude de 2° 56' E) Le relief de la région est en général avec une faible pente de 0,1 % à 4 %.



Figure 3-1 Situation géographique de la ville de Laghouat Source : encarta 2009

#### III.2.2. Situation territoriale :

La wilaya Laghouat partage ces limites avec deux wilayas du haut plateau (Tiaret et Djelfa) et deux autres du sud qui sont (El Bayadh et Ghardaïa).

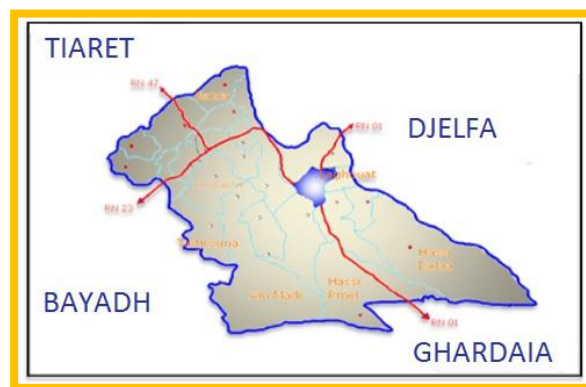


Figure 3-2 Les limites de la wilaya. Source encarta 2009

### III.2.3. Accessibilité de la ville

#### ❖ Infrastructure routière

- la route nationale N° 01.
- la route nationale N° 23.

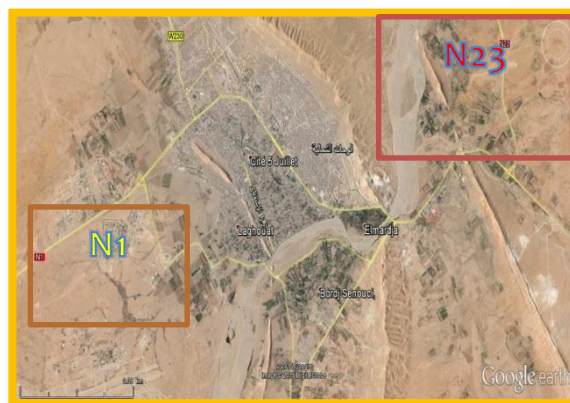


Figure 3-3 La situation géographique de LAGHOUAT  
-Google Earth

### III.2.4. Etudes climatiques :

Sur le territoire Algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A.B.C et D). La zone Laghouat se trouve dans la zone D appelée la zone pré Sahara et Sahara (Mazouz. S., 2004).

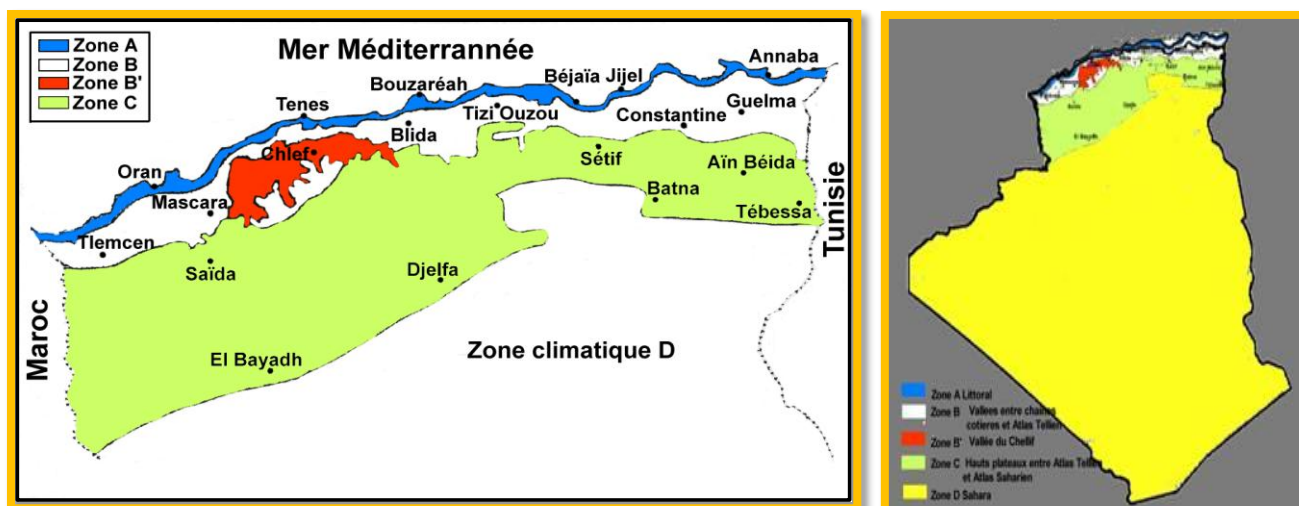


Figure 3-4 Découpage des zones climatique source : [www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org)

#### III.2.4.1. le climat lumineux de Laghouat :

La ville de Laghouat se caractérise par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 42 kilo lux et la dominance du ciel clair (la troisième zone).

#### - Le type de ciel :

La zone se caractérise par un ciel clair régnant pendant presque toute l'année. Cependant les jours nuageux sont rares. Le soleil dominant a un impact majeur sur les aspects thermique, énergétiques et lumineux.

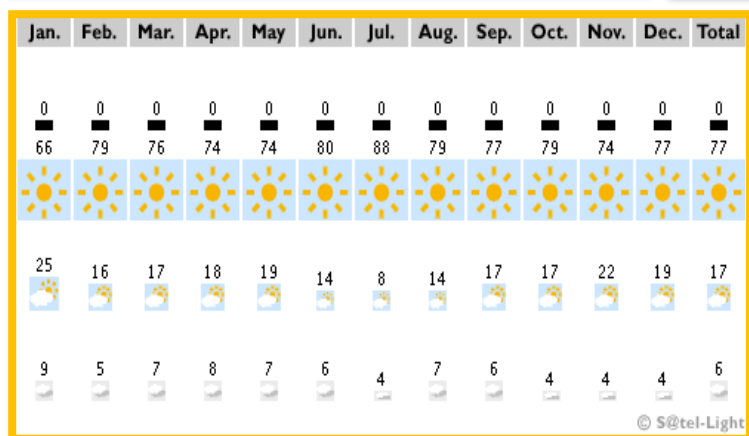


Figure 3-5 fréquences des ciels ensoleillés, intermédiaires et nuageux.  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012

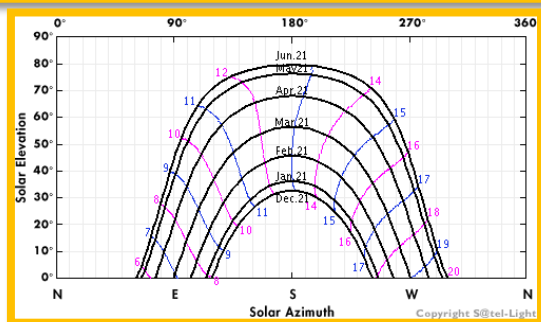


Figure 3-6 diagrammes solaire 1er Semestre  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012

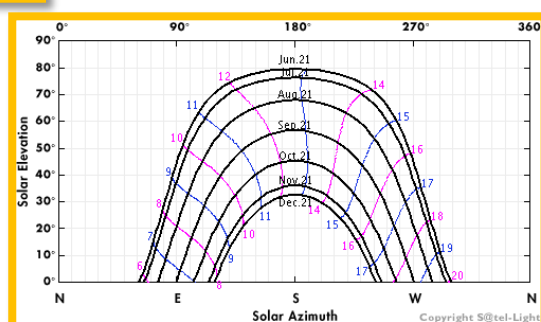


Figure 3-7 diagrammes solaire 2ème Semestre  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012

**III.2.4.2. La température:**

Laghout est connue par un été très chaud avec des températures moyenne max pouvant atteindre jusqu'à 31,8°C en période estivale et un hiver est très rigoureux, la température moyenne min descend jusqu'à 8,5°C.

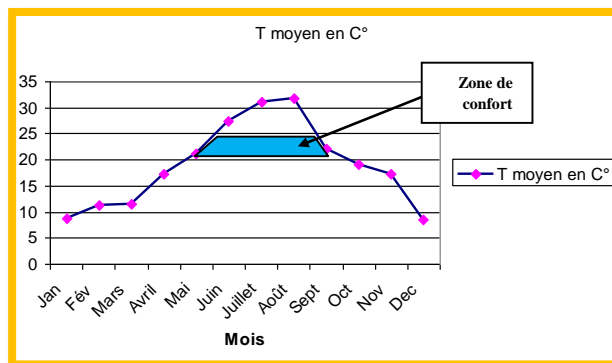


Figure 3-8 Courbe de température annuelle.  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T en (C°)	8,75	11,25	11,5	17,3	21	28	31	31,8	22	19	17,25	8,5

Tableau 3-1 tableau de température annuelle.  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012.

**III.2.4.3. Humidité relative :**

Dans le mois de Janvier on enregistre le taux d'humidité relative le plus élevé (68,2%), et le plus bas (26,4%) pendant le mois de juillet.

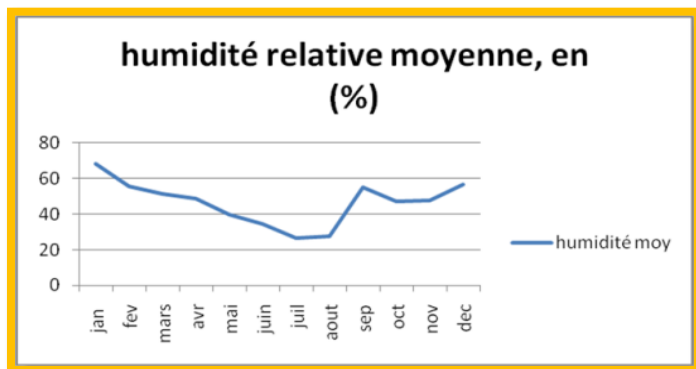


Figure 3-9 Courbe de l'humidité annuelle.  
Source: thèse Mokeddem. M., 2012.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Hr en (%)	68,2	55,6	51,5	48,4	39,4	34,1	26,4	27,2	55	47,1	47,4	56,5

Tableau 3-2 L'humidité de la ville de LAGHOUAT.  
Source : thèse Mokeddem. M., 2012

**III.2.4.4. Les vents :**

Les vents dominants à Laghouat soufflent de l'ouest, mais aux changements de saisons la fréquence du vent est tout aussi importante du sud-ouest. Il y a très peu de vent d'orientation nord-ouest et presque nul au sud-est. Le siroco souffle 65-70 jours par an à partir du mois de mai, il est fréquent du côté nord et ouest, Le chehili venant du sud, souvent violent et sa vitesse varie de 15 à 30M/S. et de direction sud-ouest fréquence 687heures/mois.

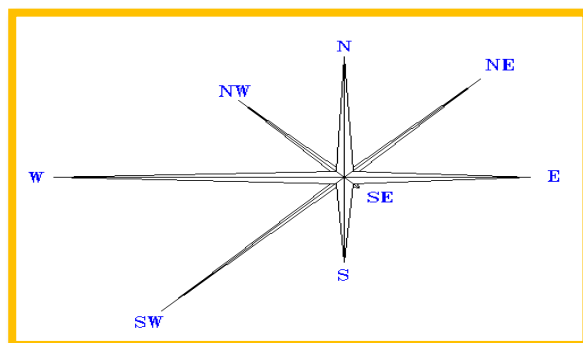


Figure 3-10 Rose des vents de la ville de Laghouat.  
Source : thèse Mokeddem. M., 2012.

### III.3. Echelle urbaine

Laghouat tire son nom du mot « ghout » qui signifie maisons et ksour entourés de jardins, d'après Ibn Khaldoun une autre explication est avancée, Laghouat et le nom d'une tribu berbère Maghraoua appelée « Laghouat » ou « Béni El Agouant » qui habitait la région.

#### III.3.1. Synthèse de différentes phases de développement de la ville :

La ville de Laghouat a connu plusieurs phases de développements urbains.

- **la 1ère phase** : l'ancienne ville.
- **la 2ème phase** : les lotissements et les Z.H.U.N 01 et Z.H.U.N 02. Après le dédoublement de la ville par un axe structurant RN01.
- **la 3ème phase**: lotissements de l'OASISNORD. et des nouveaux quartiers.
- **la 4ème phase** : l'extension vers l'Ouest et l'apparition des nouveaux lotissements tels que WEAM.
- **la 5ème phase** : future extension.

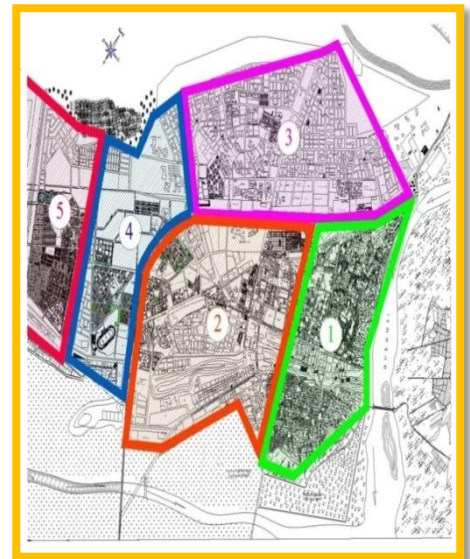
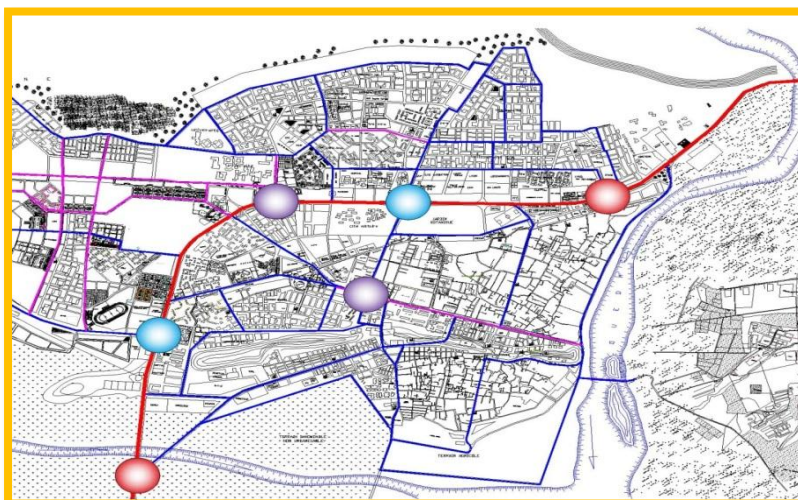


Figure 3-11 Les différentes phases de développement urbain de la ville.  
Source : (P.D.A.U) de Laghouat révision 2008.

#### III.3.2. le système routier:

L'analyse de la structure urbaine démontre que la majorité des voies et nœuds majeurs se trouvent sur et à proximité de RN1.



##### Les nœuds :

- Les nœuds majeurs.
- Les nœuds mineurs.
- Les nœuds d'accès.

##### LES VOIES

- Voie principales la RN1.
- Voies secondaires (existant).
- Voies secondaires

Figure 3-12 systèmes routiers.  
Source : P.D.A.U Laghouat, révision 2008

### III.4. Echelle locale

#### III.4.1. Situation :

Le site se situe dans la partie sud-ouest de la ville dans une zone résidentielle et dans le tissu nouveau.



Figure 3-13 la situation de site d'intervention – source Google Earth, auteur

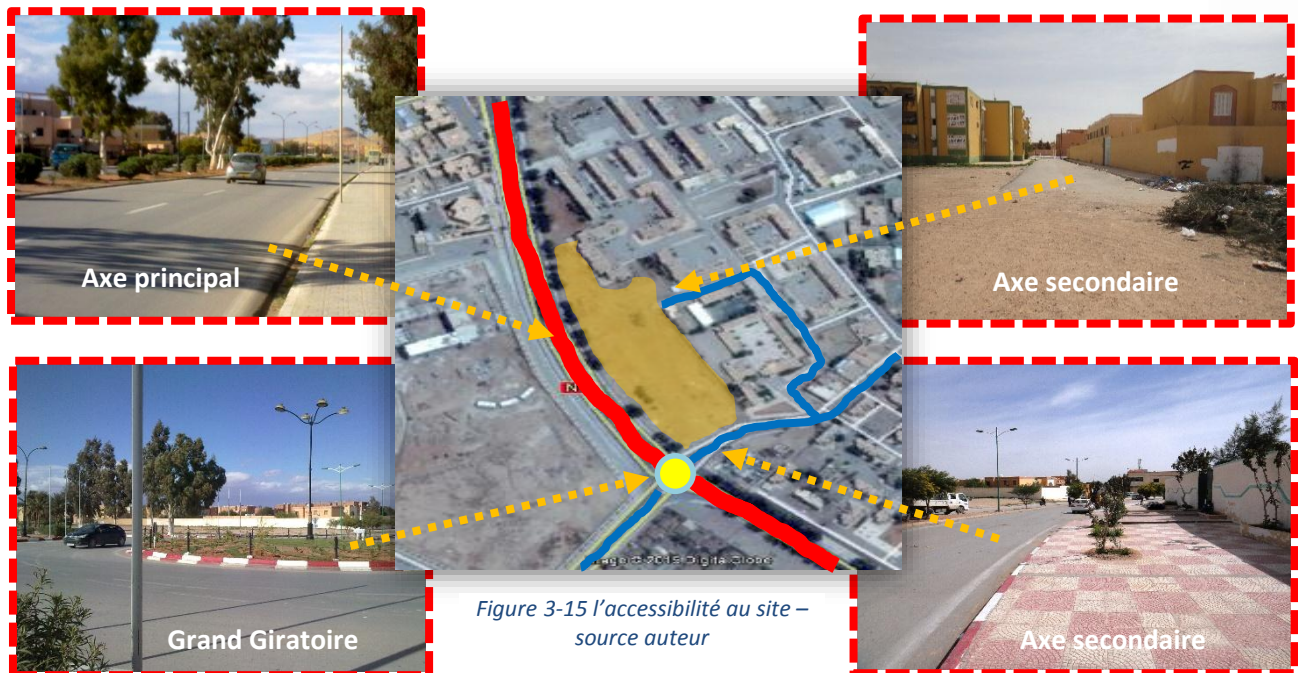
#### III.4.2. L'environnement immédiat :

Le site est limite au : **Nord:** cité 600 logs, **Sud:** cité l'Amel (sonatrach), **Est:** CEM de MED SOUFARI, **Ouest:** par siège de wilaya et OPGI.



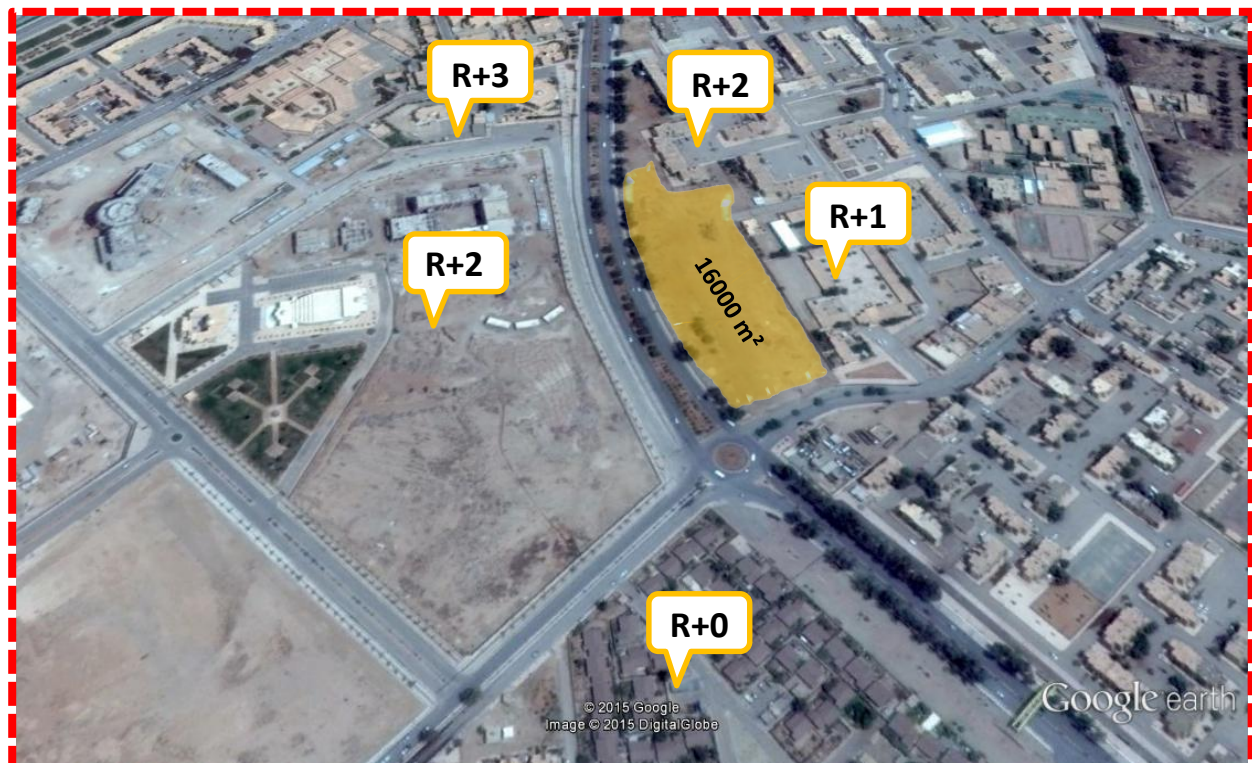
Figure 3-14 Les points de repère et les limites de site -source auteur

### III.4.3. L'accessibilité :



### III.4.4. Caractéristiques du site :

- Le terrain est plat.
- La forme de terrain est d'une forme rectangulaire.
- Les gabarits sont :  
Siège de wilaya (R+2), CEM (R+1), cité 600 logs (R+2), cité El Amel (R+0), OPGI (R+3).



### III.4.5. Vents et ensoleillement :

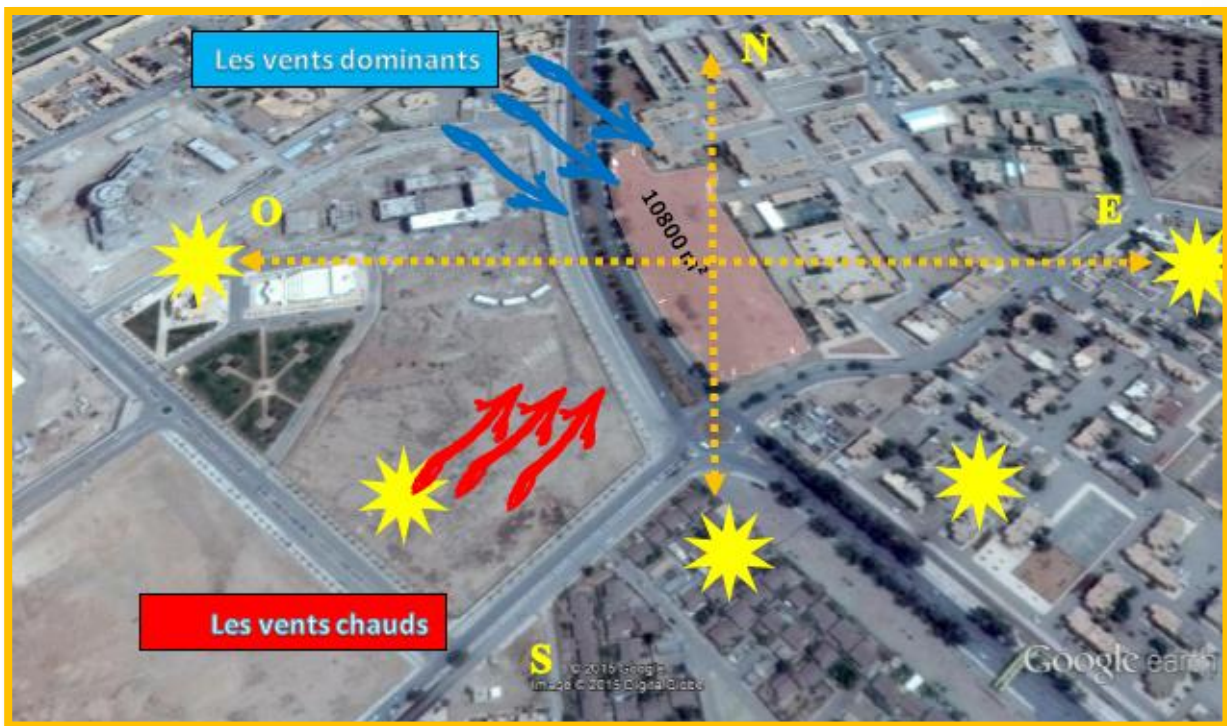


Figure 3-18 les vents et l'ensoleillement – source auteur

### Synthèse :

D'après l'étude de la ville et l'analyse du site on a conclu que :

- ✓ Le site d'intervention joue le rôle d'un noyau qui fait la liaison entre l'ancien et l'extension.
- ✓ Une situation stratégique offre une perspective qui invite à la découverte architecturale.
- ✓ L'utilisation des éléments qui représentent le patrimoine de la ville.
- ✓ Protection contre les bruits de la voie principale par :
  - Le retrait du projet.
- ✓ La conception de notre projet suit les trois variables climatiques :

#### **Température :**

- Utilisation des matériaux de grande inertie.
- Créer un micro climat assuré par le patio et les fenêtres les jets d'eau.

#### **L'ensoleillement:**

- les blocs doivent être bien orientés (Nord-Sud).
- L'utilisation des brises soleil.

#### **Vent :**

- la forme curviligne pour atténuer et distribuer la vitesse des vents

## IV.1. Introduction

« Le programme est le fruit d'une instruction· il détermine des exigences et des besoins de tous ordres, activités, surfaces, hauteurs, rapport de proximité et l'éloignement, qualité de lumière, de chauffage, de ventilation, de climatisation....mais il est aussi porteur d'élément symbolique » Patrick Byrne.

D'après la recherche et l'analyse des exemples que nous avons faits, on a pris de chaque exemple les idées et les éléments qui peuvent nous aider à entamer notre conception dans le cadre HQE.

## IV.2. Programme qualitatif

**IV.2.1. La situation** : le projet est situé dans un milieu urbain

**IV.2.2. L'accessibilité**: le projet doit assurer la facilité de l'entrée principale  
Les entrées :

- une entrée principale: doit être remarquable au niveau de la volumétrie,
- une entrée secondaire: éloignée de l'accès principale,
- une entrée de service: entrée mécanique pour les livraisons,



Figure 4-1 les entrées du projet. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## IV.2.3. Plan de masse:

- **L'espace non bâti** : aires de stationnements (ils doivent être localisés à la frontière du projet).
- **Les parcours extérieur** : qui sont les tracés et les trajets qui aident les gens à atteindre leur direction, ces parcours sont construits avec un pavage perméable pour la rétention des eaux pluviale.

- **La cour de récréation:** Les revêtements des sols extérieurs doivent être non glissants et peu abrasifs, ils ne doivent pas être générateurs de poussières.

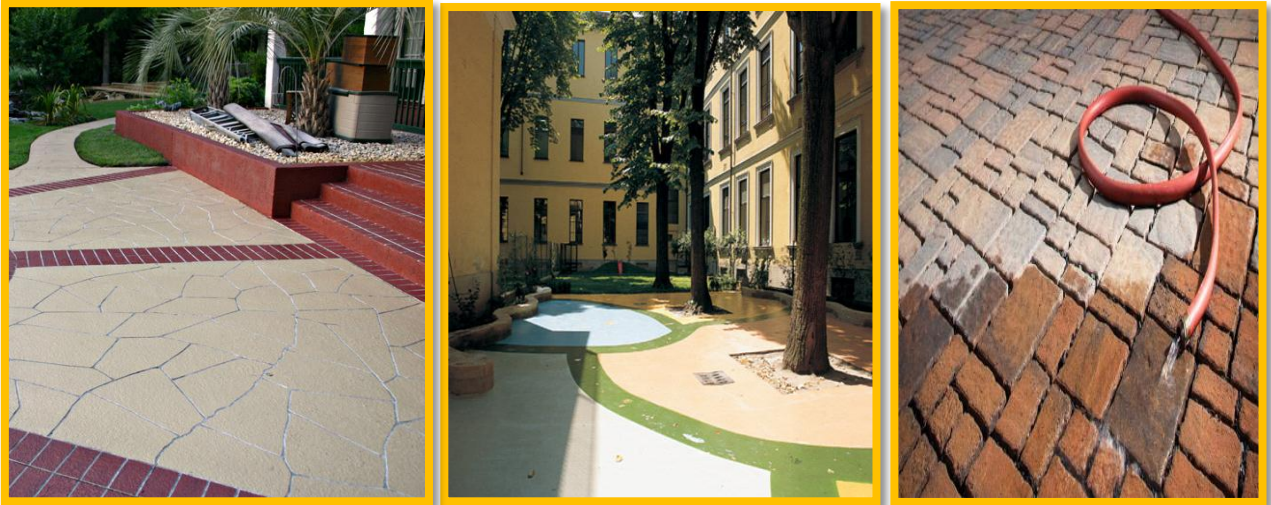


Figure 4-2 revêtements extérieurs du projet. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

#### IV.2.4. Volumétrie :

La volumétrie est fragmentée.

#### IV.2.5. L'espace intérieure:

##### - hall d'entrée:

Le hall d'entrée c'est l'espace qui accueille et rassemble les élèves, lie les couloirs entre eux.



Figure 4-3 Hall d'entrée. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

##### - la distribution horizontale (espace servant) :

Le couloir d'accès aux classes est régulier avec la circulation linière latérale ou bilatérale, éclairé par un éclairage zénithale indirecte.

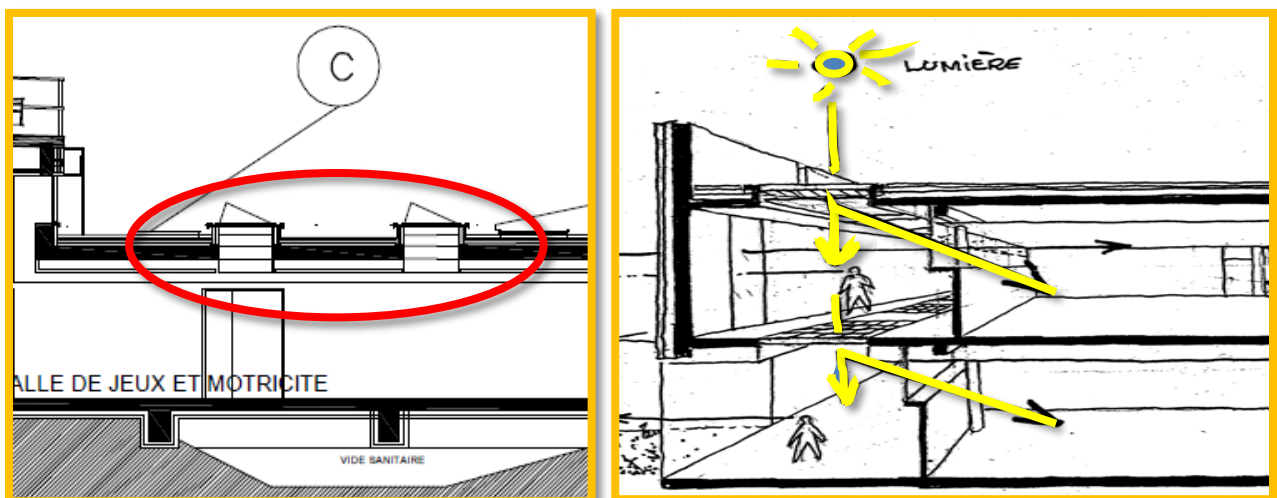
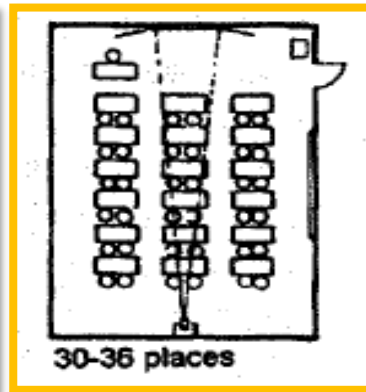
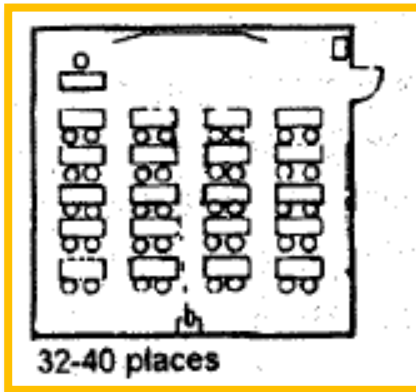


Figure 4-4 les couloirs du projet avec les idées d'éclairage. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

**Entité pédagogique :**

**- Les salles:**



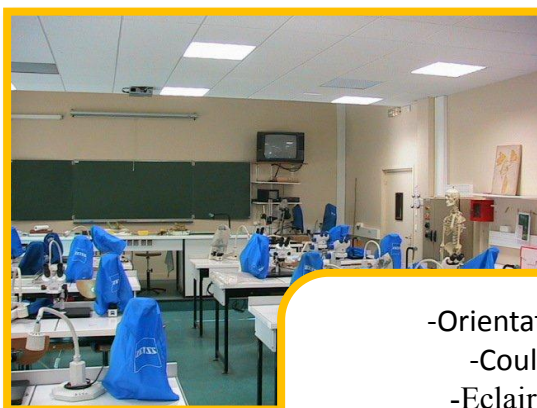
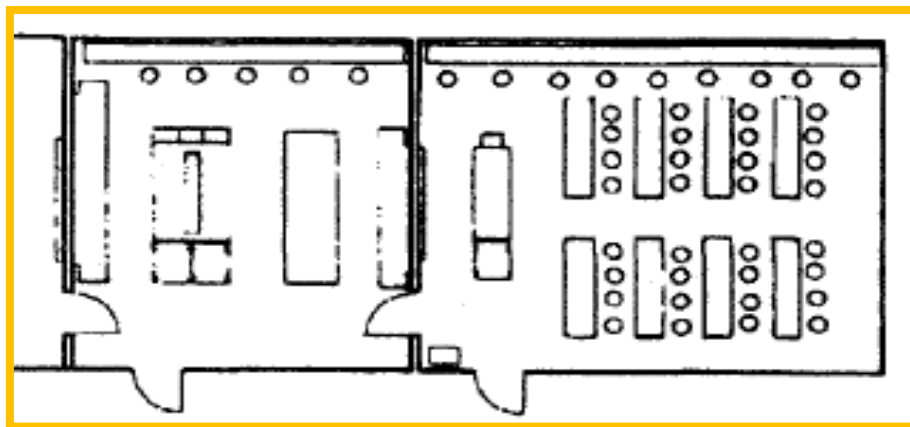
- Orientation Nord-Sud
- Couleur : claire
- Eclairage: **500 lux**
- Niveau acoustique: **30à50dB**
- Débit d'air : **18 m3/h/pers.**
- Confort thermique : **21à26 °C**

Figure 4-5 L'éclairage artificiel. Source (Roger Cadiergues. 1980)

- Salle de classe: les salles de classes (sont réglementées) ayant chacune 60m<sup>2</sup> pour 40 élèves (1,2m<sup>2</sup> à 1,5m<sup>2</sup>/élève) Forme carrée ou rectangulaire Largeur minimum d'un des côtés égale à 6,00m, et une hauteur libre de 2,70 à 3,40m

**- Les labos:**

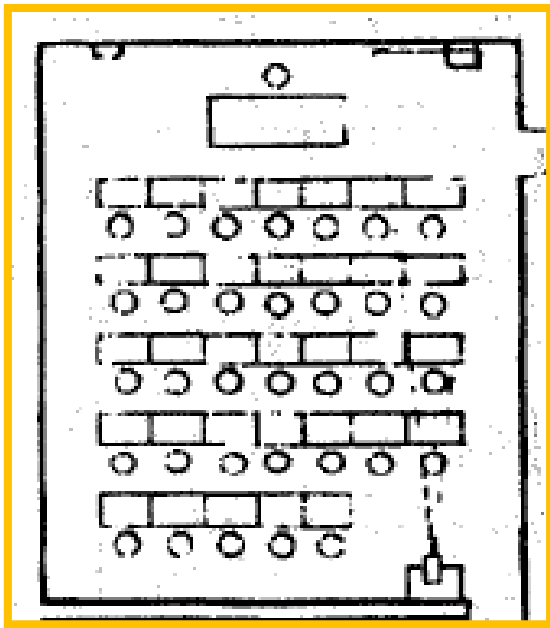
- Labos des sciences naturelles : c'est des locaux pour l'enseignement des sciences naturelles



- Orientation Nord-Sud
- Couleur : claire
- Eclairage: **500 lux**
- Niveau acoustique: **30à60dB**
- Débit d'air : **45 m3/h/pers.**
- Confort thermique : **21à26 °C**

Figure 4-6 L'éclairage artificiel. Source (Roger Cadiergues. 1980)

- **Labos des langues** : c'est des locaux pour l'enseignement des langues,



- Orientation Nord
- Couleur : claire
- Eclairage: **300 lux**
- Niveau acoustique: **30à60dB**
- Débit d'air : **45m<sup>3</sup>/h/pers.**
- Confort thermique : **21à26 °C**

Figure 4-7 L'éclairage artificiel. Source (Roger Cadiergues. 1980)

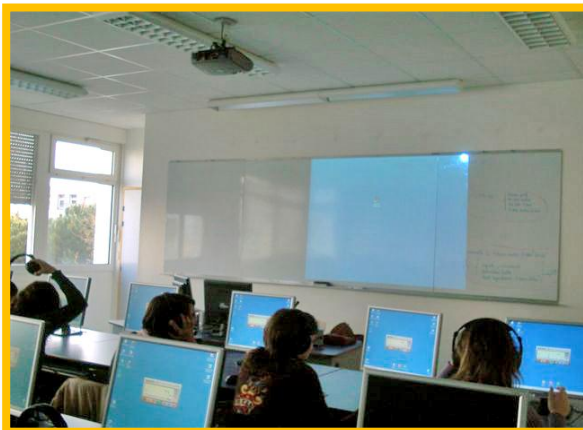


Figure 4-8 L'éclairage artificiel. Source (Roger Cadiergues. 1980)

- **Les Ateliers:**

- **Atelier de dessin** : c'est des locaux pour les dessins techniques,

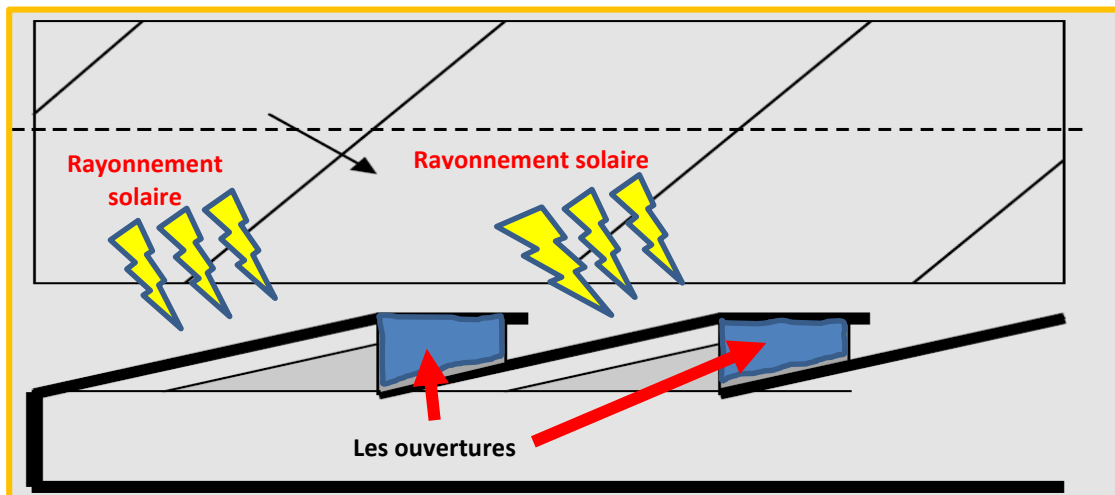
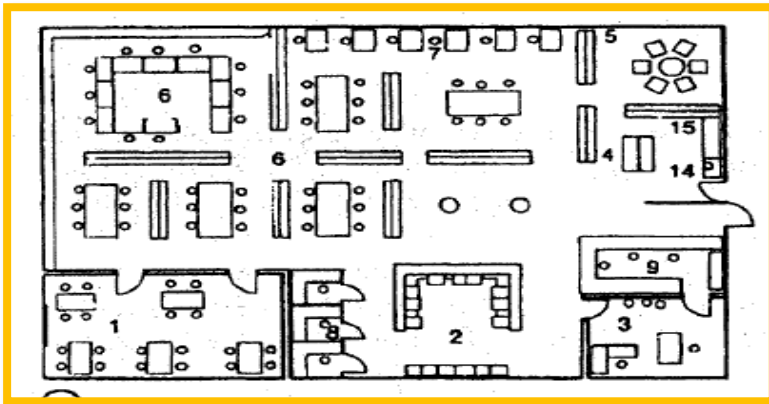


Figure 4-9 l'éclairage indirect d'atelier. Source auteur

**Bibliothèque:**

-**la salle de lecture:** c'est une salle qui contient le rayonnage des livres et des tables pour la lecture.

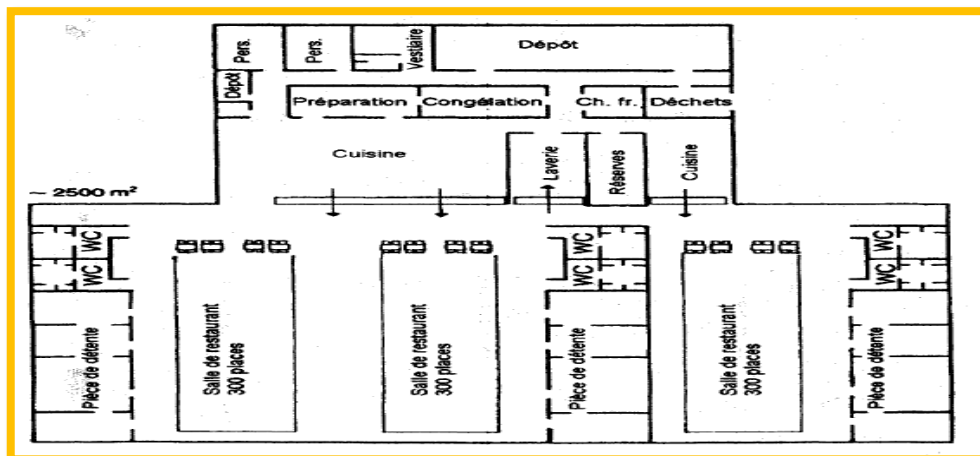


- **Bureau bibliothécaire:** c'est le responsable pour la gestion de la bibliothèque.

**-le réfectoire:**

-**la cuisine:** c'est un espace pour la préparation des repas.

-**Restaurant:** la salle de restaurant dépend du nombre d'élèves et du nombre de services: de 1,20 à 1,40 m<sup>2</sup> par place, enfin prévoir 1 lavabo à l'entrée pour environ 40 places.



- Orientation Nord-Sud
- Couleur : varies
- Eclairage: **300 lux**
- Niveau acoustique: **30à60dB**
- Débit d'air : **25 m3/h/pers.**
- Confort thermique : **21à26 °C**

Figure 4-11 L'éclairage artificiel. Source (Roger Cadiergues. 1980)

**La salle de sport:**

-le terrain: avec une forme rectangulaire régulière 15 x 27m, (1 salle de sport pour 10 a 15 classes)

-Le vestiaire

-Le dépôt



Figure 4-12 vestiaire, salle de sport.  
Source (Roger Cadiergues. 1980)

**La gestion « l'administration »:**

L'administration est le service qui s'occupe de la gestion générale du lycée et contient plusieurs espaces et bureaux :

- salle faisant fonction à la fois de salle de travail et de documentation pour les professeurs
- salle des professeurs
- bureau pour le directeur
- bureau pour le directeur-adjoint
- bureau pour le secrétariat
- infirmerie
- loge pour le gardien
- sanitaire

## IV.2. Programme quantitatif

Entité		L'espace		N°	la surface	Surface totale	
Pédagogique	Les Salles	Salle de classe		21	60m <sup>2</sup>	1260m <sup>2</sup>	
	Les laboratoire	Laboratoire des langues	Laboratoire des langues		5	65m <sup>2</sup>	500m <sup>2</sup>
			Locaux annexes			35m <sup>2</sup>	
		Laboratoire des sciences naturelles	-salle de TP		3	80m <sup>2</sup>	360m <sup>2</sup>
	-salle de préparation		40m <sup>2</sup>				
	Les ateliers	-dessin technique		1	120m <sup>2</sup>	256m <sup>2</sup>	
		- travaux manuel		1	120m <sup>2</sup>		
		-vestiaire		2	8m <sup>2</sup>		
						<b>Total= 2376 + 175,2 = 2851,2</b>	

Tableau 4-1 programme de l'entité pédagogique. Source auteur

Entité		L'espace		N°	la surface	Surface totale
Culturelle	Bibliothèque	bureau bibliothécaire		1	12m <sup>2</sup>	477m <sup>2</sup>
		salle de prêt		1	20m <sup>2</sup>	
		salle de stockage		1	40m <sup>2</sup>	
		salle polyvalente		1	100m <sup>2</sup>	
		espace de travail de groupe		1	150m <sup>2</sup>	
		vestiaire		1	10m <sup>2</sup>	
		Salle de tirage		1	25 m <sup>2</sup>	
		Salle de rayonnage		1	80 m <sup>2</sup>	
		Salle de restauration		1	40 m <sup>2</sup>	
	Médiathèque	Salle informatique		1	80m <sup>2</sup>	80m <sup>2</sup>
					<b>Total = 557 + 111,4 = 668,4 m<sup>2</sup></b>	

Tableau 4-2 programme de l'entité culturel. Source auteur

Entité		L'espace	N°	la surface	Surface totale
Gestion	Gestion	Salle de travail et de documentation pour les professeurs	1	100 m <sup>2</sup>	258m <sup>2</sup>
		Salle de réunion	1	60 m <sup>2</sup>	
		Bureau pour le directeur	1	20 m <sup>2</sup>	
		Bureau pour de gestion	1	18m <sup>2</sup>	
		Bureau pour le secrétariat	1	15 m <sup>2</sup>	
		Infirmierie	1	20 m <sup>2</sup>	
		Loge pour le gardien	1	15 m <sup>2</sup>	
		sanitaires	1	5m <sup>2</sup> H 5m <sup>2</sup> F	
		Bureau du censeur et secrétariat	1	30 m <sup>2</sup>	
		Bureau de conseil d'éducation	1	30 m <sup>2</sup>	
		Bureau de gestionnaire	1	30 m <sup>2</sup>	
		Salle d'archive	1	25 m <sup>2</sup>	

Tableau 4-3 programme de l'entité de gestion. Source auteur

**Total = 258 + 51.6 = 307,6 m<sup>2</sup>**

Entité		L'espace	N°	la surface	Surface totale
Activité	Sanitaires	-Sanitaires (F/G)	1	40m <sup>2</sup> F 40m <sup>2</sup> G	80m <sup>2</sup>
	Réfectoire	cuisine	2	80m <sup>2</sup>	953m <sup>2</sup>
		salle de restaurant	2	300m <sup>2</sup>	
		sanitaires	4	10m <sup>2</sup>	
		dépôt	1	40m <sup>2</sup>	
		déches	1	8m <sup>2</sup>	
		préparation	1	50m <sup>2</sup>	
		Chambre froide	1	15m <sup>2</sup>	
		Vestiaire	1	10m <sup>2</sup>	
		laverie	1	30m <sup>2</sup>	
	Cour	Cour de récréation	1	4000m <sup>2</sup>	4000m <sup>2</sup>
	Sportif	Salle de sport (couvert)	1	1000m <sup>2</sup>	2650m <sup>2</sup>
		les gradin	-	-	
		Vestiaire	2	10m <sup>2</sup>	
		Dépôt	1	30m <sup>2</sup>	
Terrain de sport (ouvert)		1	1600m <sup>2</sup>		

Tableau 4-4 programme d'annexes. Source auteur

**Total = 7683 + 1536,6 = 9219,6 m<sup>2</sup>**

**5266m<sup>2</sup> + 10986m<sup>2</sup>  
(espace de  
circulation)  
+ 2200m<sup>2</sup> =  
18452m<sup>2</sup>**

V.1. Introduction :

« L'architecture a toujours été l'une des formes les plus complexes de l'homme en tant qu'une expression artistique, elle s'approche de la musique, poésie et de la peinture ».

: Jean Nouvel

Le projet architectural doit s'appuyer sur un travail intellectuel capable de mettre en interaction les trois dimensions :

- ✓ Le programme et ses exigences.
- ✓ Le site et ses contraintes.
- ✓ Les références architecturales et techniques.

Et pour avoir un projet intéressant et significatif, il faut que les idées créatives primaires du projet doivent être des idées fortes, qui ont une relation directe sur la conception du projet. Cette phase est considérée comme résultante des phases précédentes.

V.2. Les données de site :

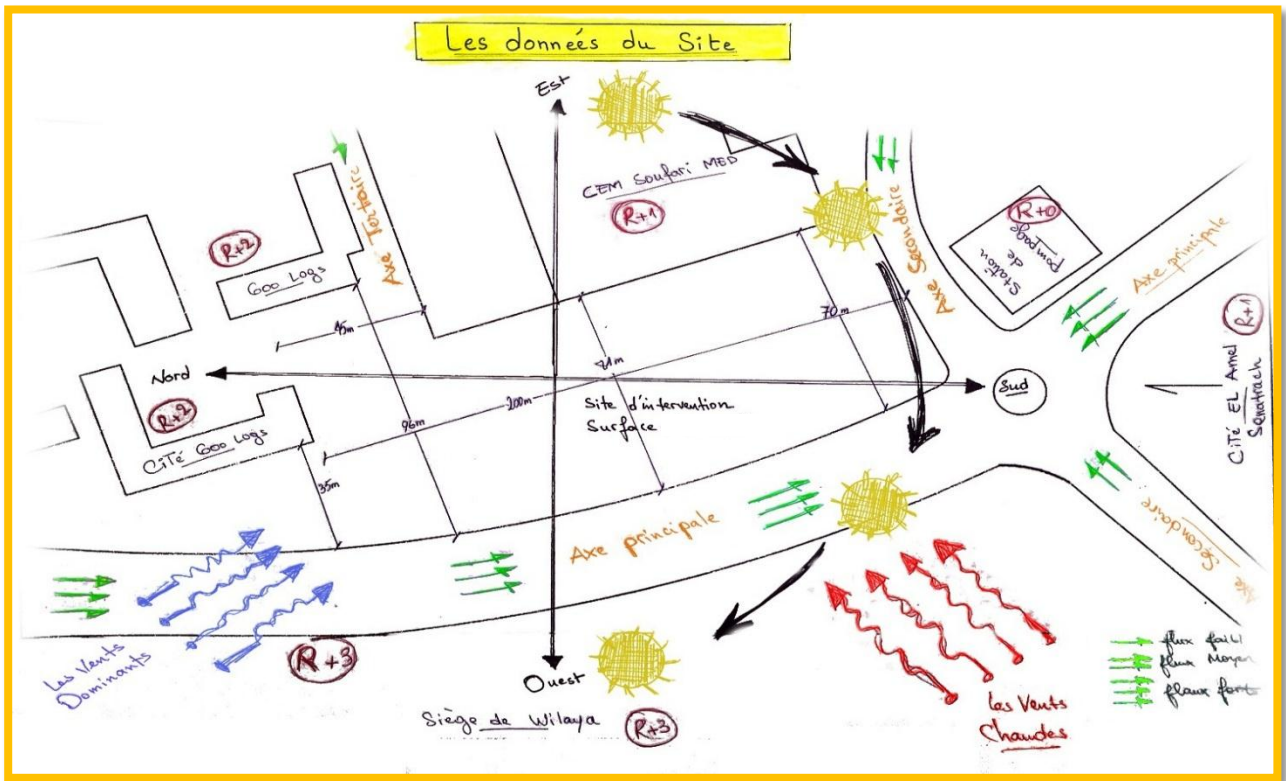


Figure 5-1 schéma des données de site. Source Auteur

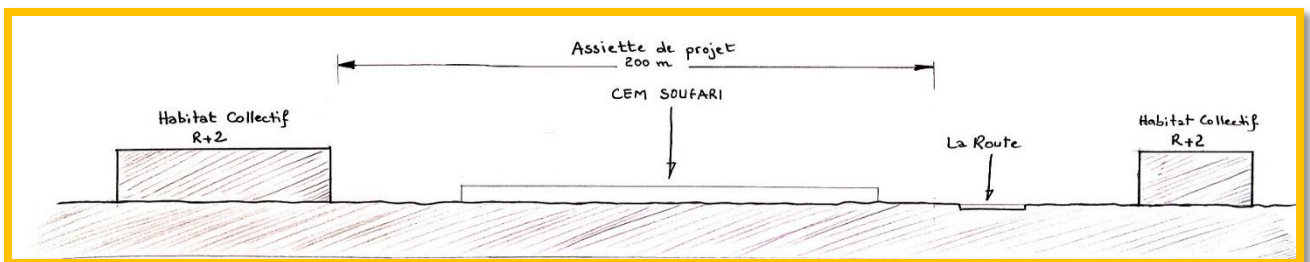
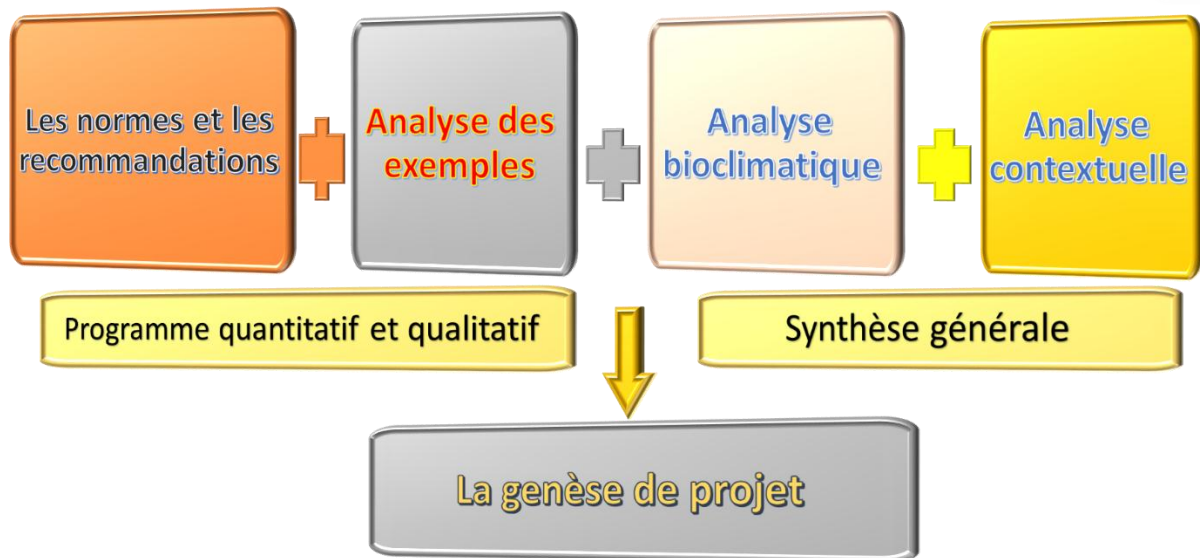


Figure 5-2 schéma de la topographie et le voisinage de terrain. Source Auteur

### V.3. Méthodologie de genèse :

D'après:



Organigramme 5-1 la genèse de projet. Source Auteur

### V.4. l'idée du projet :

Les équipements scolaires sont un lieu de savoir et de connaissance par excellence. Le système exige de l'organisation, de la rigueur, et de la discipline. Et c'est justement dans ce sens que nous voulons développer notre projet. A savoir une construction qui reflète ce caractère positif droit et organisé dans l'organigramme.

## V.5. La genèse de projet :

### Etape 01 : choix des accès


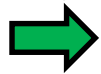
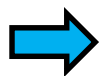

-  Accès principale : - nœud très importante -angle urbain-le point le plus visible
-  Accès secondaire : - alléger le flux des élèves au niveau de l'accès principal  
- rapprocher l'accès pour les habitants de 600 logt
-  Accès secondaire : à côté de l'axe secondaire.
-  Accès de service : pour les livraisons.



Figure 5-3 choix des accès. Source : Auteur

### Etape 02 : la disposition du bloc :

- a) un retrait pour :
- la continuité urbaine.
  - pour mettre la valeur du projet.
  - favorisé la circulation piéton par la continuité avec l'espace aménagé.

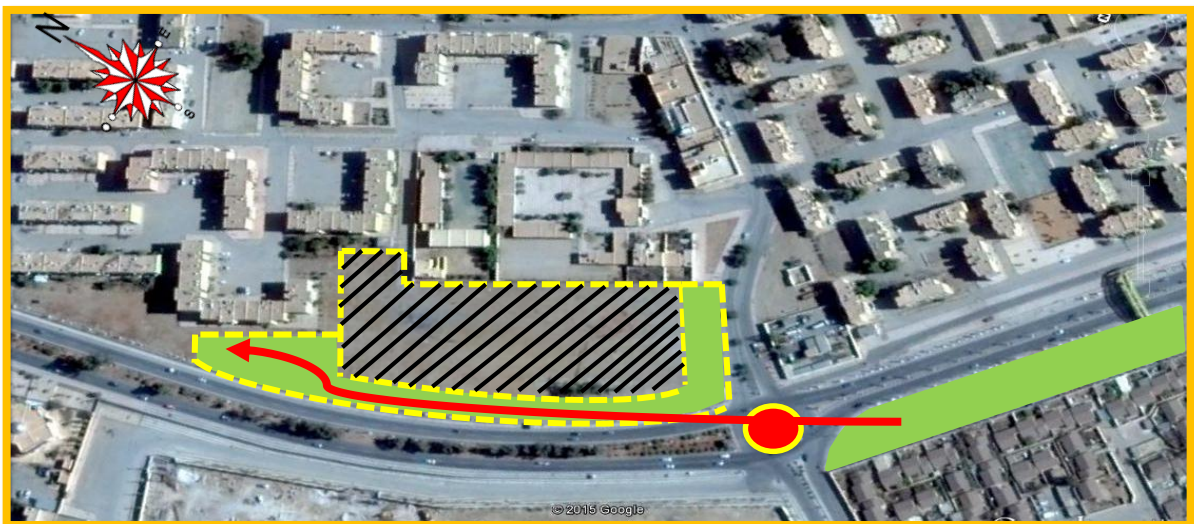


Figure 5-4 les parcours extérieur et les espaces verts. Source : Auteur

- b) implantation du volume au milieu du terrain par bon sens en prolongement de sa forme linière afin de créer un espace privé (cour de récréation).

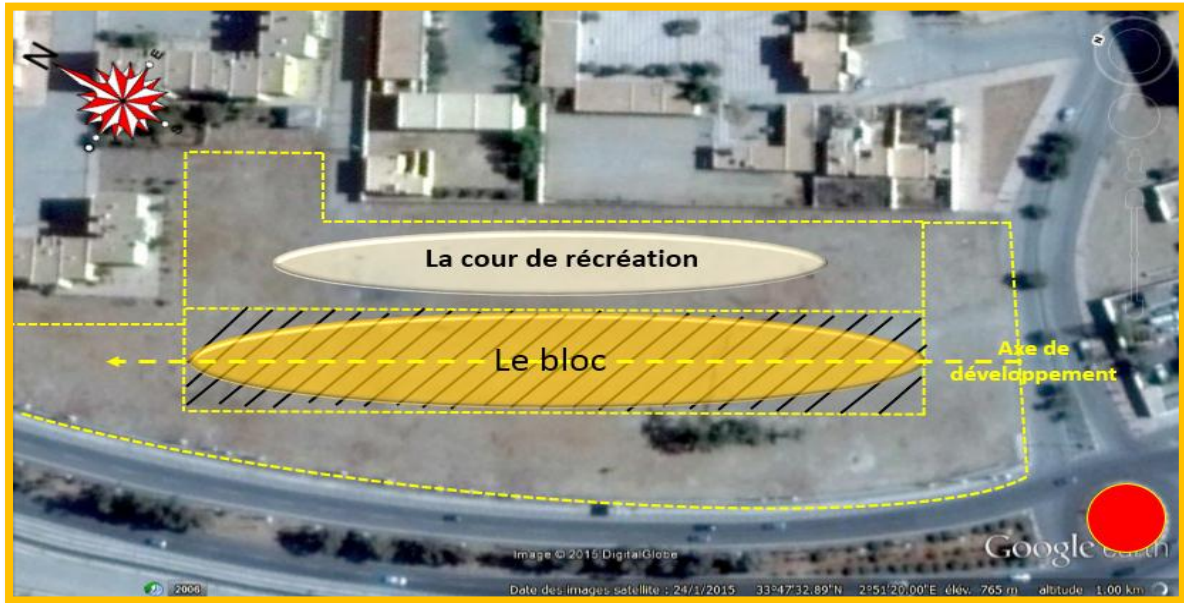


Figure 5-5 l'emplacement de bloc par rapport le terrain. Source : Auteur

### Etape 03 : zoning :

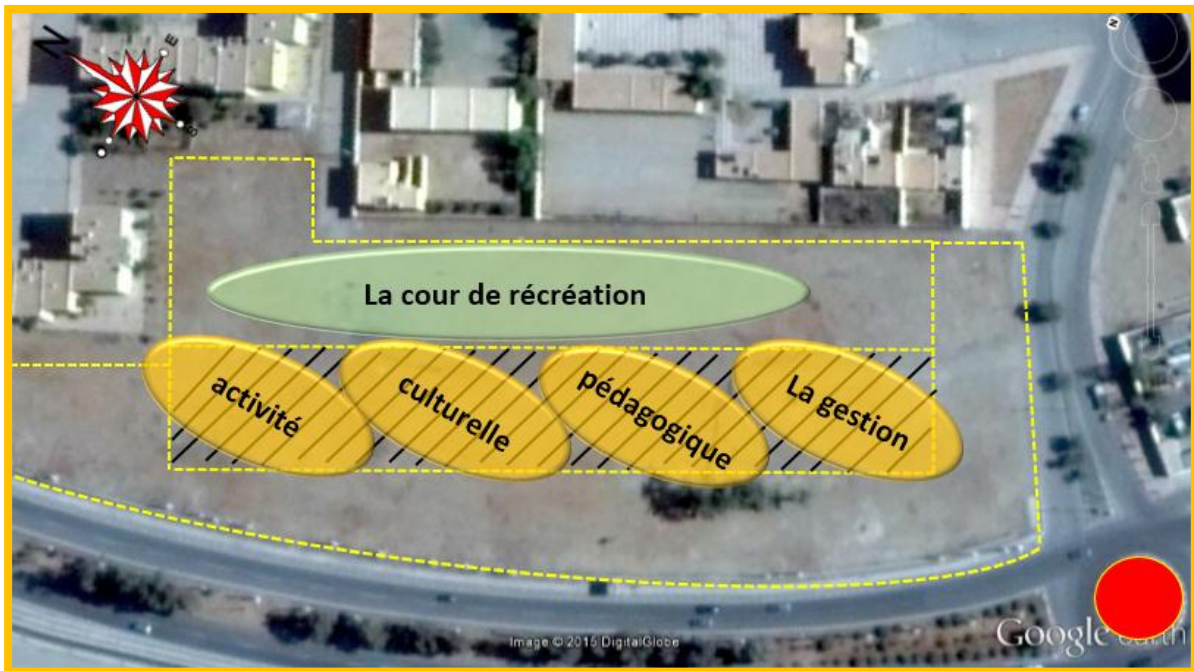


Figure 5-6 le zoning. Source : Auteur

- 1) **Gestion** : près de l'accès principale.
- 2) **Pédagogique** : la grande masse (le cœur de projet).
- 3) **Culturel** : se localisé à proximité de l'entité pédagogique.
- 4) **Activité**: zone de service.
- 5) **La cour de récréation**.

**Etape 04 : forme du projet :****a- L'intégration par rapport à la forme du terrain :**

Une forme rectangulaire suit la forme de terrain selon un axe de développement.



Figure 5-7 la forme préliminaire de projet. Source : Auteur

**b- les volumes de l'entité pédagogique prenant la forme des barres pour assurer un bon éclairage naturel et une distribution linière des espaces.**

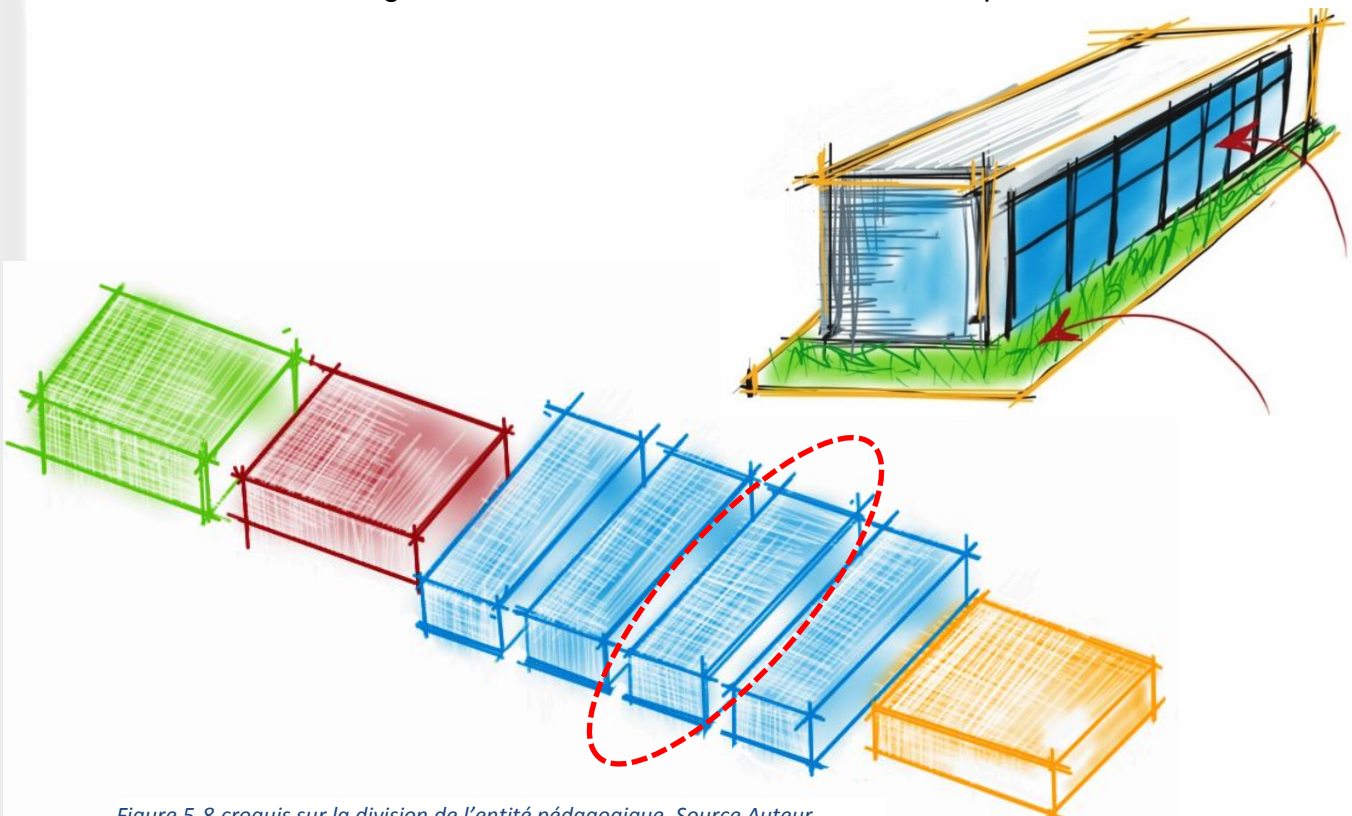


Figure 5-8 croquis sur la division de l'entité pédagogique. Source Auteur

**Etape 05 : l'orientation des blocs :**

On a réorienté selon l'axe N-S au niveau :

1. l'entité de gestion pour marquer l'entrée principale.
2. les deux barres pour atteindre un éclairage meilleur nord-sud :

**Nord** : éclairage uniforme.

**Sud** : - exploiter l'effet de serre.  
- facile à occulter.



Figure 5-9 la réorientation de l'entre et les deux barres. Source : Auteur

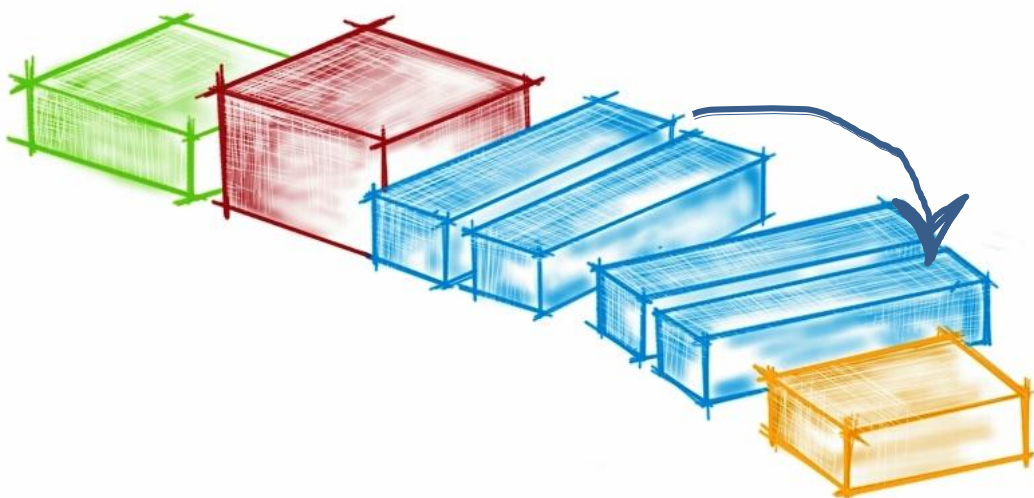


Figure 5-10 la réorientation de l'entre et les deux barres. Source : Auteur

**Etape 06: la volumétrie de projet (pilote) :**

- Pour libérer l'espace au sol.
- La création d'espace ombré.
- Garantie la continuité visuel.
- Allégé la masse du projet.

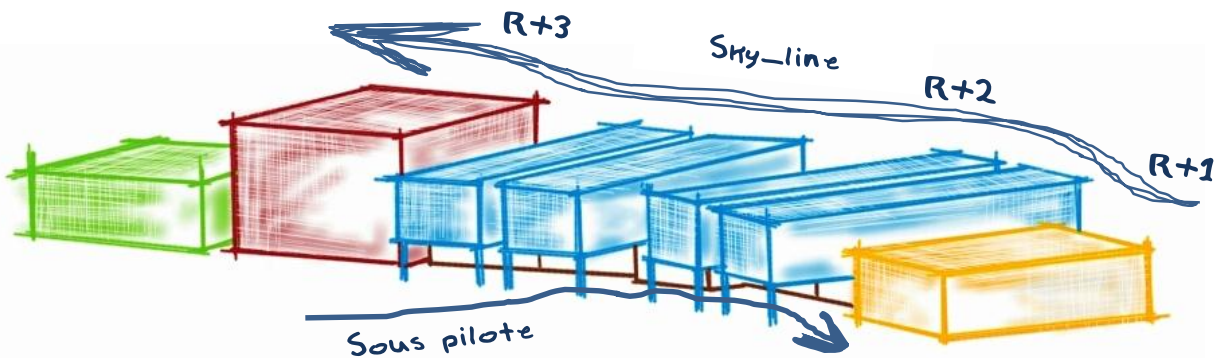


Figure 5-11 le sous piloté ET le sky-line. Source : Auteur

Une situation stratégique offre une perception visuelle qui invite à la découverte architecturale, et pour mettre en valeur cette architecture le volume suit une graduation selon l'axe de développement.

**Etape 07 : la formalisation finale de l'idée:**

La création d'une forme d'articulation entre les deux barres au milieu pour :

- mise en valeur de l'entrée secondaire.
- Préserver un atrium.
- Créer une forme ouverte sur la cour.

La création d'une forme arrondie au niveau de l'entrée principale :

- pour exposer les façades de l'entrée à la voie principale et secondaire (perpendiculaire).

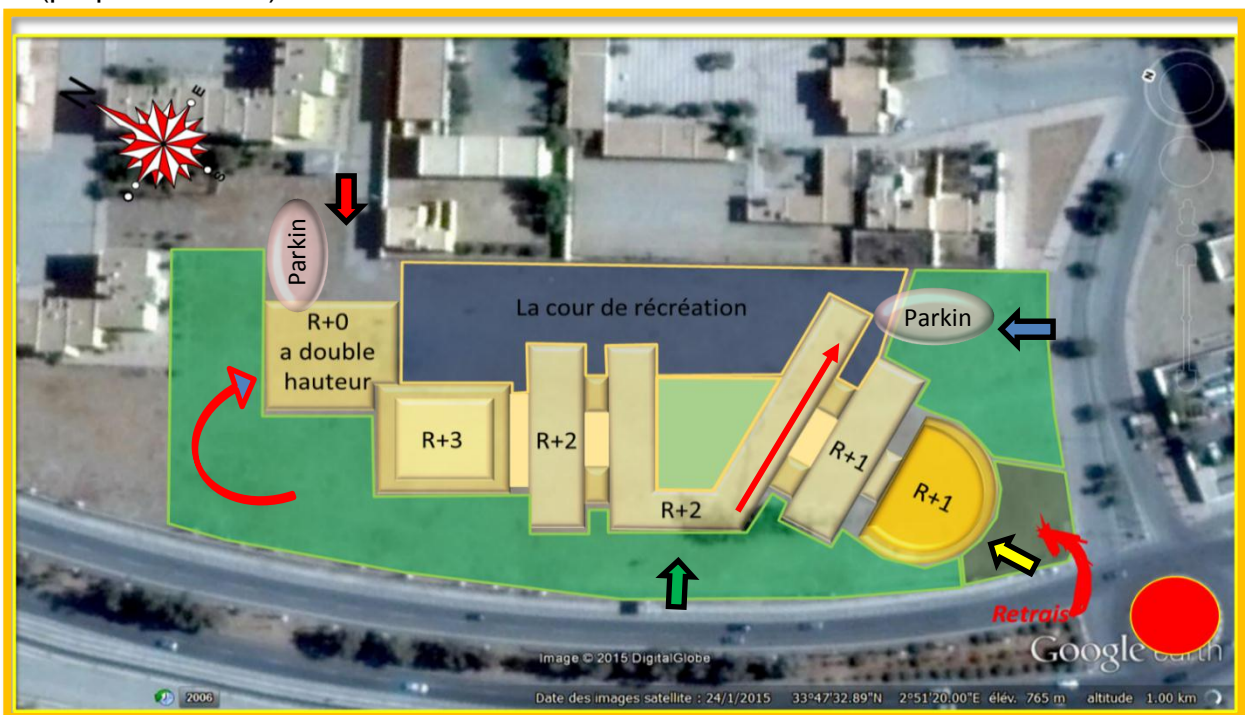


Figure 5-12 prolongements au niveau de la barre. Source : Auteur

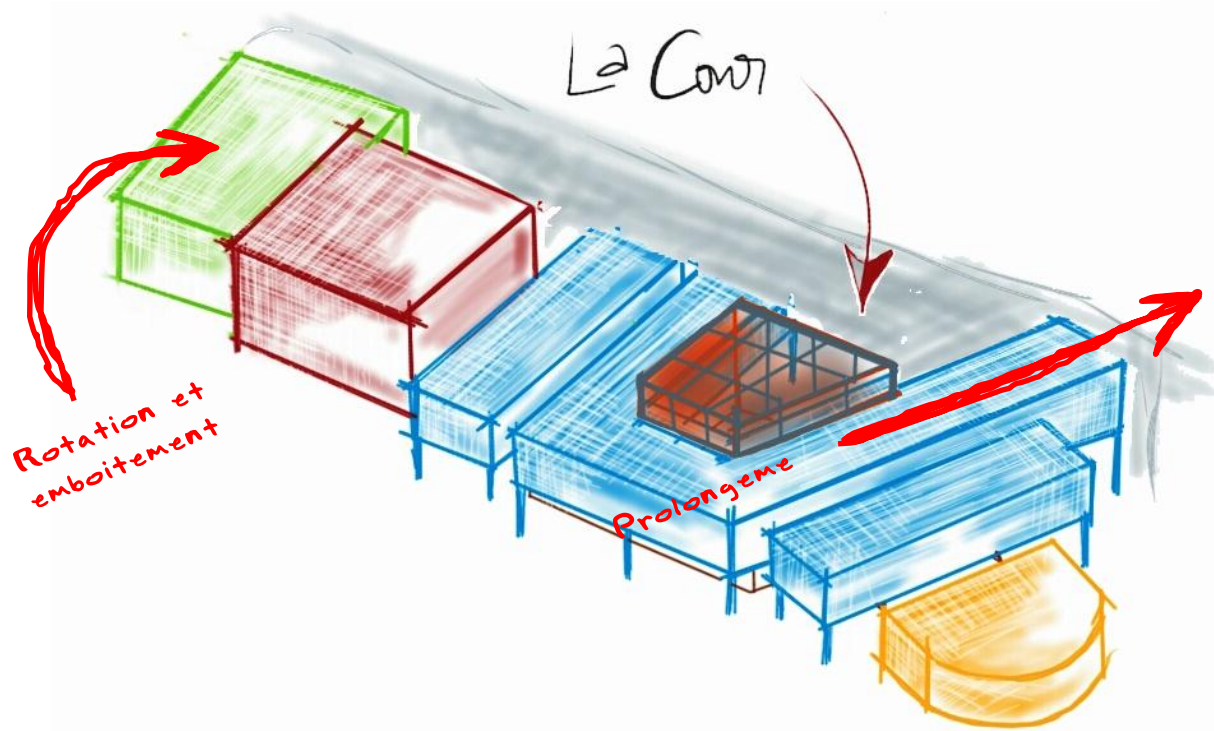


Figure 5-13 croquis de détermination de la cour. Source : Auteur

### Croquis générale :

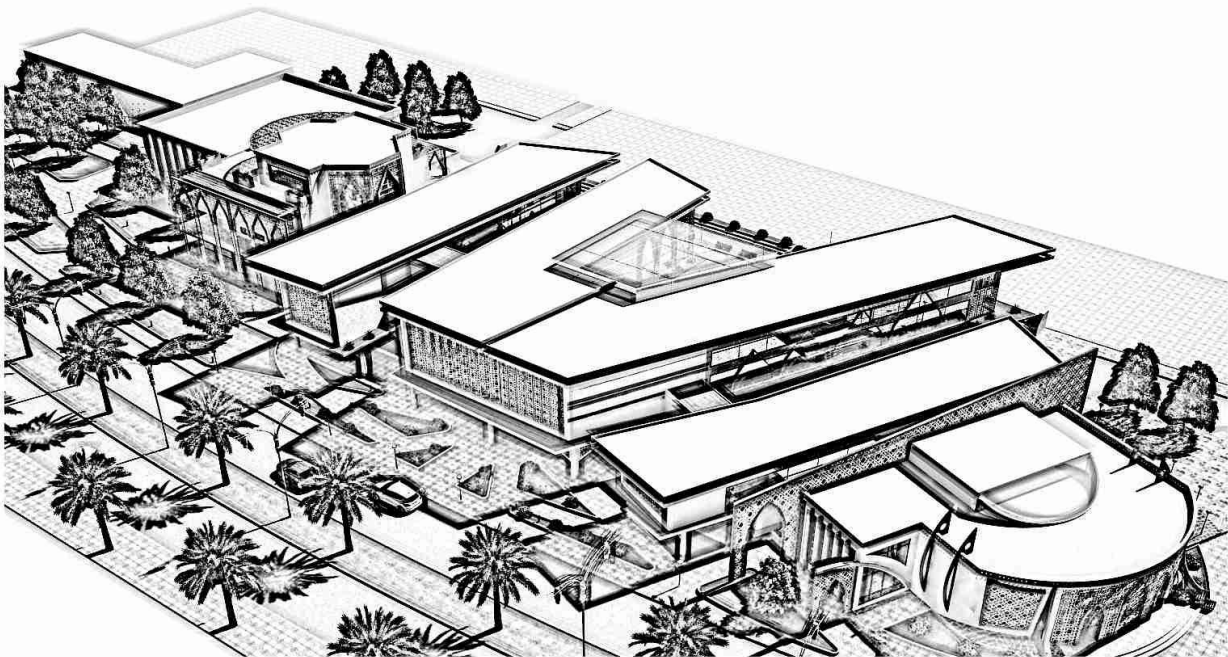


Figure 5-14 croquis Général de l'équipement. Source : Auteur

**Plan de masse :**

La conception d'espace qui entouré le projet se fait selon les parcours extérieurs :

- parcours de franchissement.
- Parcours périphériques.

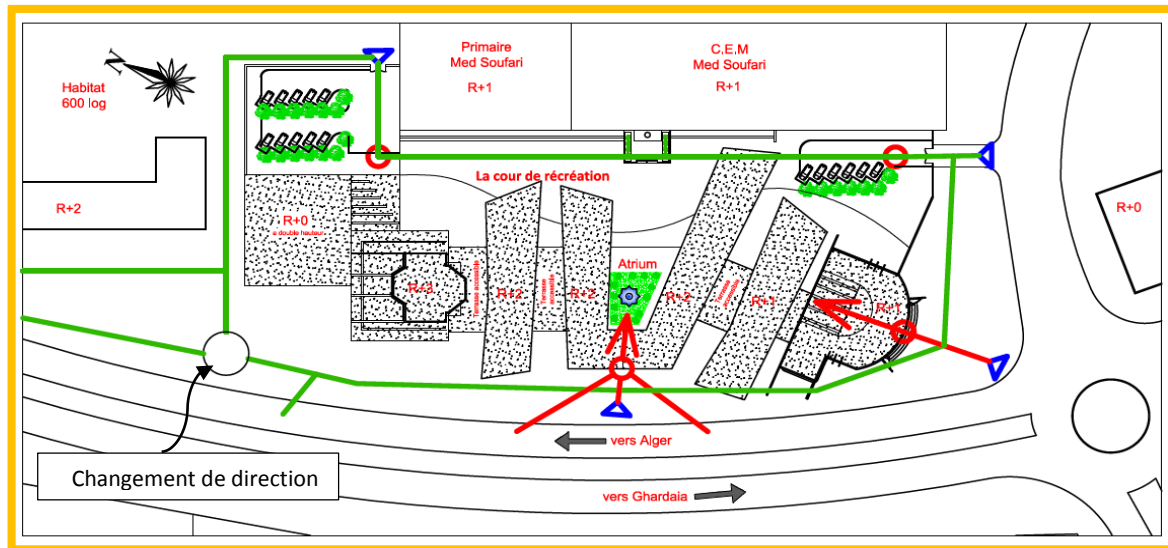


Figure 5-15 schéma précise les parcours extérieurs Source : Auteur

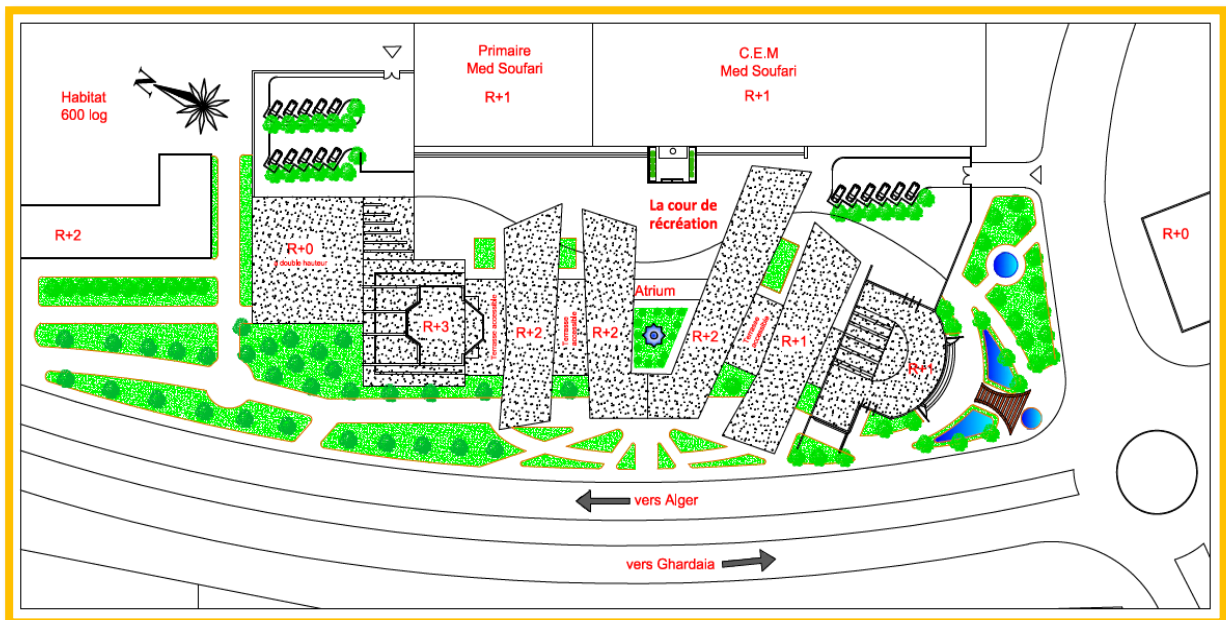
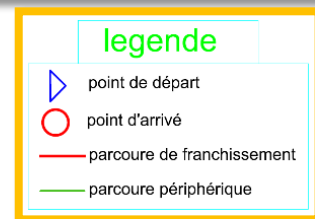


Figure 5-16 plan de masse du lycée-source étudiant

**La végétation et les plans d'eau :**

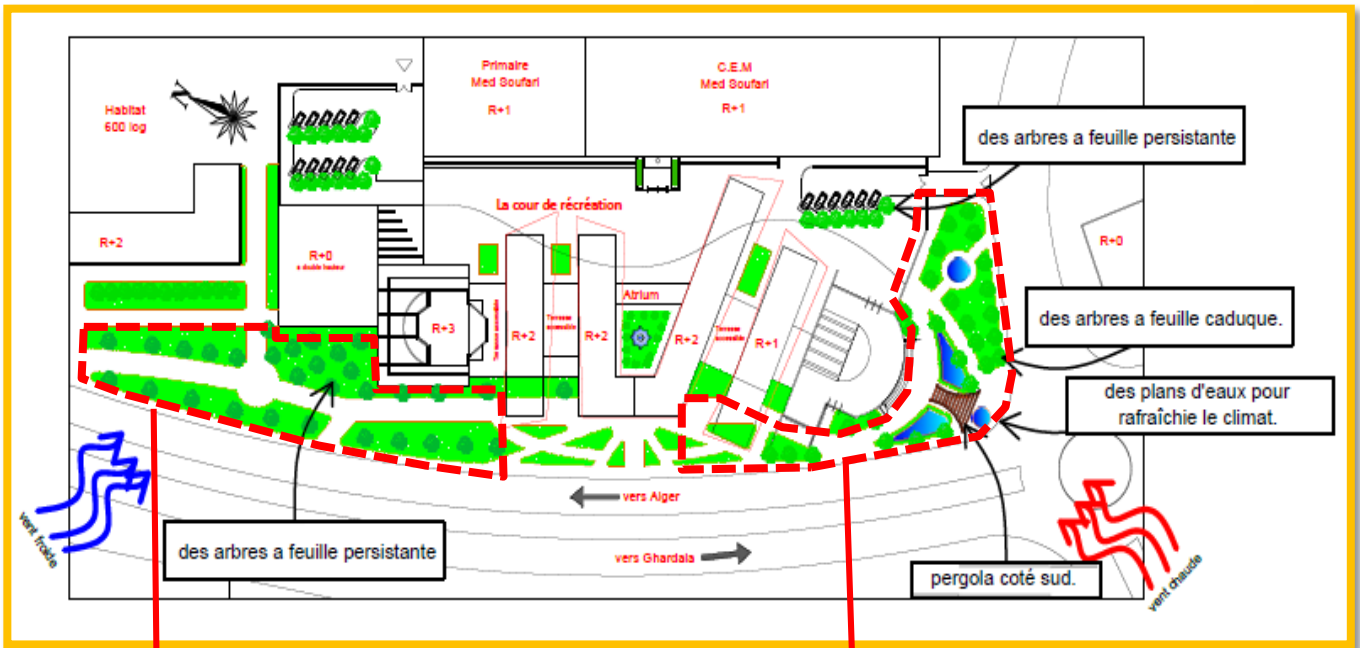


Figure 5-17 la végétation et les plans d'eau. Source Auteur



Figure 5-18 Rendu sur le projet. Source Auteur



Figure 5-19 rendu plans de masse finale de lycée à Laghouat

### V.6. organisation des espaces :

- Les parcours intérieurs sont conçus selon le principe d'une organisation linière droite, à partir du l'administration au niveau de l'entrée principale du projet et ils passent par l'autre espaces.
- a) **la circulation horizontale** : linéaire dans les entités calme (pédagogie, administration), dans les espaces bruits (atrium, restauration).
  - b) **la circulation verticale** : se fait par les escaliers au niveau de chaque entité.

#### l'organisation des espaces du RDC :

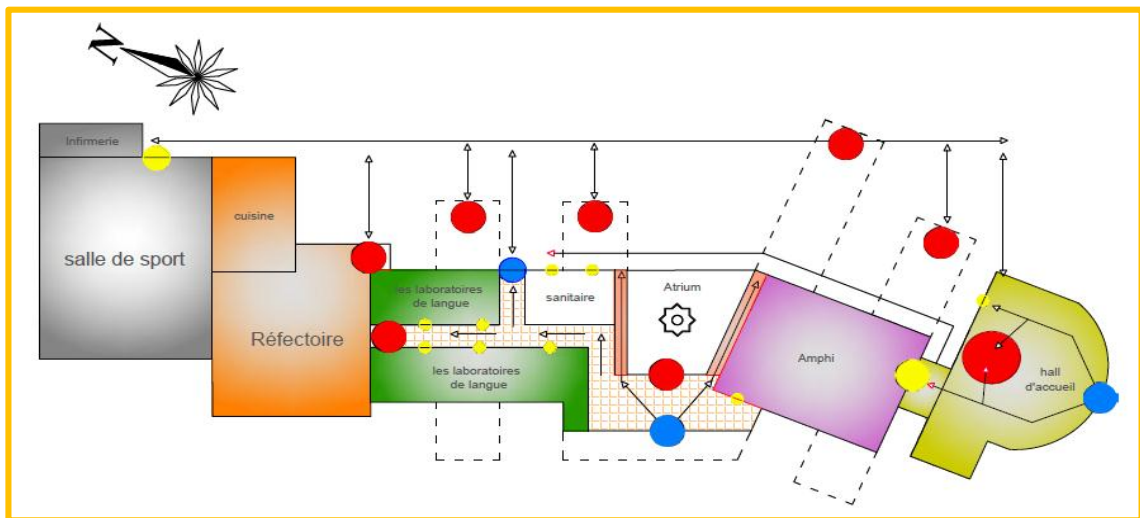
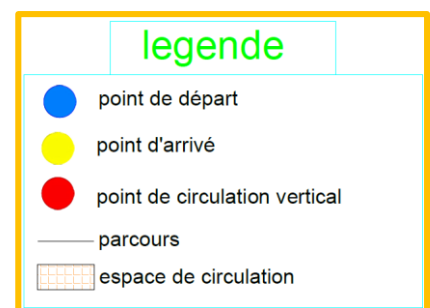


Figure 5-20 organisations de circulation horizontale du plan RDC.  
Source : Auteur



#### l'organisation des espaces du 1<sup>er</sup> étage :

On a implanté les salles de classe au côté nord pour un éclairage uniforme.  
Le couloir côté sud (l'espace tampon voir le détail P 68)

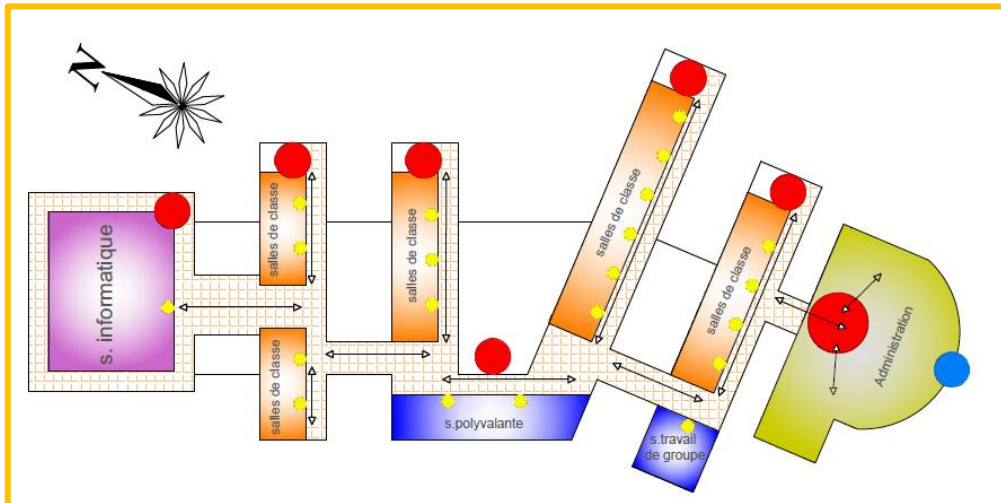
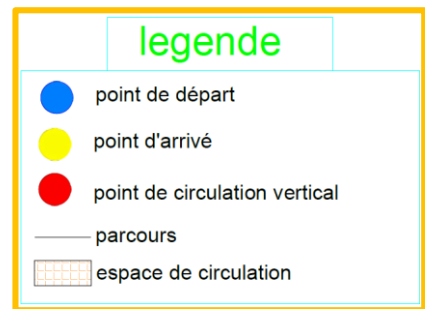


Figure 5-21 organisations de circulation horizontale du plan R+1.  
Source: Auteur



**l'organisation des espaces du 2<sup>ème</sup> étage :**

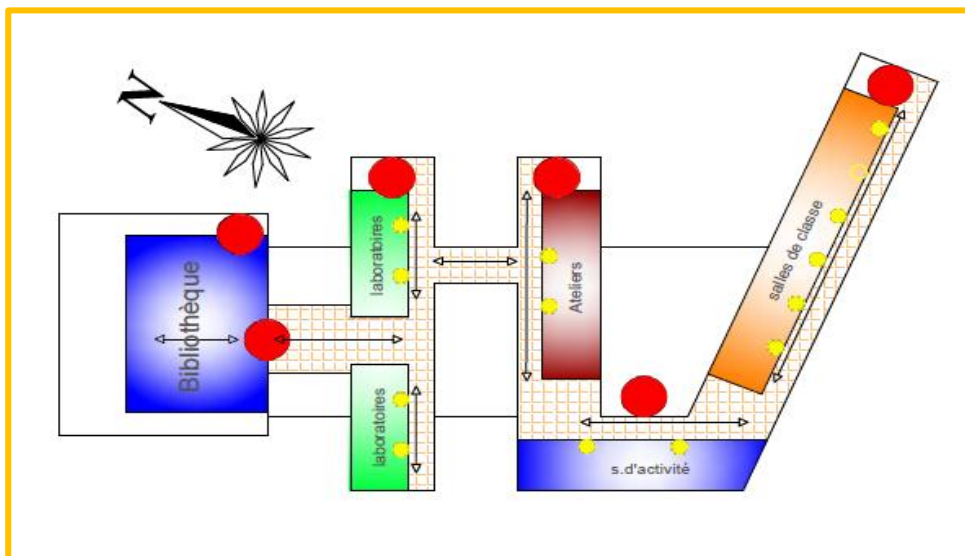
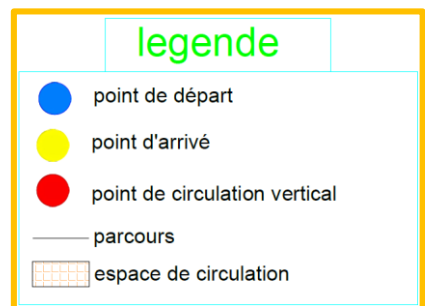


Figure 5-22 organisations de circulation horizontale du plan R+2.  
Source: Auteur.



V.3.5. Les différents traitements de volume et l'aspect bioclimatique du projet :

- 1) l'orientation du projet : la partie pédagogique (les salles de classe) est orientée selon l'axe N-S pour profiter l'éclairage naturel.

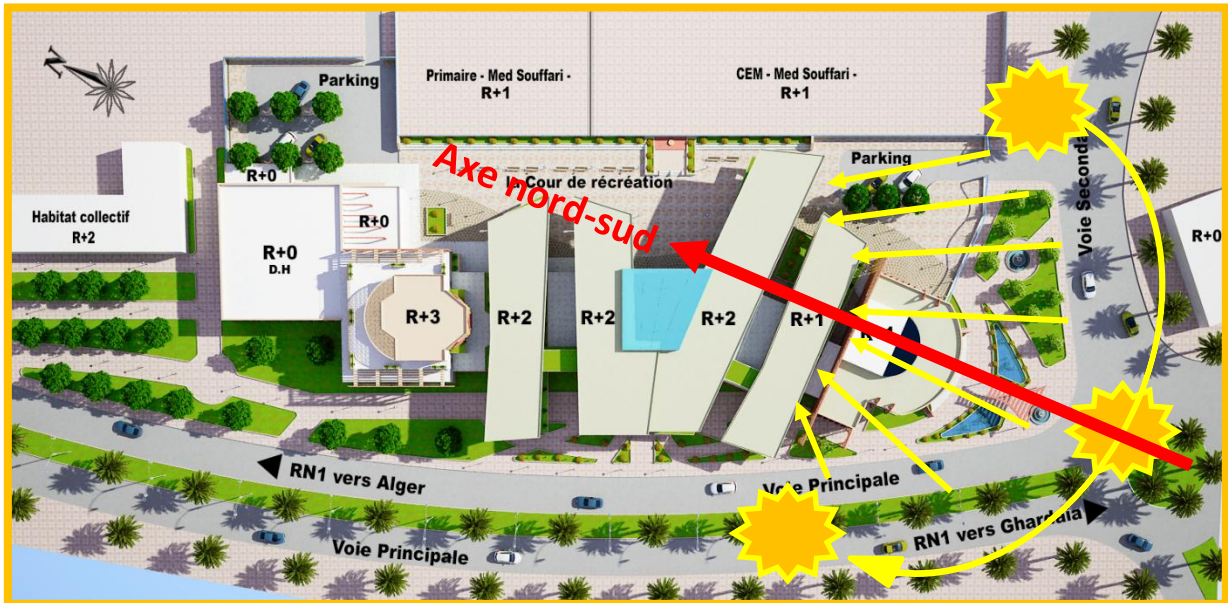


Figure 5-23 l'orientation du projet. Source Auteur



Figure 5-24 Façade du projet. Source Auteur

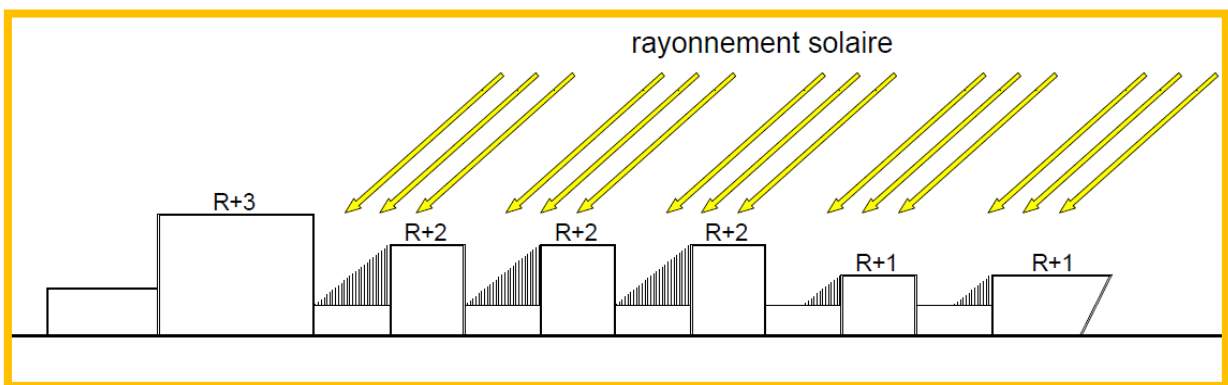


Figure 5-25 schéma de l'ombre portée par le projet. Source Auteur

- 2) **L'utilisation de l'atrium :** L'atrium utilisé comme une source de chaleur par l'effet de serre et source de ventilation naturelle.

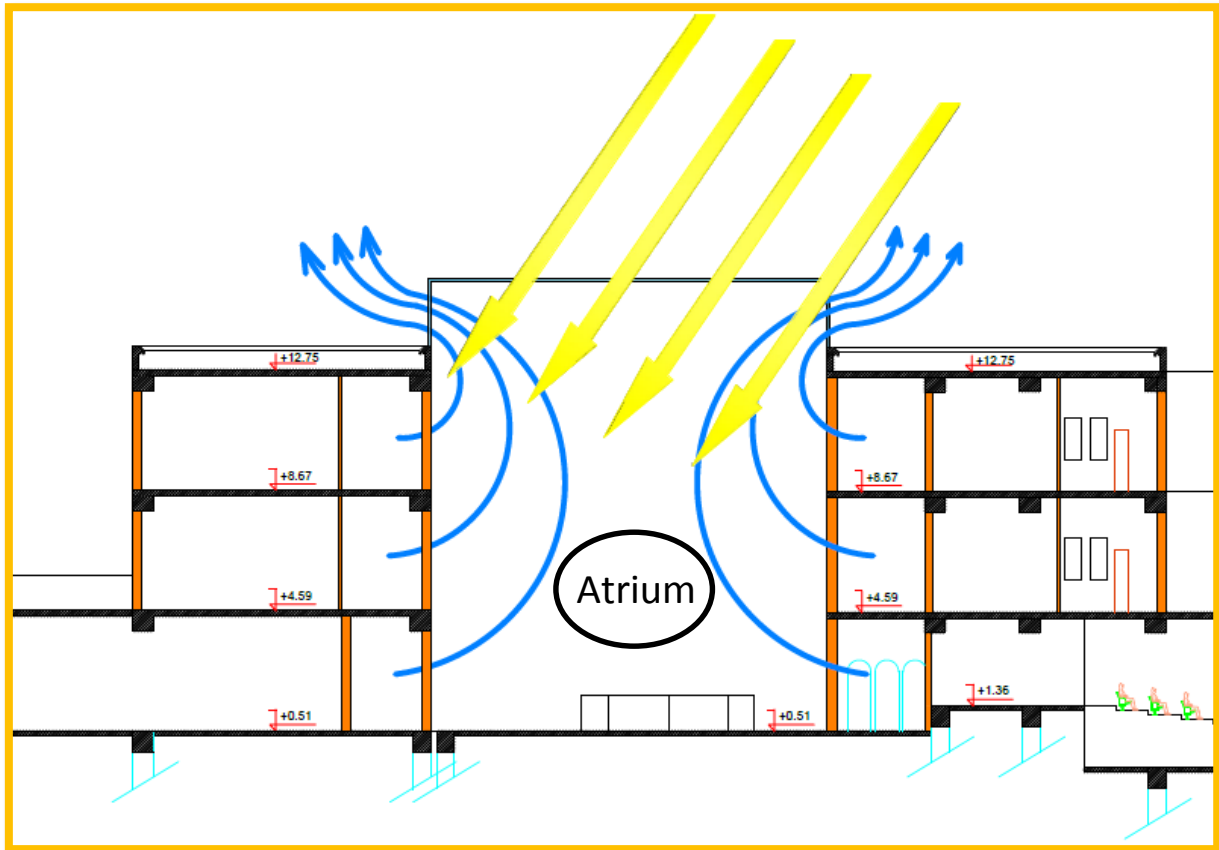


Figure 5-27 schémas qui précisent l'atrium comment chauffée et ventilée. Source Auteur

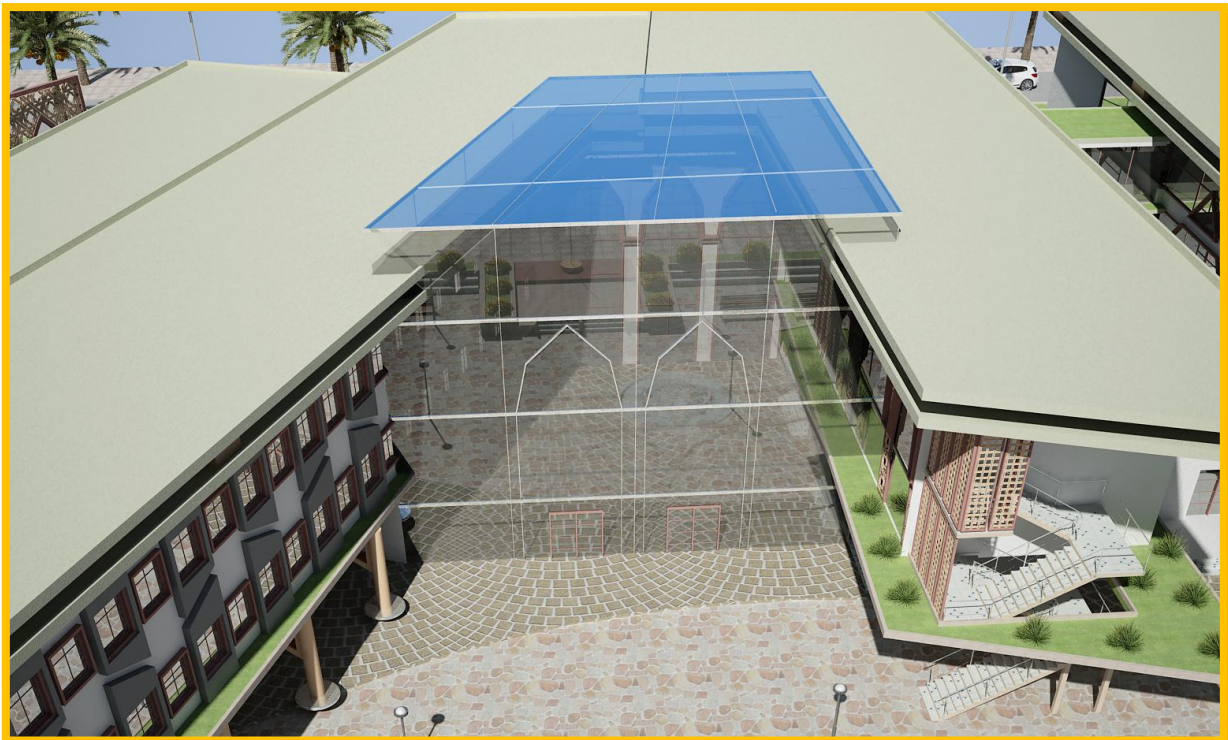


Figure 5-28 vue sur l'atrium. Source Auteur

3) **L'utilisation de l'effet serres** : par les couloirs des salles de classe exposée au sud.

**En hiver** : salle de classe sont chauffé par la chaleur cumulée au niveau des couloirs fermés.

**En été** : salle de classe sont aérer, ventilée, et occultées par les couloirs.

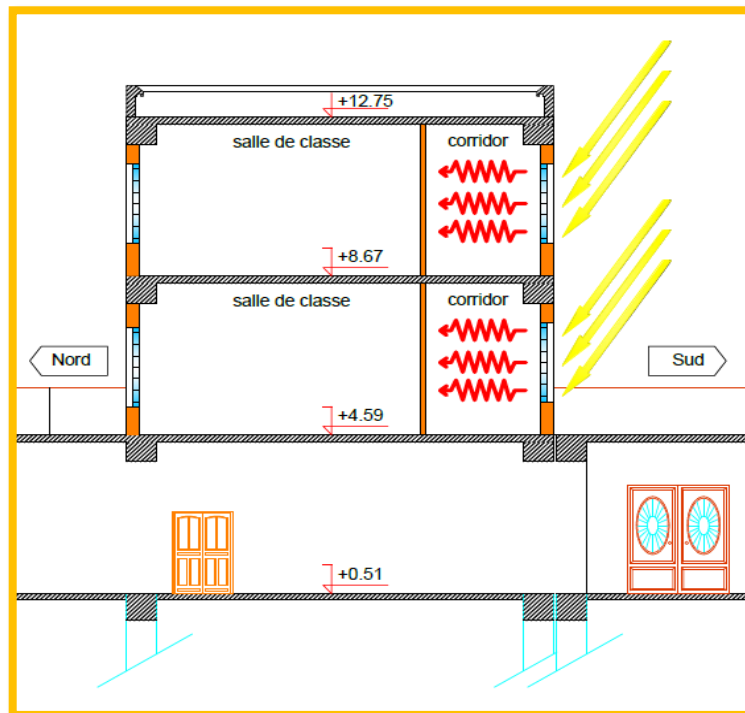


Figure 5-29 Schéma précise l'exploitation de l'effet de serre. Source Auteur



Figure 5-30 vue sur le corridor. Source Auteur

4) Traitement de l'entrée principale :



L'utilisation des éléments architectoniques selon La typologie de la ville (les arcades. moucharabieh)

L'inclinaison de mur de la façade pour éviter les rayons solaires directs du sud.

5) La toiture :



Auvent pour but de créer l'ombre et animer la volumétrie.

La toiture supérieure joue le rôle d'une toiture ventilée (suspendues).



Figure 5-31 la toiture du projet. Source Auteur

6) **Les façades :**a) **Façade nord :**

L'utilisation des baies vitrées sur le côté nord pour exploiter l'éclairage naturel.

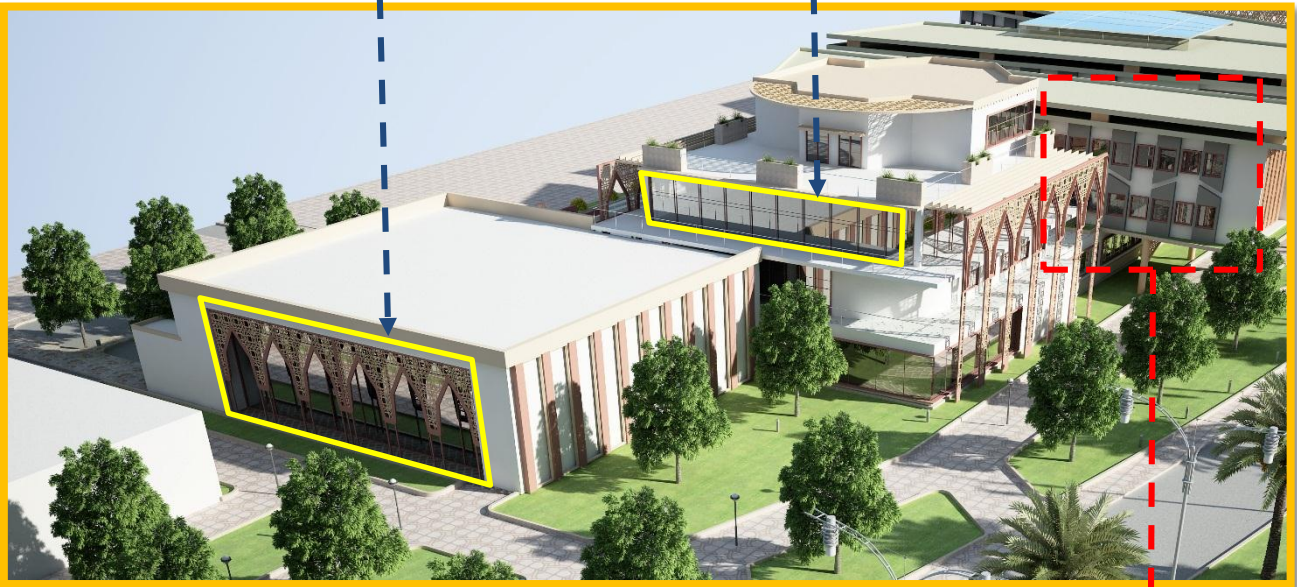


Figure 5-32 la façade des salles de classe. Source Auteur



Figure 5-33 la façade des salles de classe. Source Auteur

Les ouvertures des salles de classe sont traitées d'une façon répétitive pour donner l'importance à l'espace pédagogique. Ces ouvertures exploitent l'éclairage naturel uniforme du côté nord.

b) La façade sud :

La façade sud exposée au soleil c'est pour ça exploité par des serres.



Figure 5-34 perspective. Source Auteur

Pour l'éclairage zénithal et l'effet de serre

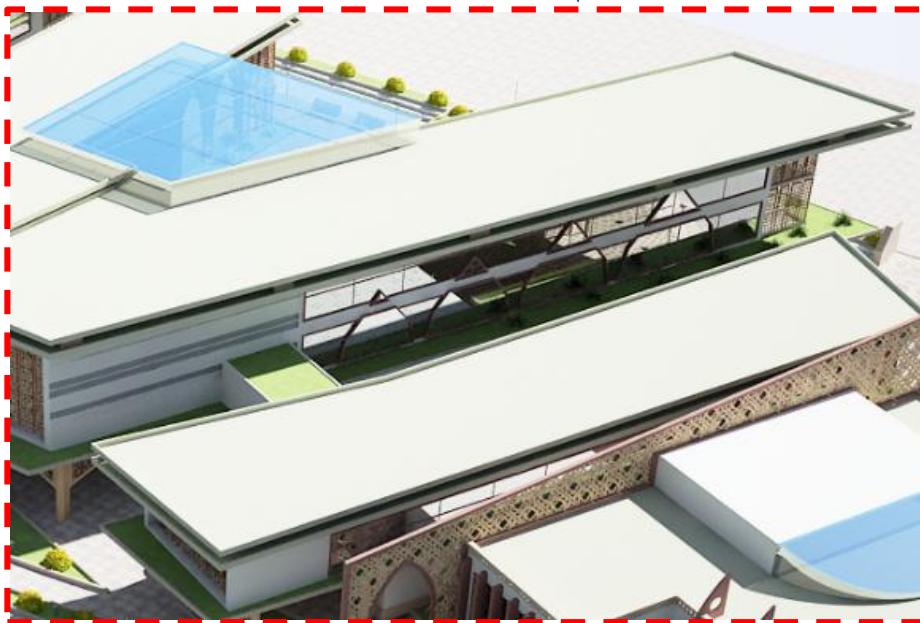


Figure 5-35 des corridors. Source Auteur

c) La façade est :



Figure 5-36 Façade du projet. Source Auteur

Moucharabieh pour créer l'ombre dans la coursive.



Figure 5-37 moucharabieh du projet. Source Auteur

On a utilisé moucharabieh avec des plantes dans la façade Est pour crée l'ombre.



Figure 5-38 moucharabieh du projet. Source Auteur

d) La façade ouest (principale):



Figure 5-39 Façade du projet. Source Auteur

On a utilisé des brises solaires verticales mobiles pour contrôler l'ensoleillement et la lumière :

- Eviter l'éblouissement.
- Eviter la surchauffe.
- Eviter la pénétration de royen solaire à l'intérieur des espaces.



Figure 5-40 Façade avec moucharabié du projet. Source Auteur

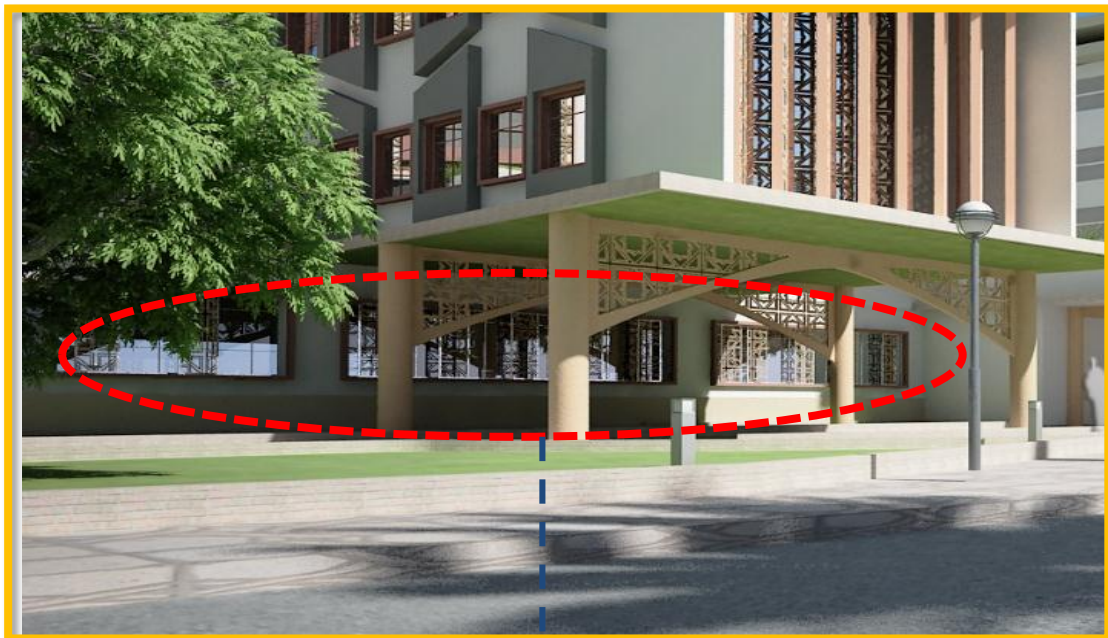


Figure 5-41 moucharabié mobile. Source Auteur

Moucharabieh mobile coulissante plus de vitrage stop sol pour les labos des langues.

**7) Les couleurs du projet :**

On a utilisé des couleurs claires (blanc) pour minimiser l'effet des rayons solaire.



Figure 5-42 Vue générale sur le projet. Source Auteur

Et des couleurs inspirés de l'architecture locale (beige, marron) pour intégrer dans le site.

**8) Le confort intérieur :****a) L'éclairage naturel et la protection solaire :**

Un maximum d'éclairage naturel est apporté à tous les locaux, pour Limiter la consommation d'éclairage artificiel.

**- L'administration :**

L'utilisation d'éclairage zénithale et la mezzanine pour bien éclairé l'administration et la halle d'accueil.

Une inclinaison sur la façade et moucharabieh pour éviter les rayons solaire direct.



Figure 5-43 éclairages zénithale. Source Auteur

- Les espaces pédagogiques (salle de classe. Labos. Atelier) :  
Eclairage bilatérale nord-sud (direct côté nord et indirect de côté sud). Et protection solaire par des brises soleil.

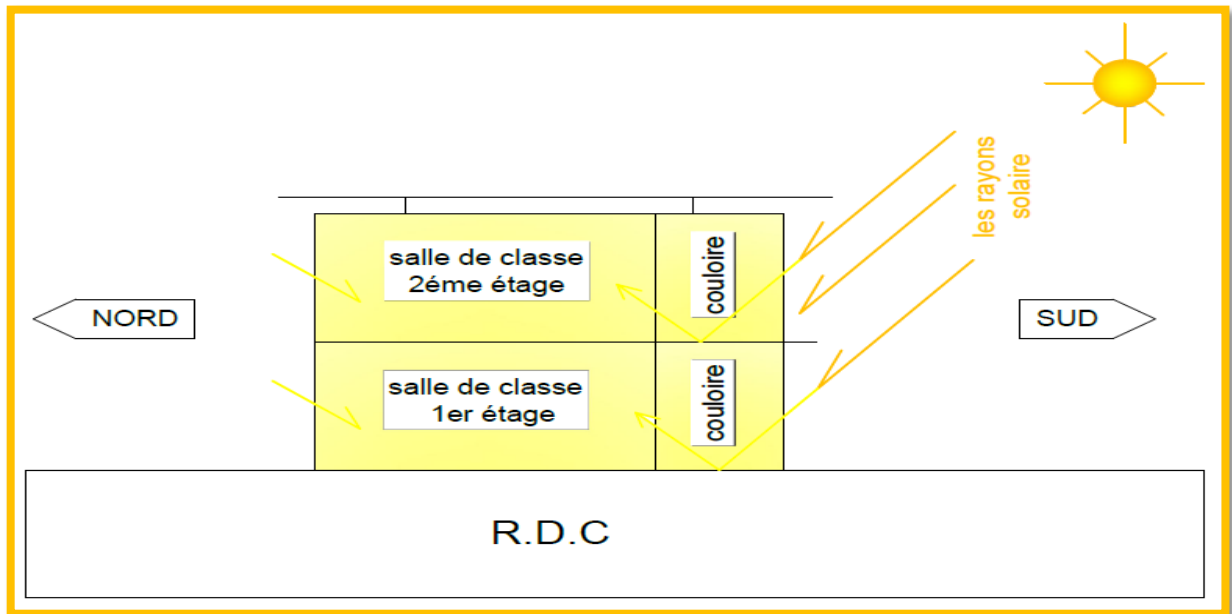


Figure 5-44 schémas précise l'éclairage naturel des salles de classes. Source Auteur

- **La bibliothèque :**

La bibliothèque est éclairée de toutes les façades avec protection solaire du côté sud, est et ouest.



Figure 5-45 rendu sur la bibliothèque. Source Auteur

**- La salle de sport :**

La salle de sport est éclairée de côté nord par des baies vitrées.



Figure 5-46 coupes schématiques précises l'éclairage latéral de salle de sport. Source Auteur

**Synthèse :**

Dans notre idée de conception on a essayé d'intégrer le projet du côté thématique, contextuelle et climatique. Le projet est contemporain et en même temps porte le caché de la ville.

**Les références :**

**Introduction et problématique**

(M'Sellem, H. &Alkama, D., 2009).

(Peuportier, 2003)

(SIMONE, F., 99)

**Approche thématique**

Le petit Larousse 2011

[www.dictionnaire.sensagent.com](http://www.dictionnaire.sensagent.com)

Encyclopédie Encarta Microsoft 1999

[www.proj.siep.be.com](http://www.proj.siep.be.com)

Google Earth

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

[www.archrecord.construction.com](http://www.archrecord.construction.com)

**Approche bioclimatique**

[www.urcaue-idf.archi.fr](http://www.urcaue-idf.archi.fr)

[www.coduform.be/pdf](http://www.coduform.be/pdf)

Google Earth

[www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php](http://www.ecorea.fr/construction-bioclimatique.php)

Claude Alain Roulet., 2010

Liébard, A. et De Herde, A., 2005

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

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

Guide ICEB-ARENE

**Approche contextuelle**

Encarta 2009

Google Earth

(Mazouz. S., 2004)

[www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org)

Thèse de Doctorat, N. Zemmouri

Thèse Mokeddem. M., 2012

(P.D.A.U) de Laghouat révision 2008

**Programme quantitatif et qualitatif**

Patrick Byrne

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

(Le petit Larousse 2011)

**Approche architecturale**

Jean Nouvel

Google Earth

# Chapitre VI

# Vérification de degré de confort

## Sous Thème:

**L'EFFET DE LA DOUBLE TOITURE VENTILEE ET A LA  
FENETRE OUVRANTE SUR LE CONFORT THERMIQUE DE  
LA SALLE DE CLASSE**

## Sommaire

Introduction .....	1
Problématique.....	2
Méthodologie de recherche.....	2

### Partie théorique

Les définitions de concepts.....	3
Les notions de confort thermique.....	3
Les aspects de confort thermique.....	3
✓ L'aspect physiologique.....	3
✓ L'aspect physique.....	4
✓ L'aspect psychologique.....	5
Les paramètres du confort thermique.....	5
Confort d'hiver (Stratégie du chaud).....	7
Confort d'été (Stratégie du froid).....	8
Stratégie de ventilation naturelle.....	9

### Partie expérimentale :

Présentation de logiciel de simulation ENERGY PLUS.....	11
Présentation de cas d'étude.....	12
Description géométrique de la salle de classe.....	13
Evaluation numérique des conditions de confort thermique (cas initiale).....	14
Evaluation numérique des conditions de confort thermique (cas amélioré).....	16

<u>Synthèse</u> .....	19
-----------------------	----

### Conclusion

### Introduction :

Après avoir parlé de la qualité architecturale !, le passage à une analyse de cette notion, et de ces éléments se fait par le biais de la notion du confort, qui présente une suite logique du concept de la qualité architecturale, et un critère essentiel de la qualité d'usage, dans cette partie nous allons vers une analyse de la notion du confort dans ces deux volets ; thermique et respiratoire, qui nous apparaît évident, et essentiel, pour le contexte disciplinaire de la présente recherche.

L'analyse systémique de la notion du confort permettra la mise en œuvre de la suite de ce travail, afin de déterminer les paramètres influant sur le confort thermique liée par la ventilation passant par une présentation des théories et des approches qui permettent l'évaluation de cette notion.

### Problématique :

Le confort thermique constitue une demande reconnue et justifiée dans les espaces de travail du fait de son impact sur la qualité des ambiances thermiques intérieures, il est donc considéré comme un élément important de la qualité globale d'usage du type de bâtiments scolaires. Ce confort ne peut pas être assuré que par l'optimisation de l'isolation thermique et le mouvement d'air, du critère de l'inertie thermique et bien sur la prise en considération des paramètres de l'architecture bioclimatiques lors de sa conception.

La maîtrise des éléments passifs, contribuant au confort thermique, tel que : l'orientation des façades, les ouvertures, la compacité de l'édifice minimisera sans aucun doute les déperditions et gains thermiques dont souffrent les édifices à caractère public.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur le confort thermique (par ventilation) dans salle de classe. A travers cette recherche, nous allons répondre aux préoccupations suivantes :

- **Quel effet aurait la double toiture ventilée sur le confort thermique durant la période estivale ?**
- **Le corridor comme dispositif architectural aurait-il un effet sur positif le confort thermique durant les 2 saisons hivernal et estival ?**

### Méthodologie de recherche :

Notre volet est structuré en deux parties :

- La première concerne le corpus théorique il s'agit d'introduire le thème de recherche à travers recherche bibliographique du le confort thermique.
- La deuxième partie expérimentale, basée sur la simulation par ENERGY PLUS (mesures des températures intérieur et extérieur des salles).

## Partie théorique :

### Les définitions :

**Confort :** Tout ce qui contribue au bien être, à la commodité de la vie matérielle, Absence d'éléments pénibles ou difficiles. Le petit Larousse 2011

**Thermique :** Relatif à la chaleur, à la température.

**La ventilation:** est l'action qui consiste à créer un renouvellement de l'air par déplacement dans un lieu clos, il est mis en œuvre dans les lieux où l'oxygène risque de manquer ou bien des polluants, et autres substances indésirables.

**La ventilation naturelle:** S'effectue grâce aux mouvements d'air à travers un espace sans l'influence d'appareillage mécanique.

### Les notions de confort thermique :

#### **Définition de confort thermique :**

«Le confort thermique peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs *physiques*, *physiologiques* et *psychologiques*, conduisant l'individu à exprimer le *bien être* de son état».

«Le maintien de l'équilibre thermique entre le *corps humain* et son *environnement* est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort» (B. Givoni).

Le confort reste toujours difficilement mesurable, et prend diverses formes.

«Il est plus simple d'évaluer le manque de confort que le confort» (*W. Rybczynski*)

### Les aspects de confort thermique :

Le corps humain réagit par une interaction dynamique mobilisant un ensemble des réactions rétroactives, qui permettent de contrôler les échanges thermiques avec l'environnement. Selon l'intensité des échanges thermiques et des réactions avec le milieu, le corps peut éprouver une sensation de fraîcheur ou de tiédeur.

L'étude du confort thermique doit être menée en considérant des différents aspects physiques, physiologiques, et psychologiques.

#### **1. L'aspect physiologique : la thermorégulation**

L'homme dispose d'un système dynamique de thermorégulation qui permet de contrôler et de réguler les échanges de chaleur interne et externe du corps humain, afin de maintenir les températures du corps à leurs valeurs de consigne. Deux types de thermorégulation peuvent être distingués: une thermorégulation physiologique végétative dont le but est de garder la

température interne autour de 37°C, et une thermorégulation comportementale, qui permet d'anticiper les changements rapides dans l'environnement afin de limiter les réactions physiologiques.

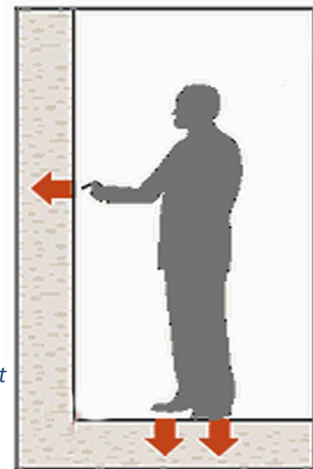
### 2. L'aspect physique (les échanges de chaleur):

L'homme produit et échange de la chaleur avec son environnement. Sa production de chaleur interne se répartit dans sa masse corporelle tandis que ses échanges thermiques externes se font à la surface cutanée.

L'habillement joue un rôle très important, dont la manière est ressentie les effets de ces échanges qui se font suivant ces mécanismes suivants:

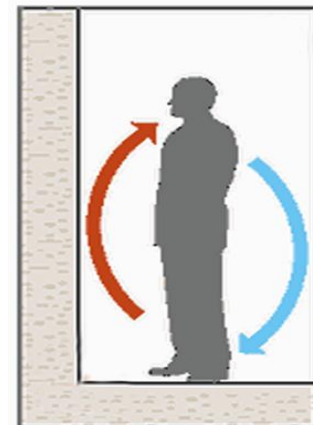
- **Effet dû à la conduction:** Il s'agit des échanges thermiques qui ont lieu quand le corps est en contact avec une surface (chaise, fauteuil, canapé, lit). Ces échanges sont limités en importances.

*Figure 1 conduction par contact direct entre le peau et les objets.*  
[www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)



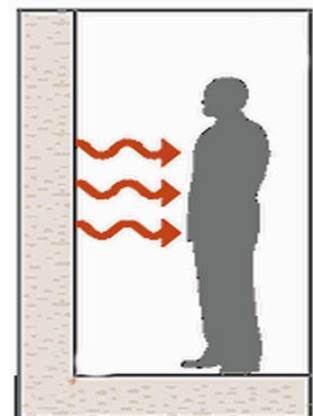
- **Effet dû à la convection:** il s'agit des échanges de chaleur liés au mouvement de l'air autour du corps. Ils sont d'autant plus intenses lors que la vitesse de l'air est importante et que l'écart de température entre l'air et le corps est grand.

*Figure 2 La convection Echange thermique entre l'air ambiant et la peau.*  
[www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)



- **Effet dû à la radiation:** il s'agit des échanges de rayonnement infrarouge avec les parois qui peuvent être froides ou chaudes. La température de rayonnement correspond à la température des surfaces avec lesquelles le corps humain échange de la chaleur. Le flux radiatif dépend de la constante de Stefan-Boltzmann, de l'émissivité des corps, des différences des puissances de températures des surfaces et des facteurs de forme.

*Figure 3 Rayonnement Echange thermique entre un élément froid ou chaud et la peau*  
[www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)



- **Effet dû à l'humidité:** Il s'agit d'échange par déperdition calorifique évaporatoire au niveau cutané et aux surfaces mouillées (lèvres, yeux, voies respiratoires). l'humidité n'a pas beaucoup d'impact sur les échanges thermiques.

### 3. L'aspect psychologique: sensation thermique

L'aspect psychologique concerne la sensation et le comportement de l'individu dans un environnement thermique. La sensation thermique correspond à l'aspect qualitatif et quantitatif de la perception de l'état thermique personnel. Elle est liée aux messages sensoriels des différents thermorécepteurs. Elle dépend uniquement de l'état thermique personnel et non pas de l'environnement thermique. La sensation du froid dépend de la température cutanée, et la sensation au chaud dépend de la température cutanée puis à celle interne.

#### Les paramètres du confort thermique:

1. Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

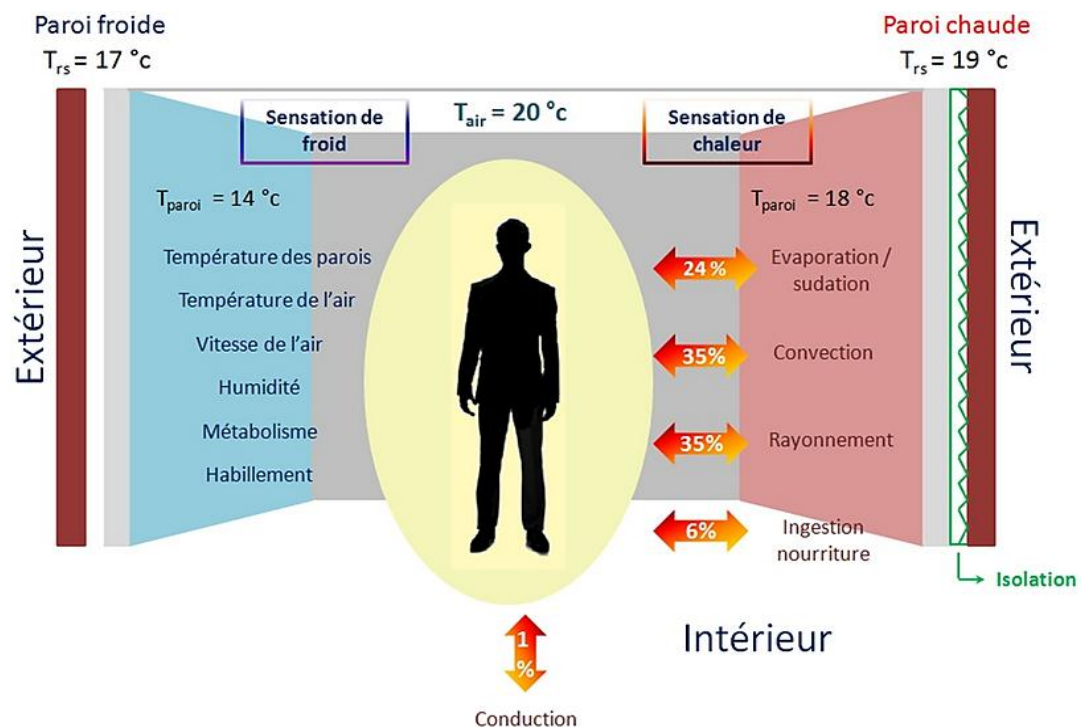


Figure 5 les paramètres de confort. [www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)

2. L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
3. La température ambiante de l'air  $T_a$ .

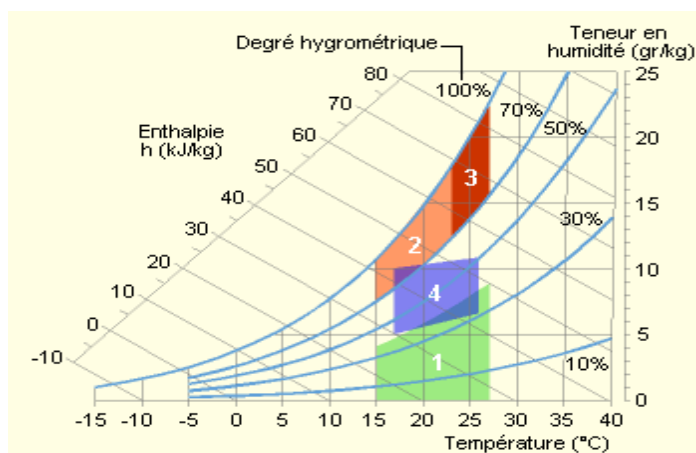
### 4. La température des parois $T_p$ .

De façon simplifiée, on définit une température (opérative) de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) :  $Trs = (T_a + T_p) /$

Type de local	Température de l'air
Locaux où des gens habillés normalement sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux où des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examens ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C
Locaux où des gens peu habillés exercent une grande activité physique. Par exemple salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, archives.	5°C

Tableau 1 valeurs de référence de température de l'air. [www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)

5. L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température  $T_a$  et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.



- 1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2. et 3: Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
- 3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4. Polygone de confort hydrothermique

Figure 6 courbes de Givoni. Source. [www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)

6. La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse.

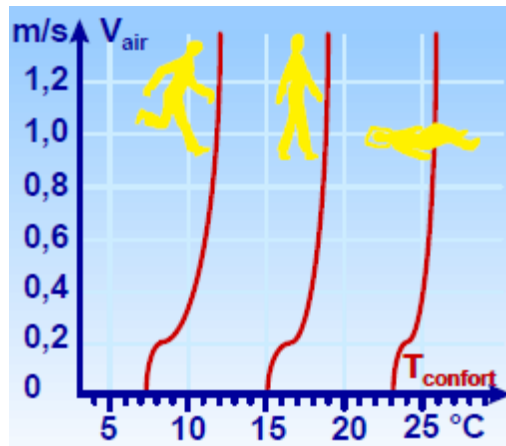


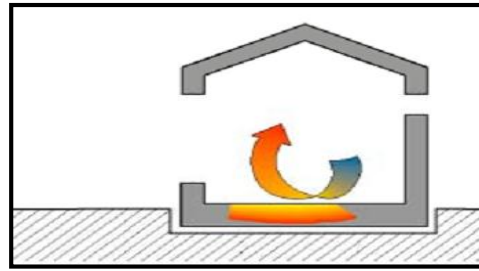
Figure 7 Courbe de vitesse de l'air et la température de confort. . [www.batitherm.ch](http://www.batitherm.ch)

a) **Confort d'hiver (Stratégie du chaud):**

<p>✓ <b><u>Capter l'énergie solaire :</u></b>                  capter l'énergie solaire gratuite à travers les surfaces vitrées :                  - par la prise en compte de l'orientation solaire pour l'organisation intérieure des fonctions ;                  - préchauffage de l'air entrant via un puits canadien.</p>	
<p>✓ <b><u>Stocker dans la masse :</u></b>                  Les matériaux lourds placés à l'intérieur du bâtiment apportent une inertie thermique qui permet à celui-ci de stocker l'énergie.</p>	
<p>✓ <b><u>Conserver par l'isolation :</u></b>                  Isoler thermiquement l'ensemble des parois entourant le volume chauffé afin de conserver la chaleur emmagasinée dans l'air et dans les parois.</p>	

✓ **Distribuer :**

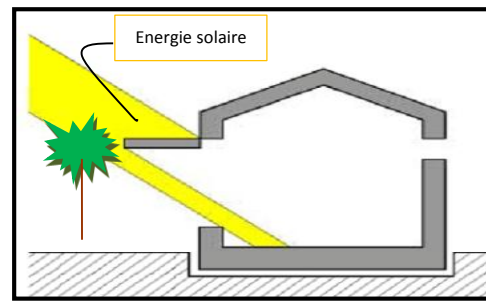
la distribution de la chaleur se faisant naturellement par convection et rayonnement lorsque le matériau restitue la chaleur accumulée.



**b) Confort d'été (Stratégie du froid):**

✓ **Capter :**

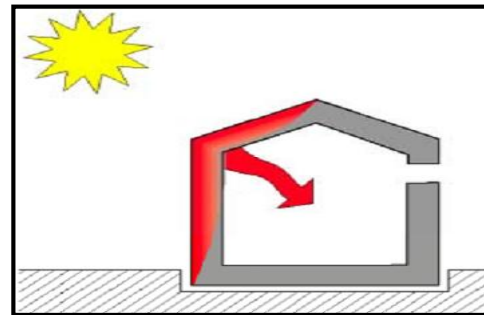
Se protéger de l'ensoleillement direct :  
- par l'installation de protections solaires permanentes, amovibles, végétales « écran de végétation caduque »...etc.



✓ **Éviter :**

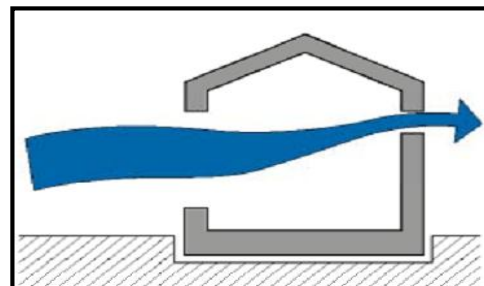
Il s'agit de d'éviter au le transfert de la chaleur vers l'intérieur par les matériaux :

- Par l'isolation des murs et toitures.
- Par la présence de végétaux, sur les murs verticaux ou par des toitures végétalisées
- Par la présence de doubles peaux.



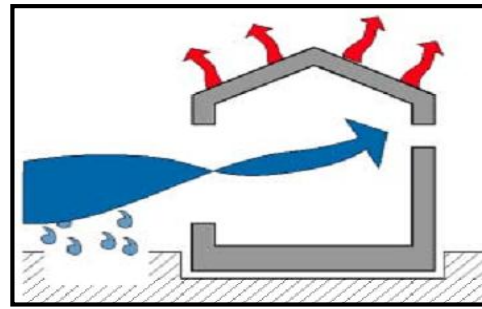
✓ **Dissiper :**

Dissiper la chaleur excessive accumulée à l'intérieur du bâtiment :  
- Par la ventilation (de jour pour dissiper la chaleur, de nuit pour refroidir les locaux).



### ✓ **Refroidir :**

refroidir naturellement l'air :  
par l'utilisation de plans d'eau extérieurs.  
Par le rafraîchissement de l'air entrant grâce  
à un puits provençal.



### c) **stratégie de la ventilation naturelle:**

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

*Figure 8 confort hiver thèse DOHSI .K., 2012*

La ventilation doit assurer deux fonctions :

- Renouvellement de l'air.
- Rattraper la température optimale.

Différents dispositifs permettent d'optimiser la ventilation naturelle :

- Exposer les façades aux vents dominants des mois les plus chauds.
- Eloigner le bâti des obstacles à l'écoulement du vent.
- Protéger l'enveloppe du bâti des rayonnements solaires.
- Dimensionner les ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieurs.
- Anticiper l'aménagement intérieur afin que les circulations d'air soient canalisées avec un minimum de frottements.

En climat chaud et sec, on peut par ailleurs :

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

**Les types de la ventilation naturelle:**

On distingue trois grands types de système de ventilation naturelle :

1. Ventilation par simple exposition.
2. Ventilation traversant.
3. Ventilation par tirage thermique.

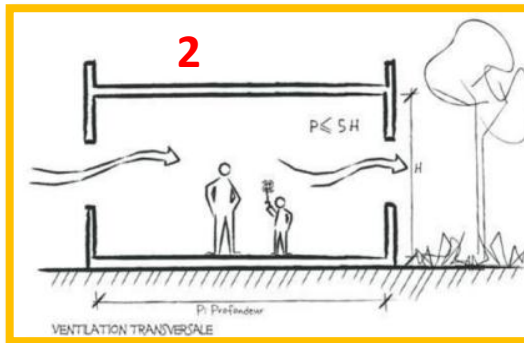


Figure 2-16 schéma représente la ventilation transversale. Source : Guide ICEB-ARENE

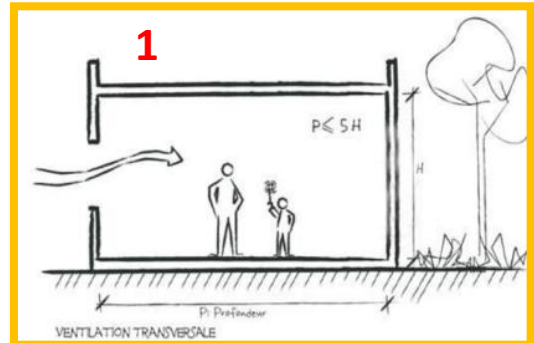


Figure 2-16 schéma représente la ventilation simple exposition. Source : Guide ICEB-ARENE

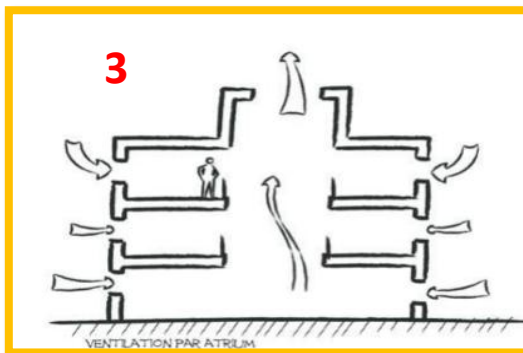


Figure 2-15 schéma représente la ventilation par atrium. Source : Guide ICEB-ARENE

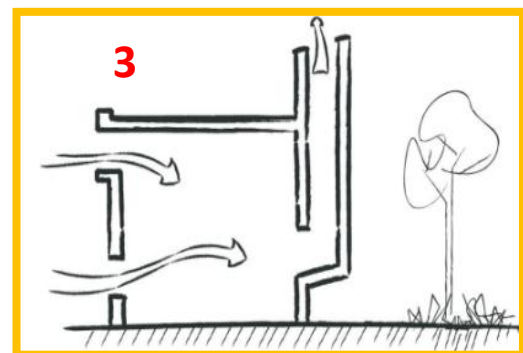


Figure 2-18 schéma représente la ventilation par effet de cheminée Source : Guide ICEB-ARENE

## Partie expérimentale :

Dans cette partie, nous avons abordé via le logiciel **ENERGYPLUS** les débits de ventilation et leurs impacts sur le confort thermique. Ces Débits sont vérifiés par rapport aux scénarios que nous avons adoptés durant les différentes saisons pour l'acquisition d'un confort thermique, à travers l'ouverture et la fermeture des fenêtres.

Nous signalons que le chauffage, le clos (niveau d'habillement), l'éclairage électrique ne sont pas pris en considération. Seul les températures extérieures, la direction et la vitesse du vent, l'inertie des parois, le degré hygrométrique, les caractéristiques des ouvertures, ainsi que le nombre d'élève par salle de classe sont prises en compte et programmés comme données de base dans le logiciel. Ce choix se veut dans le but de rechercher un confort thermique avec des moyens passifs sans faire recours aux instruments mécaniques.

Cette vérification s'étale sur deux mois à savoir :

**Le mois de décembre** : Durant ce mois, la température extérieure moyenne ne dépasse pas 22,6° alors que la température minimale connaît la valeur la plus critique en accusant une moyenne de -6°. La vitesse du vent max est de 18m/s selon une direction (N-NE). Dans ces conditions, et avec une vitesse moyenne de vent 3m/s, nous avons vérifié et comparé les résultats par rapport aux standards **ASHRAE**, ainsi que l'impact de cette température extérieure sur le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe et le rôle que joue la fenêtre, la ventilation et l'isolation.

**Le mois de juin** : Dans notre zone d'étude qui se caractérise par un climat chaud et aride, le confort d'été est le plus recherché, vu que la période estivale s'étale sur une durée scolaire de sept mois (depuis la mi-avril jusqu'à la mi-octobre). La température extérieure atteint 42° pendant la journée, une valeur qui affecte le confort thermique dans le bâtiment sachant que la vitesse max du vent est de 3m/s de direction N-NO.

Nous notons que la vitesse du vent choisie pour la simulation est de l'ordre de 3m/s, ceci dans le but de vérifier les conditions de ventilation dans les états critiques.

L'évaluation est faite sur de paramètres numériques niveaux de température intérieur, et débit d'air moyen. Ces paramètres sont vérifiés sous les différentes périodes de l'année **estivale (21 juin)**, **hivernale (21 décembre)** et à **de période d'étude** de la journée : à **8:00** jusqu'à **17:00** afin d'examiner le changement journalier de la température.

## 1. Présentation de logiciel de simulation ENERGY PLUS:

ENERGY PLUS est outil de simulation thermique dynamique développé par le département à l'énergie des USA. Il est particulièrement complet notamment pour la prise en compte des équipements énergétiques des bâtiments mais aussi de phénomènes complexes comme la ventilation naturelle, l'impact d'une toiture végétalisée ou de l'utilisation de matériaux à changement de phase. Il est aussi ouvert permettant l'utilisation de logiciel tiers de saisie et d'exploitation.



## 2. Présentation de cas d'étude :

Dans ce cas d'étude, nous avons étudié une salle de classe N° 10 dans notre projet.



Figure 8 vue sur la salle de classe. Source auteur

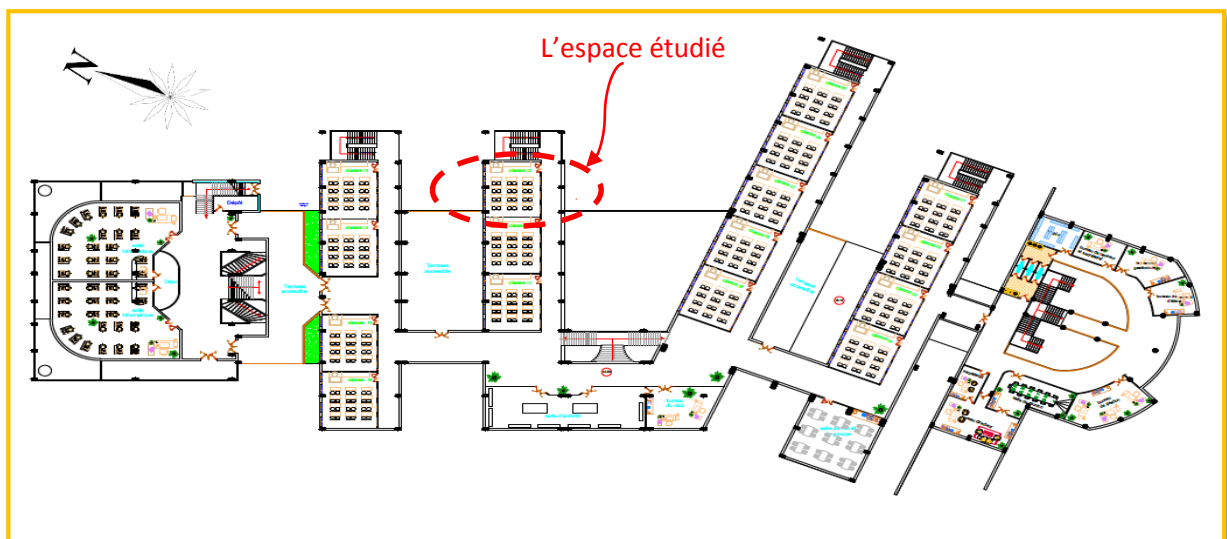


Figure 9 plan de 1er étage. Source Auteur

3. Description géométrique de la salle de classe :

La salle de classe est choisie comme cas d'étude pour la particularité de la disposition et l'orientation des ouvertures (le cas critique).

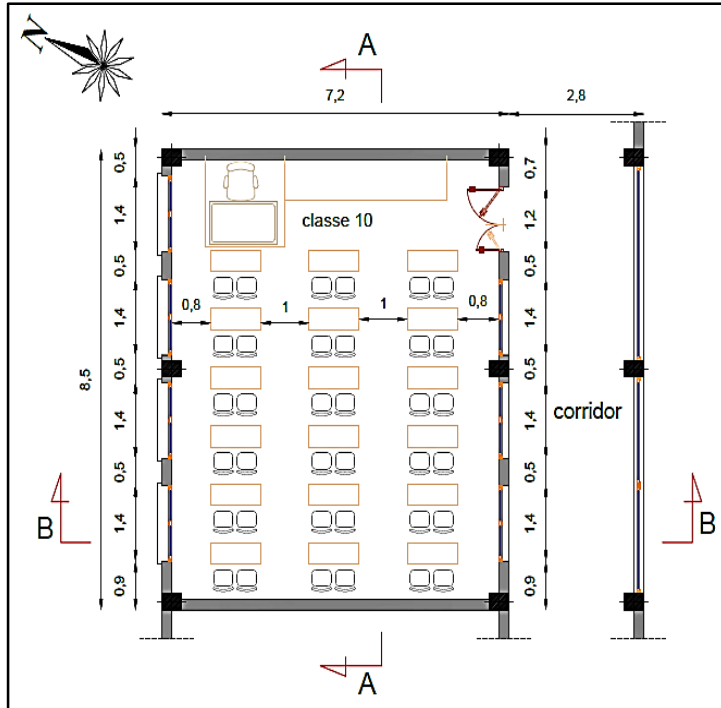


Figure 10 vue en plan. Source Auteur

Dimension : 8.50 m x 7.20 m

Hauteur sous plafond : 3.80 m

Hauteur allège + fenêtre : 2.40 m

Surface cumulée des ouvertures : 13.72 m<sup>2</sup>

Orientation des ouvertures : Nord-ouest & Sud-est

Nombre d'occupants : 37

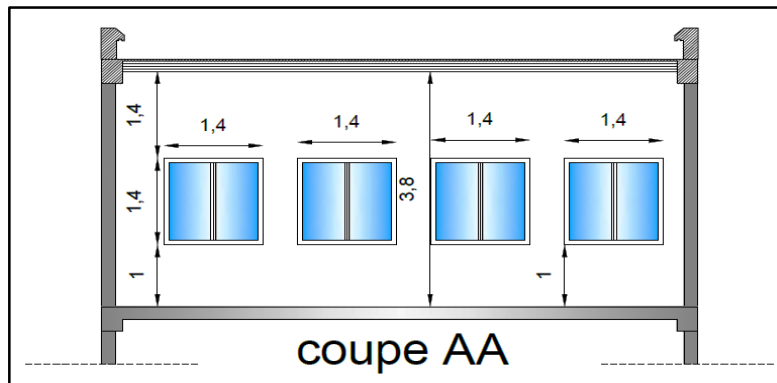


Figure 11 coupe transversale AA. Source : Auteur

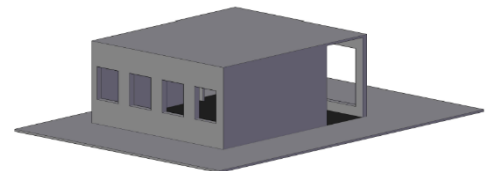


Figure 12 la modélisation de la Salle de classe. Source auteur

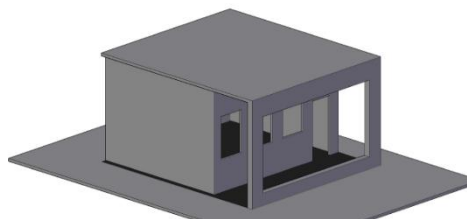


Figure 13 la modélisation de la Salle de classe. Source auteur

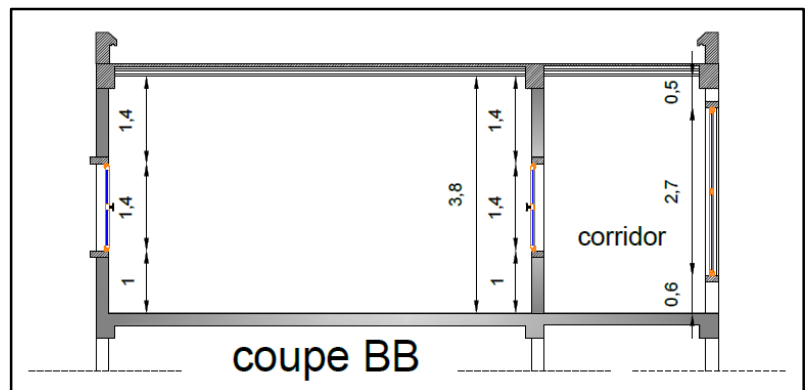


Figure 14 coupes transversales BB. Source : Auteur

1. **Evaluation numérique des conditions de confort thermique (cas initial) :**

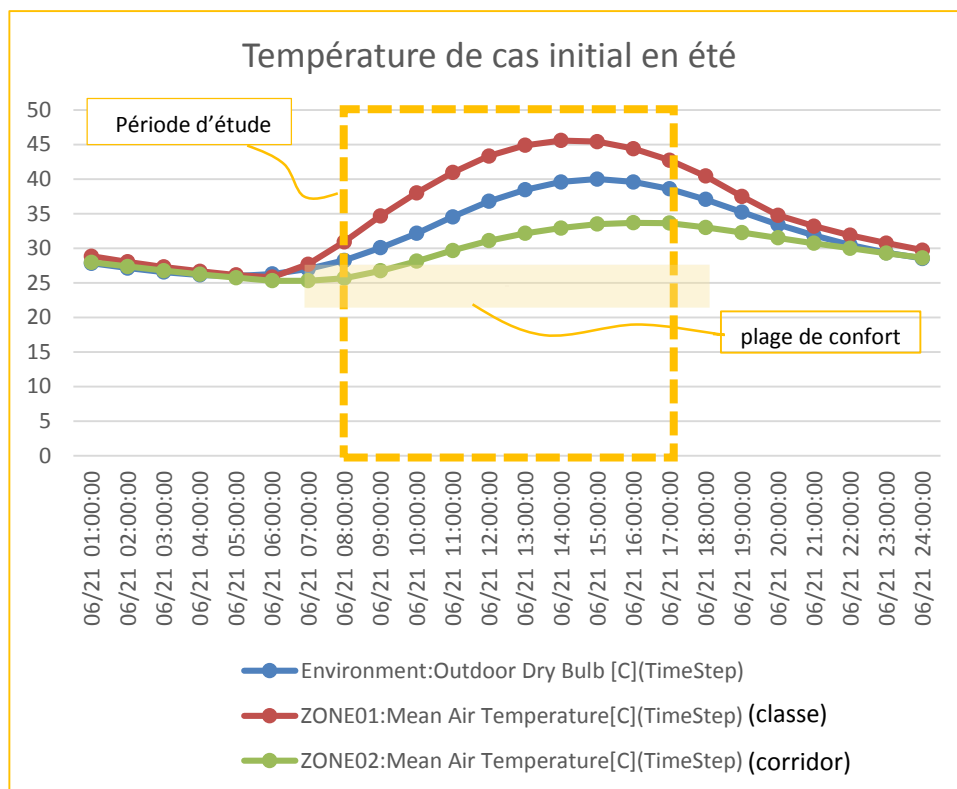
a. **Période estivale**

**Commentaire : température de cas initial en été**

Le cas initial a été simulé sans la toiture ventilée, la température intérieure dans la zone (1) (espace classe), varie de (35° à 45°) voir *courbe 1.1*, durant leur scolarisation, ces valeurs affect négativement le confort thermique.

Mois d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
21 juin	40° C	3 m/s	315°	0,98

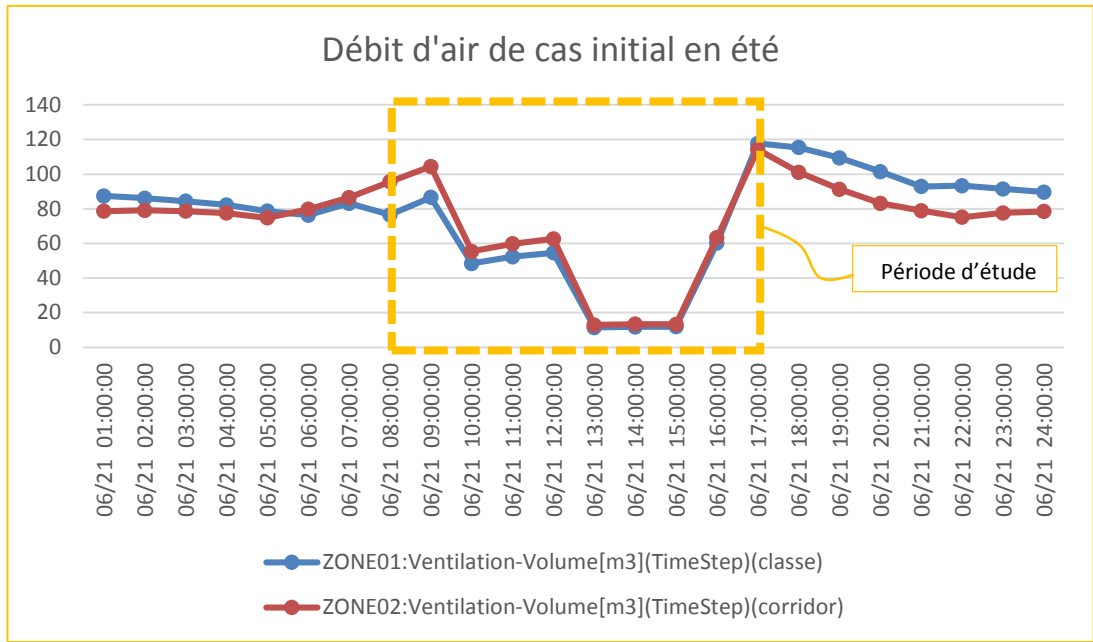
Tableau 1.1 caractère de moi d'étude 21 juin. Source météo de Laghouat



Courbe 1.1 température de cas initial en été. Source auteur

**Commentaire : débit d'air en été**

Les résultats dessinés affirment que malgré la ventilation nocturne, et le débit de ventilation observer moyennement de débit de 60 à 15 m<sup>3</sup>/h, voir *courbe 1.2*, le confort thermique n'est pas attend.



Courbe 1.2 débit d'air de cas initial en été. Source auteur

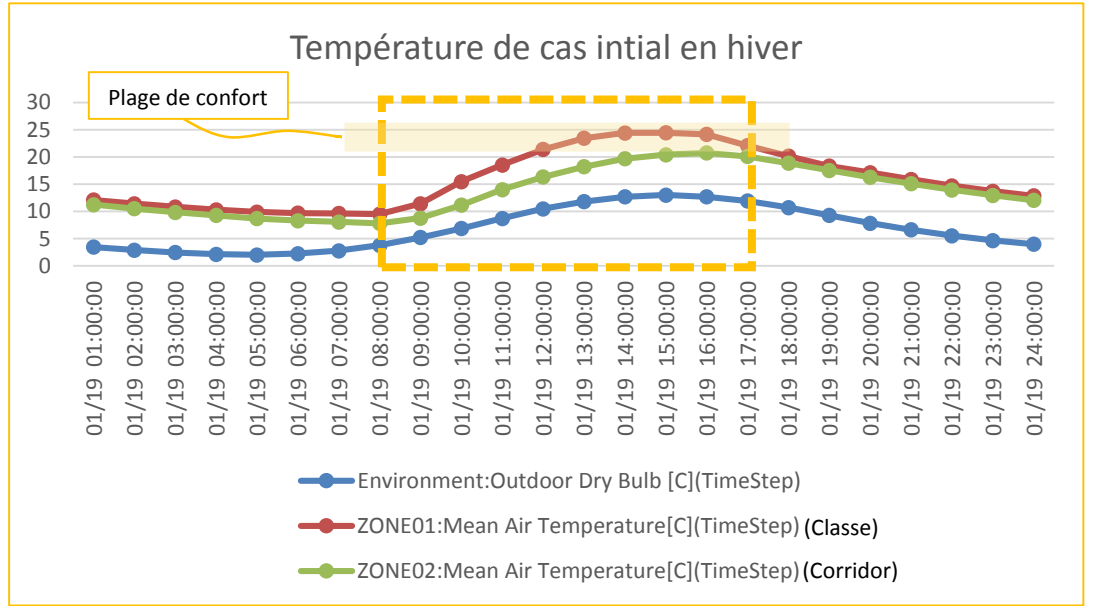
**b. Période hivernale**

**Commentaire : température cas initial en hiver**

Durant la période hivernal, la température extérieur varie de  $-3^{\circ}$  à  $13^{\circ}$ , voir *courbe 1.3*, le revanche la température intérieur s'inscrit dans des domaines du confort du standard ASHREA ( $22^{\circ}$  -  $26^{\circ}$ ).

Mois d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
21 décembre	13° C	8 m/s	5°	0,95

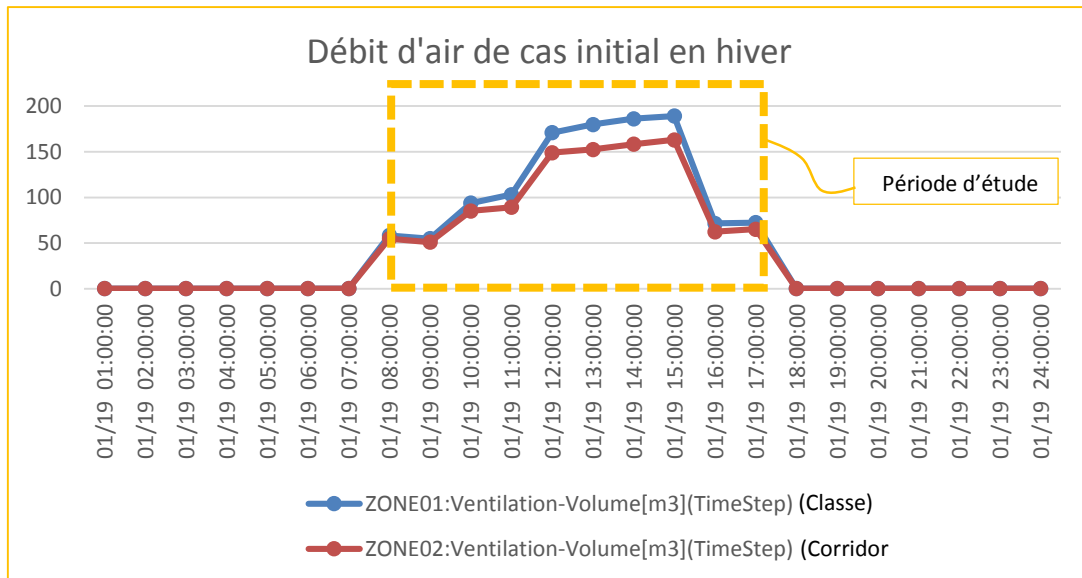
Tableau 1.2 caractère de moi d'étude 21 décembre. Source météo de Laghouat



Courbe 1.3 température de cas initial en hiver. Source auteur

**Commentaire : débit d'air en hiver**

Le confort thermique a été atteint durant un scénario accouplé à la manipulation de fenêtres ouvrant *courbe 1.4*, et l'effet aéraulique que génère le corridor.



Courbe 1.4 débit d'air de cas initial en hiver. Source auteur

**2. Evaluation numérique des conditions de confort thermique (cas amélioré) :**

**a. Période estivale**

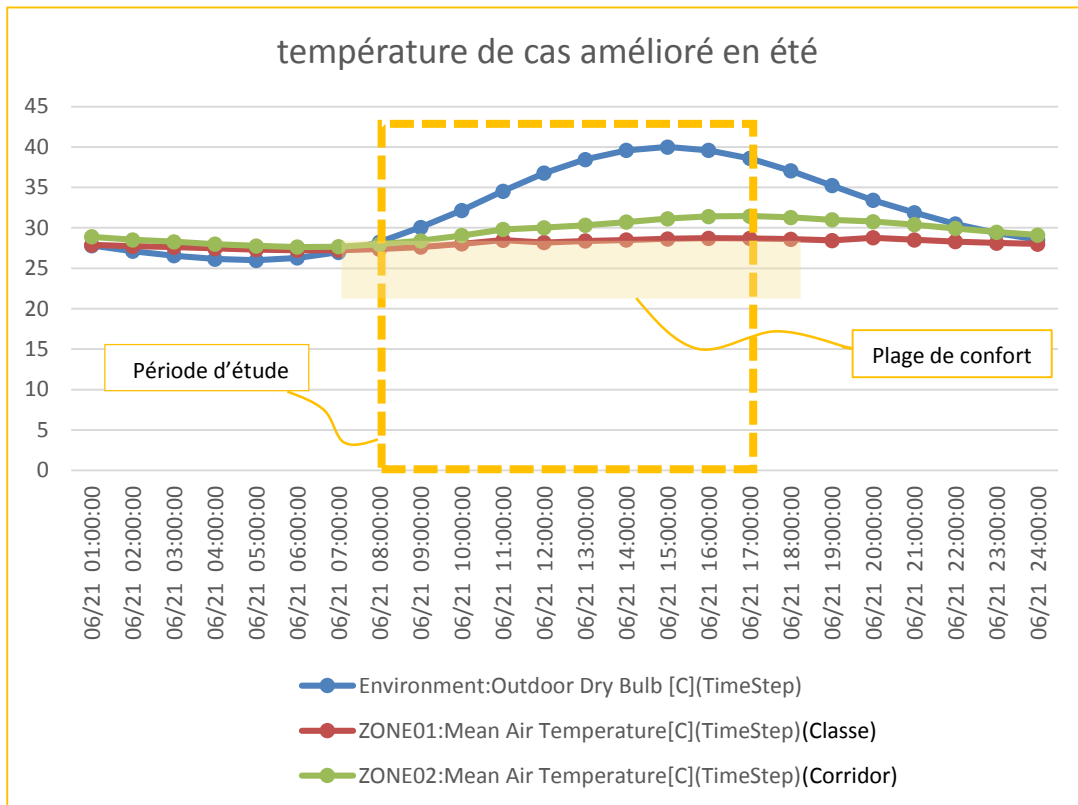
**Toiture ventilée pour amélioration**

**Commentaire : température cas amélioré en été**

Le corridor apportée par l'utilisation de la toiture ventilée à meilleur contribué à l'amélioration de conditions de confort thermique dans la salle de classe (désignée par la zone 1), la valeur de simulation aucune un domaine de (25° à 27°) voir *courbe 1.5*, durant toute la journée, le confort thermique ressenti durant la période estivale.

Mois d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
21 juin	40° C	3 m/s	315°	0,98

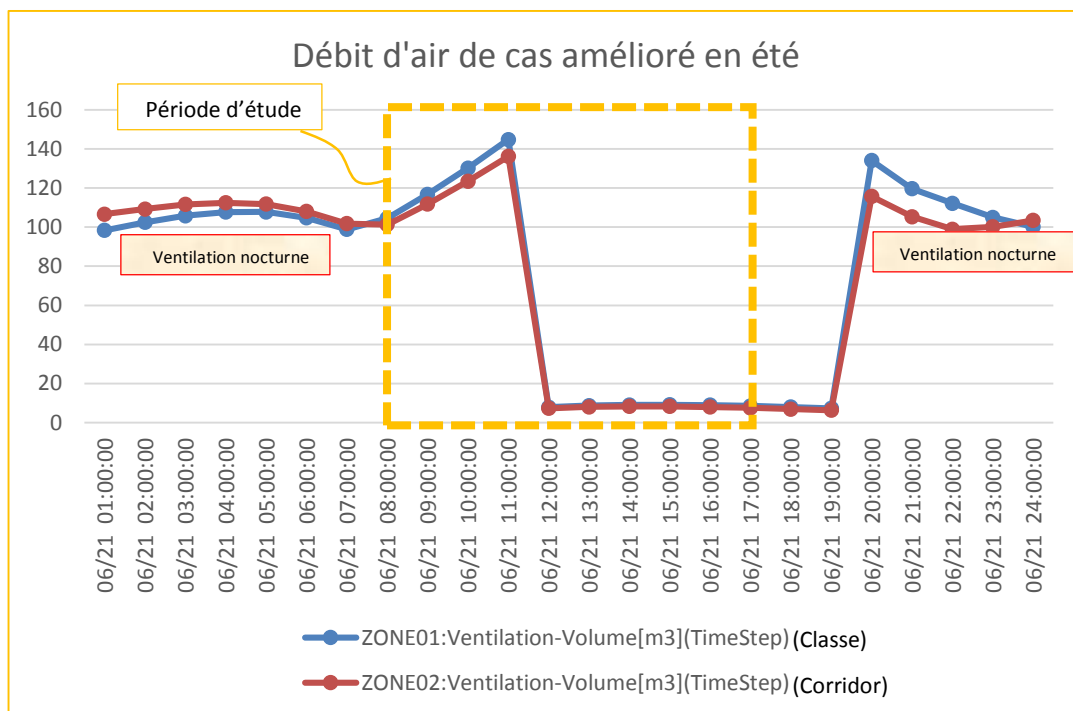
Tableau 1.3 caractère de moi d'étude 21 juin. Source météo de Laghouat



Courbe 1.5 température de cas amélioré en été. Source auteur

**Commentaire : débit d'air en été**

En plus de la ventilation nocturne, la ventilation diminué a été utiliser afin de garantir le confort respiratoire suivant en scénario d'ouverture fermeture des fenêtres, voir courbe 1.6, son pouvoir affecter le confort thermique dans la salle de classe.



Courbe 1.6 débit d'air de cas amélioré en été. Source auteur

**b. Période hivernale**

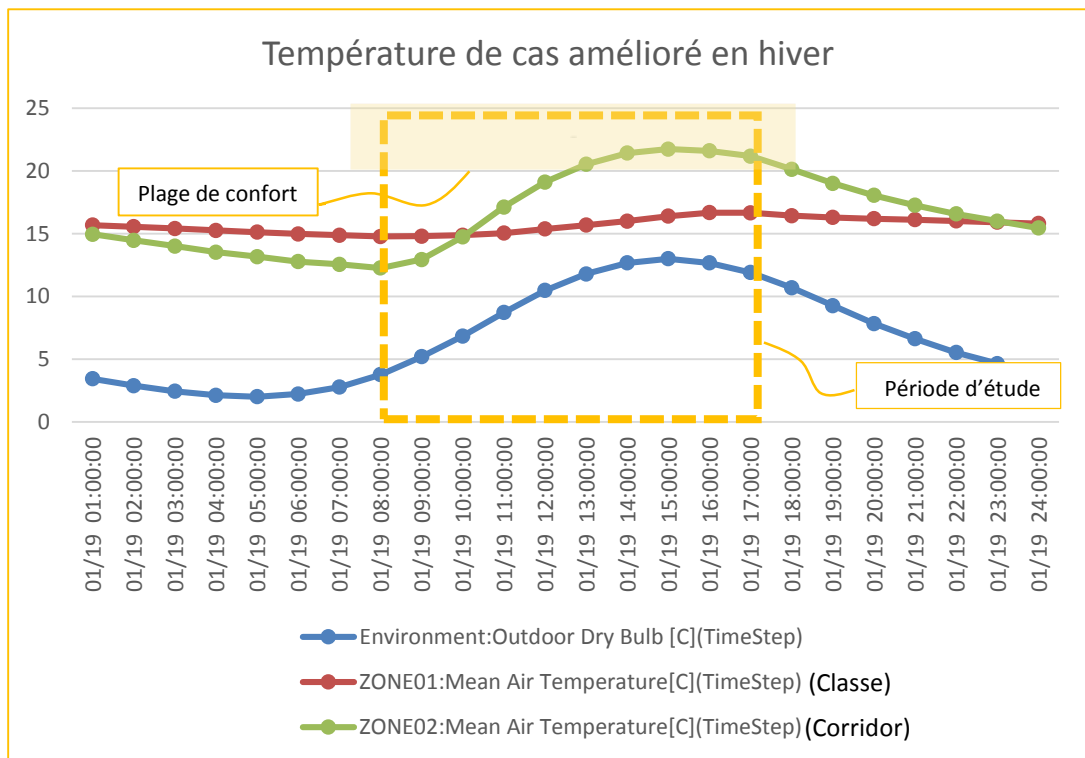
**Effet de serre par le corridor**

**Commentaire : température cas amélioré en hiver**

La température intérieur dans la salle de classe n’a pas atteint la plage de confort thermique 17°, voir *courbe 1.7*, en revanche la température diminué constante est maintenue durant toute la journée, nous notons que peu attendre la température de confort, d’autre paramètre devront être pris en considération tel que le nombre d’occupant, le clos d’activité, qui vont sensiblement contribuer à l’amélioration Des conditions de confort thermique dans la salle de classe.

Mois d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
21 décembre	13° C	8 m/s	5°	0,95

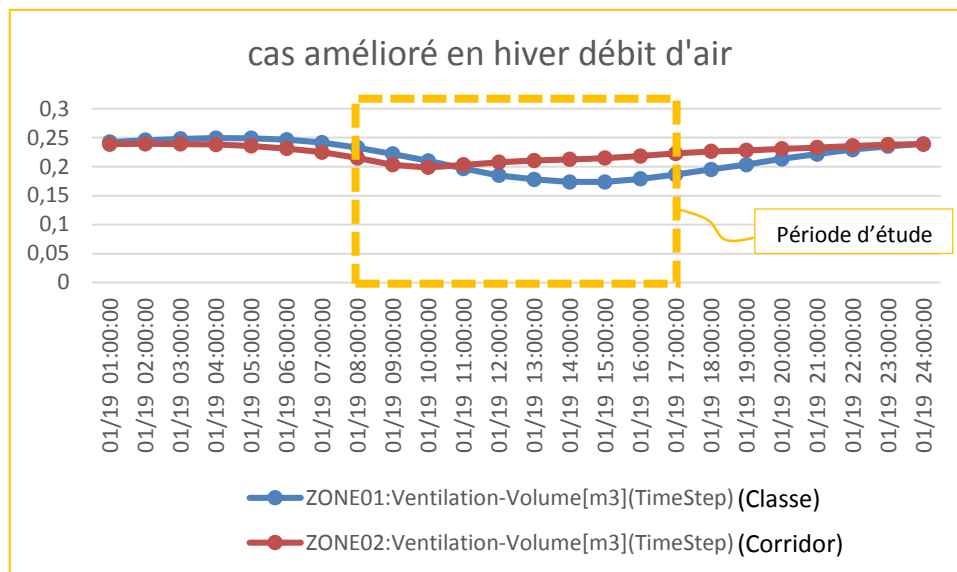
Tableau 1.4 caractère de moi d'étude 21 décembre. Source météo de Laghouat



Courbe 1.7 température de cas amélioré en hiver. Source auteur

**Commentaire : débit d’air en hiver presque les ouvertures fermé**

La période estivale les fenêtres sont généralement fermée durant toute la journée dans le débit de ventilation varie de 015 m3/s à 0.25 m3/s, voir courbe 1.8.



Courbe 1.8 Débit d'air de cas amélioré en hiver. Source auteur

## Synthèse

Le degré de contrôle offert aux usagers de salle de classe et les différents comportements d'adaptations ont contribué à l'ajustement de leurs environnements intérieurs, toute fois cette évaluation numérique de l'activité aéraulique à l'intérieure des salles de classes, ou les débits de ventilations étaient très significatifs durant les deux périodes, nous avons déduit que la ventilation par simple exposition durant les heures de cours assurait des débits importants cela est dû au facteur architecturaux telle la présence de surplomb sur la façade (corridor) , par conséquent, le confort thermique est très altéré durant le période hivernale, a contrario cette ventilation diurne assurait la température de confort durant la période estivale ou le confort thermique est le plus recherché.. Toutefois une intervention sur les fenêtres par des protections contre le rayonnement et des déflecteurs peut apporter une amélioration substantielle sur la qualité de confort de l'environnement intérieur.

## Conclusion

La conception d'un équipement scolaire est simple et facile mais toujours doit être respecté les normes de conception pour obtenir meilleur condition de confort.

Cette évaluation nous a permis de toucher un aspect d'une grande importance qui est le confort d'usage, cet aspect tant recherché dans les zones arides et particulièrement en milieu scolaire, les conceptions futures sont appelées dorés et déjà à prendre en considération le contexte environnemental dans tout le processus d'élaboration du projet et s'imprégner de l'usage de l'outil de simulation numérique afin d'assurer les meilleurs prévisions possibles.

Des vues en 3D :



Figure 5.47



Figure 5.48



Figure 5.49



Figure 5.50



Figure 5.51

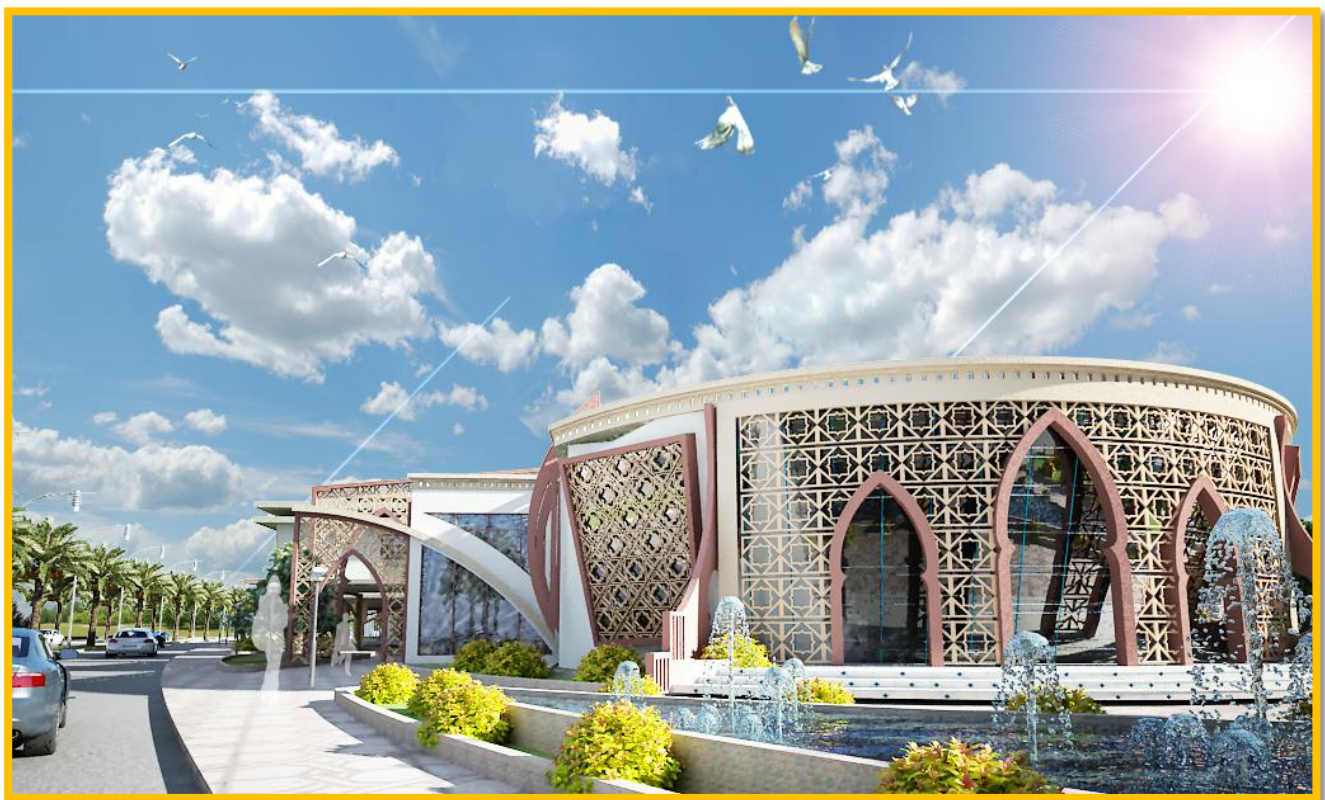


Figure 5.52



Figure 5.53



Figure 5.54



Figure 5.55



Figure 5.56



Figure 5.57



Figure 5.58



Figure 5.59



Figure 5.60



Figure 5.61



Figure 5.62



Figure 5.63



Figure 5.64



Figure 5.65



Figure 5.66



Figure 5.67



Figure 5.68