

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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB- BLIDA1
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER 2 en ARCHITECTURE

OPTION : Architecture Environnement et technologie

**INTITULE Mémoire : Apport de la rue intérieure bioclimatique sur
le confort thermique dans les classes de cours**

Projet de fin d'étude : conception d'un lycée durable à Koléa

Présenté par :
BOUDAA LOTFI
ALILI AMINE

Encadrantes :
Mme BENKAHOUL Leila
Mme ALIOUCHE Sihem

Jurées :
Mme KHETTAB Samia (MCB).
Mme DJEDDI Hadjer (MCB).

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements:

Cinq ans après être arrivés dans cette académie, nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

- Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés à atteindre ce niveau, tous ceux qui nous ont soutenus et nous ont fait confiance :

- Nous commençons par chers parents, nous voulons d'abord vous remercier car vous êtes notre modèle, vous êtes notre motivation et notre soutien de tous les instants, merci pour tous vos efforts et espérons que vous êtes fiers de nous.

- Remerciements particuliers à nos deux encadrants, Mm Benkahoul et Mme Aliouche, pour votre dévouement à nos côtés, pour nous avoir encadrés et transmis leur savoir pour faire de notre pfe une réussite totale.

- Nous tenons également à remercier les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail, pour leurs efforts pour enrichir le travail de propositions, et pour leur expérience pour nous guider sur la bonne voie.

-Nous tenons également à remercier notre famille et nos chers amis dont le soutien et la présence à nos côtés nous ont facilité la tâche.

Résumé:

L'éducation est considérée comme un facteur important du développement humain. Elle permet de former l'esprit des jeunes générations par la transmission d'un ensemble de connaissances, mais aussi de les éduquer en développant leurs qualités physiques, intellectuelles et morales, de façon à leur permettre d'affronter leur vie personnelle et sociale. La qualité de l'espace d'apprentissage a un impact positif sur le bien-être des élèves et plus précisément sur leurs performances et leurs efficacités à l'école.

Notre objectif par la conception d'un lycée à Koléa est de créer un milieu de vie adapté, stimulant, innovant et durable. Contrairement à l'ancienne façon de faire, la conception est basée non seulement sur des critères fonctionnels et techniques, mais aussi sur des objectifs spécifiques de performance tels que l'efficacité énergétique, le confort des occupants et la préservation de l'environnement. De ce fait, la conception du lycée est basée sur les principes passifs de l'architecture bioclimatique tels que : l'implantation, l'orientation des espaces, la forme et la compacité du bâtiment et le choix de matériaux.

Nous avons essayé d'évaluer le confort thermique dans notre projet en utilisant plusieurs outils. Il s'agit du diagramme bioclimatique de Givoni et de la simulation à l'aide du logiciel « Design Builder ».

Mots clés : architecture scolaire, architecture bioclimatique, confort thermique, efficacité énergétique.

Abstract:

Education is considered an important factor in human development. It allows to form the mind of the young generations through the transmission of a body of knowledge, but also to educate them by developing their physical, intellectual and moral qualities, so as to enable them to face their personal and social life. The quality of the learning space has a positive impact on the students' well-being and more specifically on their performance and efficiency at school.

Our goal in designing a high school in Kolea is to create an environment that is responsive, stimulating, innovative and sustainable. Unlike the old way of doing things, the design is based not only on functional and technical criteria, but also on specific performance objectives such as energy efficiency, occupant comfort and environmental preservation. Therefore, the design of the high school is based on the passive principles of bioclimatic architecture such as: layout, orientation of spaces, shape and compactness of the building and the choice of materials.

We tried to evaluate the thermal comfort in our project using several tools. These are the Givoni bioclimatic diagram and the simulation using the software "Design Builder".

Key words: school architecture, bioclimatic architecture, thermal comfort, energy efficiency

ملخص:

يعتبر التعليم عاملاً هاماً في التنمية البشرية. فهو يساعد على تكوين عقول الأجيال الشابة عن طريق نقل مجموعة من المعارف، وكذلك تثقيفهم بتنمية صفاتهم الجسدية والفكرية والأخلاقية، لتمكينهم من مواجهة حياتهم الشخصية والاجتماعية. ولنوعية حيز التعلم أثر إيجابي على رفاه الطلاب وعلى أدائهم وفعاليتهم في المدرسة على وجه التحديد.

هدفنا في تصميم مدرسة ثانوية في القليعة هو خلق بيئة معيشية متكيفة ومحفزة ومبتكرة ومستدامة. على عكس الطريقة القديمة للقيام بالأشياء، فإن التصميم لا يعتمد فقط على المعايير الوظيفية والتقنية، ولكن أيضاً على أهداف أداء محددة مثل كفاءة الطاقة وراحة التلاميذ والحفاظ على البيئة. نتيجة لذلك، يعتمد تصميم المدرسة على المبادئ السلبية للبيئة المناخية الحيوية مثل: التخطيط وتوجيه المساحات وشكل المبنى وانضغاطه واختيار المواد.

حاولنا تقييم الراحة الحرارية في مشروعنا باستخدام عدة أدوات وهي مخطط جيفوني للمناخ الحيوي والمحاكاة باستخدام برنامج

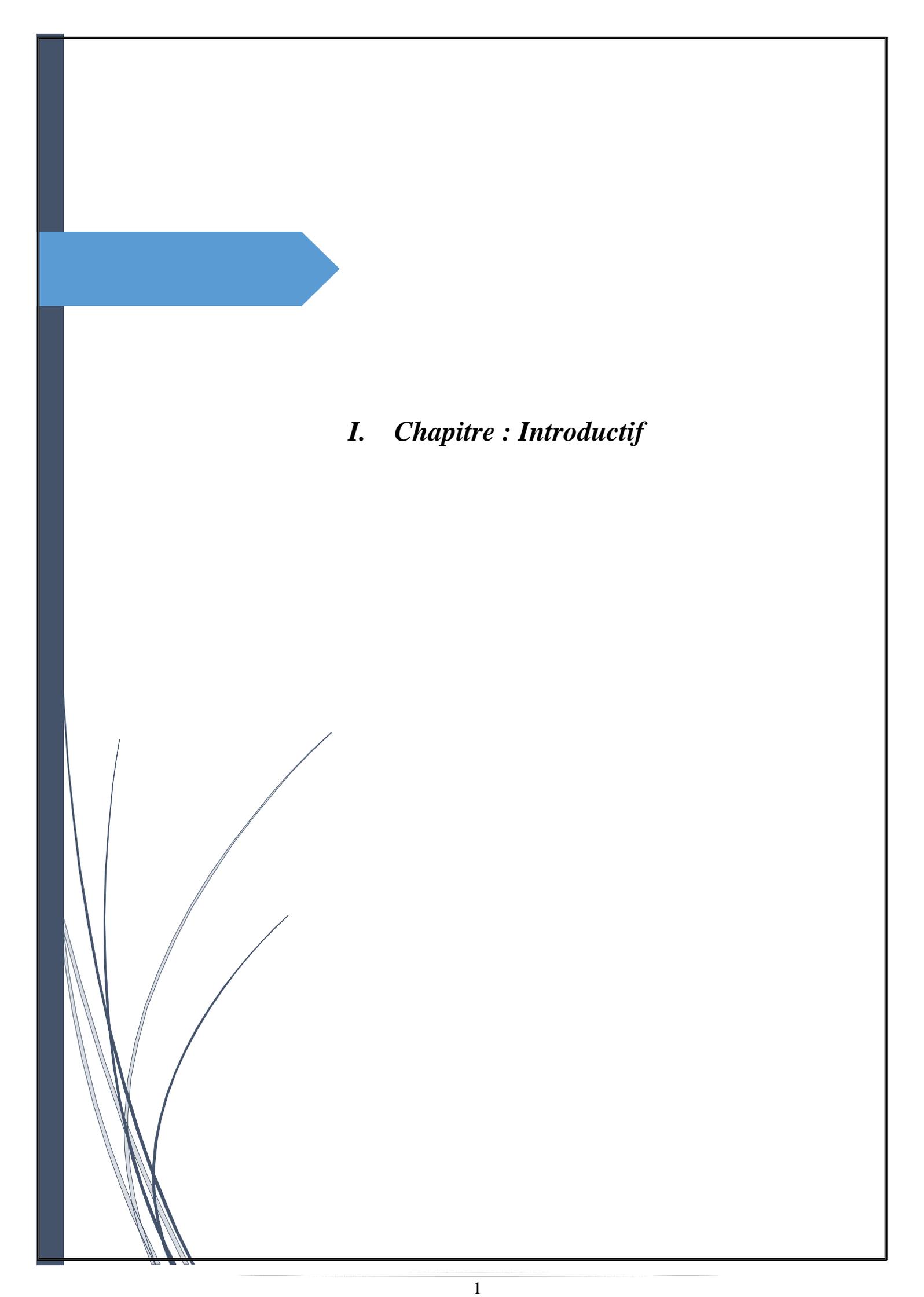
« Design Builder » .

الكلمات الرئيسية: بنية المدرسة، العمارة المناخية الحيوية، الراحة الحرارية، كفاءة الطاقة.

Sommaire

I. CHAPITRE : INTRODUCTIF	1
I.1 INTRODUCTION GENERALE.....	2
I.2 MOTIVATION DU CHOIX DU THEME :	3
I.3 PROBLEMATIQUES	3
I.4 OBJECTIFS.....	4
I.5 HYPOTHESES	4
I.6 METHODOLOGIE	4
I.7 STRUCTURE DE MEMOIRE.....	4
II. CHAPITRE : ETAT DE L'ART	6
II.1 CONCEPTS LIES A L'ENVIRONNEMENT	7
II.1.1 <i>Architecture bioclimatique</i>	7
II.1.1.1 Définition.....	7
II.1.1.2 Bioclimatique un terme nouveau pour une pratique ancienne.....	7
II.1.1.3 Principes de base de l'Architecture Bioclimatique	7
II.1.1.4 Appuis de l'architecture bioclimatique	8
II.1.1.5 Objectifs de l'architecture bioclimatique.....	8
II.1.1.6 Les trois systèmes de l'architecture bioclimatique.....	9
II.1.2 <i>Confort thermique</i>	12
II.1.2.1 Définition.....	12
II.1.2.2 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques relatifs au	12
II.1.3 <i>Efficienc e énergétique</i>	14
II.1.3.1 Définition.....	14
II.1.3.2 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques relatifs.....	15
II.2 CONCEPTS LIES AU THEME.....	16
II.2.1 <i>Présentation</i>	16
II.2.2 <i>Les types conceptuels des établissements scolaires et leurs caractéristiques</i>	20
II.2.3 <i>L'école bioclimatique</i>	22
II.2.3.1 Les bienfaits de la conception bioclimatique des écoles	22
II.2.3.2 Les principes de conception bioclimatique des écoles	23
II.2.4 <i>Analyse des exemples</i>	25
II.2.4.1 Synthèse des exemples	30
III. CHAPITRE : PROJET	31
III.1 ANALYSE DE SITE:.....	32
III.1.1 <i>Situation de l'aire d'étude</i>	32
III.1.2 <i>L'accessibilité</i>	33
III.1.3 <i>Environnement immédiat</i>	34
III.1.4 <i>Analyse de l'environnement naturel</i>	35
III.1.4.1 Présentation du terrain	35
III.1.4.2 Couverture végétale.....	36
III.1.4.3 Analyse séquentielle	36
III.1.5 <i>Analyse des données climatiques</i>	37
III.1.5.1 - Températures.....	37
III.1.5.2 - Précipitations	37
III.1.5.3 -Ensoleillement.....	38
III.1.5.4 - Vents.....	38

III.1.5.5	-Humidité.....	39
III.1.5.6	-L'ombrage	39
III.1.5.7	Diagramme de Givoni :.....	40
III.1.5.7.1	Stratégies recommandées en hiver.....	41
III.1.5.7.2	Stratégies recommandées en été.....	42
III.2	SCHEMA DE SYNTHESE D'ANALYSE DU SITE	43
III.3	CONCEPTUALISATION DU PROJET	44
III.3.1	<i>A l'échelle d'aménagement</i>	44
III.3.2	<i>A l'échelle du projet (genèse de la forme)</i>	46
III.3.3	<i>PROGRAMME SURFACIQUE D'UN LYCEE</i>	47
III.3.4	<i>L'organisation spatiale.....</i>	50
III.3.5	<i>Système structurel.....</i>	51
III.3.6	<i>Traitement de façades</i>	53
III.3.7	<i>Evaluation environnementale du projet</i>	54
III.3.7.1	<i>A l'échelle d'aménagement</i>	54
III.3.7.2	<i>A l'échelle du projet</i>	55
III.3.7.2.1	<i>Compacité</i>	55
III.3.7.2.2	<i>L'apport de notre rue intérieur</i>	55
III.3.7.2.2.1	<i>Captage solaire et Protection solaire</i>	55
III.3.7.2.2.2	<i>L'éclairage</i>	56
III.3.7.2.2.3	<i>Ventilation naturel.....</i>	56
III.3.7.2.3	<i>Matériaux.....</i>	57
III.3.8	<i>Simulation pour les salles de classe</i>	59
III.4	CONCLUSION.....	62



I. Chapitre : Introductif

1.1 Introduction générale

Depuis que l'homme s'est rendu compte des limites de la planète, des associations et des mouvements ont mis en lumière l'exigence d'agir face à cette réalité, afin de ne pas empêcher nos descendants de répondre à leurs besoins. Notre mode de vie doit répondre à cette exigence et trouver des solutions, dans le but de minimiser les risques sur l'environnement .¹

En Algérie, la problématique de l'énergie, consécutive du second choc pétrolier et de la réalité d'épuisement prochain des ressources fossiles, relance la nécessité de réfléchir à la consommation énergétique excessive et ses impacts sur le plan économique, écologique et environnemental. Suivant le billon énergétique national de 2017 la consommation nationale d'énergie une consommation qui a augmenté de plus de 4.1% .Cette consommation aurait un impact économique majeur.

Le secteur du bâtiment est très énergivore ; il présente 30 % à 40 % de la consommation énergétique totale. Cette énergie est principalement utilisée pour le chauffage et le refroidissement, qui représentent les solutions offertes pour régler les problèmes d'inconfort.

Ce secteur occupe, donc, une place particulière et constitue l'un des soucis majeurs face aux nécessités de la maîtrise de la consommation énergétique et atteindre le confort thermique. Dans notre travail on s'intéresse au bâtiment éducatif.

L'éducation est considérée comme un facteur important du développement humain, tout comme le développement du droit à l'éducation. Par conséquent, un système éducatif efficace est un grand avantage.

Les chercheurs ont confirmé que le milieu de vie dans lequel se déroulent les activités éducatives joue un rôle crucial dans le développement des individus, particulièrement des enfants. En effet le bâtiment est précisément son architecture a un impact très important sur l'efficacité pédagogique. Partant du principe que la qualité de la construction et de l'environnement des écoles est un élément essentiel pour améliorer la qualité de l'enseignement. Diverses stratégies ont été adoptées à travers le monde pour maintenir des conditions de travail optimales pour les élèves et les enseignants. Ainsi, l'évolution actuelle de la conception architecturale des infrastructures scolaires se caractérise par l'insertion des bâtiments dans leur environnement, « l'architecture joue un rôle pédagogique en assurant le confort visuel, acoustique, thermique, etc., sans échapper à l'attention des élèves ». ²En effet des recherches récentes ont montré qu'il existe un lien direct entre la qualité des espaces d'enseignement, du mobilier scolaire et des outils pédagogiques et le développement et l'efficacité de la qualité de l'enseignement. Par conséquent, une bonne structure et des méthodes d'enseignement de qualité appropriées ont un impact positif et à la fois sur la scolarité et sur la réussite scolaire.

¹ Liébard, 2005

² Maurice , Mazalto 2007

Dans le cadre de notre projet de Master 2 en architecture, nous nous sommes principalement intéressés à l'architecture de l'école, notamment le lycée, pour en faire un espace d'apprentissage agréable et en même temps fonctionnel. La relation entre la forme bâtie et les conditions climatiques du site est primordiale afin d'offrir le confort thermique aux usagers et assurer les meilleures performances du point de vue énergétique. Ainsi assurer une expérience plus confortable pour les apprenants et pour faciliter les tâches d'enseignement

1.2 Motivation du choix du thème :

L'éducation n'est pas seulement un bien précieux en soi, mais elle est aussi une composante du développement ³, elle est « une condition essentielle du développement durable ainsi que de la paix et de la stabilité à l'intérieur des pays et entre eux, et donc le moyen indispensable d'une participation effective à l'économie et à la vie des sociétés du 21ème siècle soumises à un processus de mondialisation rapide »⁴. pour cela nous nous sommes principalement intéressés à l'architecture de l'école, notamment le lycée

1.3 Problématiques

L'école d'aujourd'hui et de demain doit faire face à la diversité croissante des usagers, que ce soit en termes de culture, de statut socio-économique ou de capacité d'apprentissage. Depuis l'indépendance, un certain nombre de facteurs incluent : la pression démographique, la volonté pédagogique, la démocratisation de l'éducation, qui est aussi à l'origine de la demande constante de construction d'écoles, ce qui a poussé l'État à mettre en place un système d'uniformisation des bâtiments scolaires, de réduction des coûts et du délais d'achèvement (selon les objectifs nationaux et le ministère de l'Éducation). Selon les Statistiques de 1962 à 2012, une moyenne de 200 écoles primaires par an. Malgré cette évolution quantitative, il faut souligner aujourd'hui qu'une grande partie des infrastructures scolaires est dans un état frustrant et ne répond plus aux exigences pédagogiques contemporaines susceptibles de favoriser la réussite des apprentissages des élèves, parfois sans même tenir compte des caractéristiques et du contexte de son environnement lors de leurs constructions. En effet les politiques adoptées privilégient la quantité au détriment de la qualité.

Finalement, tous ces problèmes constatés, nous ont conduits à poser les questions suivantes :

- **Comment valoriser l'éducation en créant un équipement scolaire où l'élèves peuvent s'épanouir ?**
- **Comment allier conception architecturale, confort thermique et efficience énergétique ?**

³ Guttman, 2003

⁴ Fiske, 20002

1.4 Objectifs

- Rendre l'établissement scolaire un espace agréable à vivre en répondant aux besoins particuliers des usagers tout en respectant l'environnement
- Améliorer le confort thermique du bâtiment en utilisant les principes de l'architecture bioclimatique
- Réduire la consommation énergétique du bâtiment

1.5 Hypothèses

- La rue intérieure bioclimatique peut améliorer le confort visuel mais aussi le confort thermique (espace agréable).
- La conception bioclimatique peut nous aider à tirer pleinement parti des éléments naturels fournis par le site pour améliorer le confort thermique et réduire les consommations énergétiques.

1.6 Méthodologie

- Analyse du site où on va s'intéresser à l'analyse climatique de notre site à l'aide de deux logiciels meteonorm et climate consultant.
- Analyse des exemples.
- Evaluation environnemental
 - A l'échelle d'emménagement
 - A l'échelle du projet
 - simulation du confort thermique avec un logiciel de simulation (desingBuilder)

1.7 Structure de mémoire

Notre mémoire est structuré en trois chapitres :

Chapitre I : Chapitre introductif

Ce chapitre comporte la problématique, les objectifs, les hypothèses, méthodologie du travail, ainsi que la structure du mémoire.

Chapitre II : Etat de l'Art

Le deuxième chapitre comporte les définitions des concepts et notion liés à l'environnement et au

thème, il s'agit de : l'architecture bioclimatique, le confort thermique, l'efficacité énergétique, l'architecture scolaire, l'école bioclimatique. Cette partie va nous permettre de créer un socle solide de connaissances susceptibles de nous aider dans la conception de notre projet.

Chapitre III : Projet

Le troisième chapitre est consacré au projet. Il est divisé en 3 parties . Dans la première nous allons présenter l'analyse du site et l'analyse bioclimatique. La deuxième partie concerne les étapes de la conception du projet et la dernière sera consacré à l'évaluation environnemental à l'échelle de l'aménagement suivi des simulations du confort thermique à l'intérieur des classes de cours

Conclusion générale :

Une conclusion générale dans laquelle nous présenterons la synthèse et les résultats de tout le travail et les perspectives à moyen et à long terme.



II. Chapitre : Etat de l'Art

II.1 Concepts liés à l'Environnement

II.1.1 Architecture bioclimatique

II.1.1.1 Définition

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Elle a pour objectif d'obtenir des conditions de vie agréables de la manière la plus naturelle possible, en utilisant par exemple les énergies renouvelables (les éoliennes ou l'énergie solaire) disponibles sur le site.⁵

« La conception architecturale bioclimatique s'inscrit dans la problématique contemporaine liée à l'aménagement harmonieux du territoire et à la préservation du milieu naturel. Cette démarche, partie prenante du développement durable, optimise le confort des habitants, réduit les risques pour leur santé et minimise l'impact du bâti sur l'environnement. »⁶

II.1.1.2 Bioclimatique un terme nouveau pour une pratique ancienne

En effet, dans toutes les architectures vernaculaires, les hommes ont élaboré des techniques de constructions diverses et ont utilisé des matériaux locaux, principalement de la terre ou de la pierre qui sont les matériaux les plus abondants sur la planète, ils se soucient de la qualité des espaces et de leur température et ce, sans qu'ils aient ressenti le besoin de donner un nom à ce qu'ils faisaient.⁷

II.1.1.3 Principes de base de l'Architecture Bioclimatique

L'architecture bioclimatique fait appel à de stratégies de valorisation des ressources naturelles dans le but d'assurer des conditions de vie optimale dans une démarche respectueuse de l'environnement⁸. Et pour cela, l'architecture bioclimatique se base sur les principes suivants :

-Capter le rayonnement solaire (Figure 1)

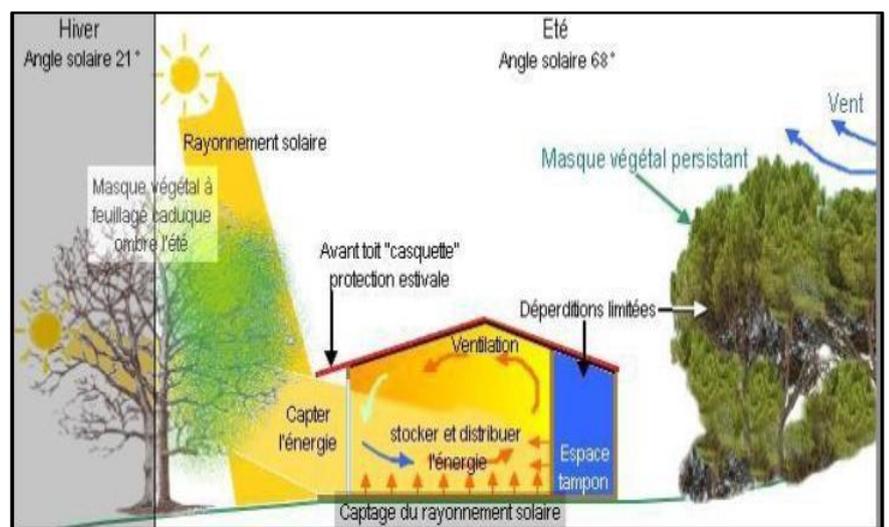


Figure 1: les principes de l'architecture bioclimatique (Source: Alain L et al, 2005)

⁵ <http://www.futura-sciences.com/magazine/.../d/maison-architecture-bioclimatique->

⁶ Alain Liébard et André de Herde : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (2005).

⁷ Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa, Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 281 – 292.

<http://www.eco.sud.com> L'architecture bioclimatique, association Eco sud

⁸ Alain L et al, 2005

- Stocker l'énergie ainsi capter
- Distribuer cette chaleur dans l'habitat
- Réguler cette chaleur

II.1.1.4 Appuis de l'architecture bioclimatique

- Un choix de matériaux adéquats.
- Une orientation conjuguant un maximum d'apports solaires et une exposition aux vents minimum (ouvertures face sud, pas ou peu d'ouvertures face nord, etc.).
- Une conception de bâtiment adaptée aux besoins saisonniers (chaleur en hiver, fraîcheur en été)

En hiver, il s'agit de capter la chaleur du soleil grâce aux vitrages, à des vérandas, et à des murs capteurs. Ceux-ci stockent la chaleur dans la maçonnerie lourde durant l'exposition pendant la journée, et la restituent pendant la nuit. Elle est conservée grâce aux capacités de stockage des matériaux, à leur étanchéité et leurs vertus isolantes.

La conception intérieure des espaces joue également un rôle primordial pour une bonne isolation thermique. Ainsi, des « zones tampons » doivent être aménagées cotés nord, afin de réduire l'impact de froid. Des pièces peu utilisées comme la salle de bain, le garage, la buanderie, les escaliers, les couloirs, etc.... constituent des zones tampons idéales.

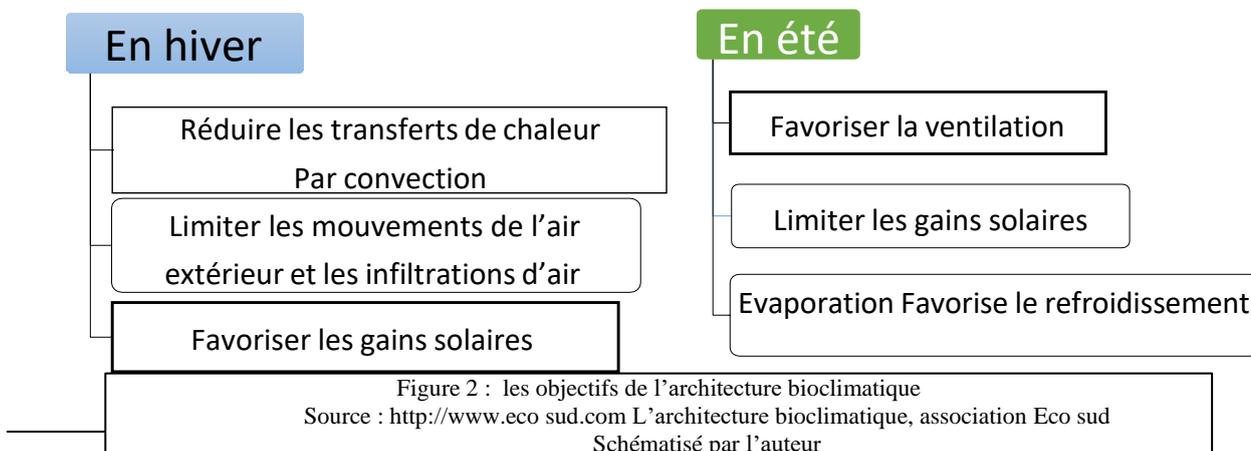
L'investissement économique d'une construction bioclimatique est très limité, et rapidement compensé par les économies réalisées sur la facture énergétique : jusqu'à 40% !⁹

II.1.1.5 Objectifs de l'architecture bioclimatique

L'objectif principal de cette approche est de concevoir des bâtiments de manière « naturelle », c'est à- dire en s'inscrivant pleinement dans leur environnement.

Un bâtiment bioclimatique doit donc tenir compte du relief du terrain sur lequel il est bâti, de la végétation qui l'entoure, de la course du soleil tout au long de la journée.

L'approche bioclimatique est applicable à n'importe quel type de bâtiment afin d'atteindre les objectifs suivants :¹⁰(Figure 2)



⁹ https://www.academia.edu/8224450/Association_Eco_Sud

¹⁰ www.eco sud.com L'architecture bioclimatique, association Eco sud

II.1.1.6 Les trois systèmes de l'architecture bioclimatique

Afin d'atteindre ses objectifs, l'architecture bioclimatique s'appuie sur plusieurs systèmes (Alain L et al, 2005). À savoir :

- Système actif (technologie intégré)
- Système passif (concept architectural intégré)
- Système hybride (utilisation des deux systèmes actif et passif)

Le système actif

-L'énergie solaire captée en façade ou en toiture par un panneau solaire chauffe un fluide caloporteur (air, eau) qui transfère cette énergie à un stock. La circulation du fluide caloporteur nécessite une dépense d'énergie (généralement électrique) qui représente une fraction de l'énergie captée. (Figure 3)

Le chauffe-eau solaire avec pompe de circulation est un système solaire en général.

La performance du système dépend avant tout de son réglage et de la qualité des composants.

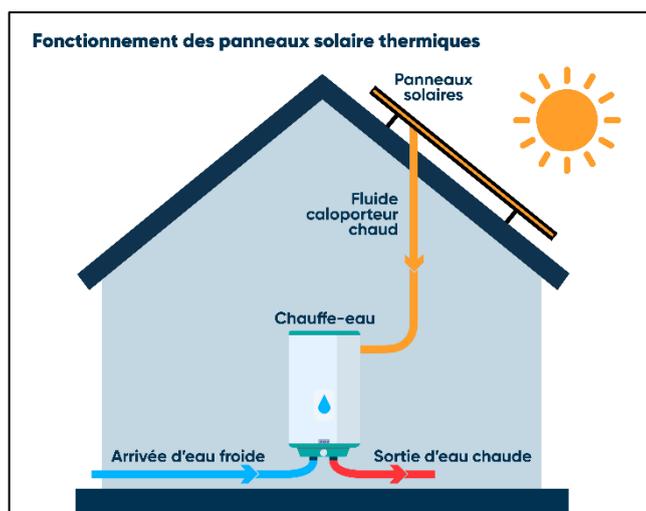


Figure 3 : fonctionnement panneau solaire
Source : <https://www.calculo.fr/eco-travaux/panneaux-solaires-photovoltaiques/les-captteurs-solaires>

-Le capteur solaire photovoltaïque

Le capteur solaire photovoltaïque capte les rayons du soleil **pour les transformer en électricité**. Il se compose de cellules de silicium qui captent l'énergie solaire. Ces calories de chaleur sont transportées vers un boîtier, un onduleur ou micro-onduleur, qui transforme ce courant continu en courant alternatif. Ce courant alternatif est envoyé vers les appareils électriques du bâtiment (Figure 4).

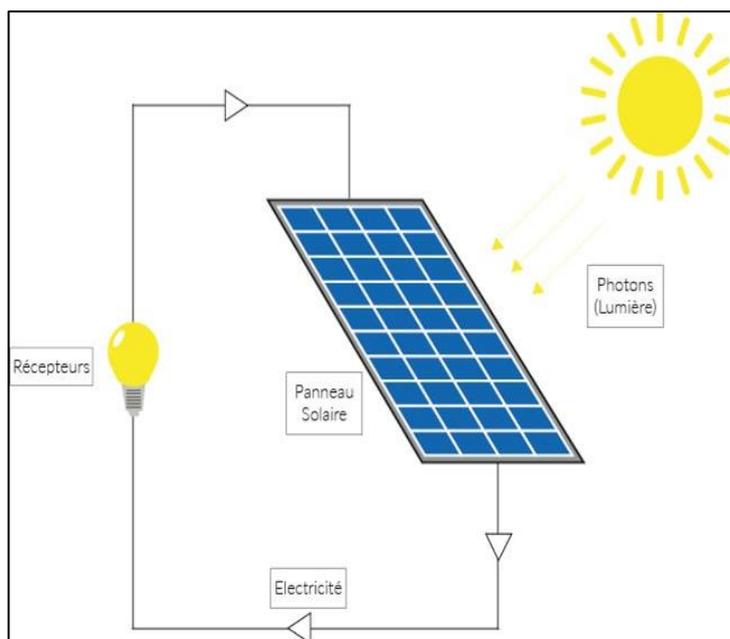


Figure 4 : fonctionnement capteur solaire photovoltaïque
<https://www.hellowatt.fr/blog/fonctionnement-panneau-solaire-photovoltaique/>

Système passif

Les systèmes passifs les plus répandus sont la fenêtre, la véranda vitrée et la serre.

L'utilisation passive de l'énergie solaire est en fait présente dans toute construction munie de fenêtres : elle consiste à laisser pénétrer le rayonnement solaire par les ouvertures transparentes, ce qui apporte à la fois lumière et chaleur. L'énergie solaire est captée et stockée dans les parties massives internes du bâtiment (dalles, plafonds, parois intérieures). La fenêtre est le capteur solaire le plus répandu et elle contribue, en l'état actuel, grâce à ses apports de chaleur, à réduire d'environ 10% la consommation d'énergie de chauffage. La performance des systèmes passifs dépend avant tout de la qualité et de la précision de la conception architecturale.

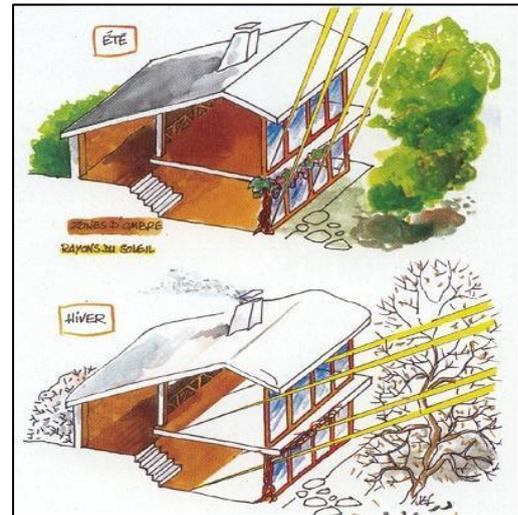


Figure 5 : Principes de construction bioclimatique en fonction de l'ensoleillement
Source : <http://hebergement-touristique-durable.lenord.fr/architecture-bioclimatique.html>

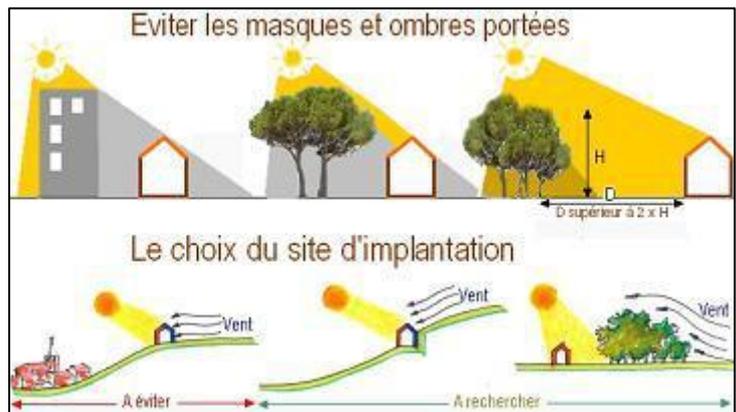


Figure 6 : implantation-orientation-masque
<http://hebergement-touristique-durable.lenord.fr/architecture-bioclimatique.html>

Système hybride

Ces systèmes ont un fonctionnement tantôt passif tantôt actif, comme :

- Le collecteur fenêtre (ou capteur-fenêtre) avec circuit d'air chaud ou le capteur à l'air. Le capteur-fenêtre fonctionne de deux manières : lorsque le rayonnement est faible, il se comporte comme une fenêtre ordinaire (gains directs), lorsque le rayonnement est plus intense ($>300\text{W/m}^3$) un store vénitien est abaissé dans la coulisse entre la fenêtre intérieure et la fenêtre extérieure et un ventilateur pulse l'air en circuit fermé du collecteur vers le stock (et de retour).

Ces systèmes sont relativement complexes encombrant et coûteux.

- **Le puits canadien** consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air

neuf de renouvellement d'air hygiénique par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1.5 mètre.

En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux.

Avec ce système, l'air aspiré par la VMC ne sera pas prélevé directement de l'extérieur (via les bouches d'aération des

fenêtres), d'où une économie de chauffage. Ainsi **un puits canadien** pourra naturellement réchauffer un air extérieur à -15° et l'amener à une température de l'ordre de 5° dans les pièces à vivre. Cette récupération d'énergie s'effectue naturellement par échange thermique des tubes d'air enterrés dans le sol.

En été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure : ce puits astucieux

alors appelé **puits provençal** (Figure 7), va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le logement. Ainsi avec une température extérieure voisine de 30° l'air introduit peut par échange frigorifique avec la terre être abaissé jusqu'à 22°. ¹¹

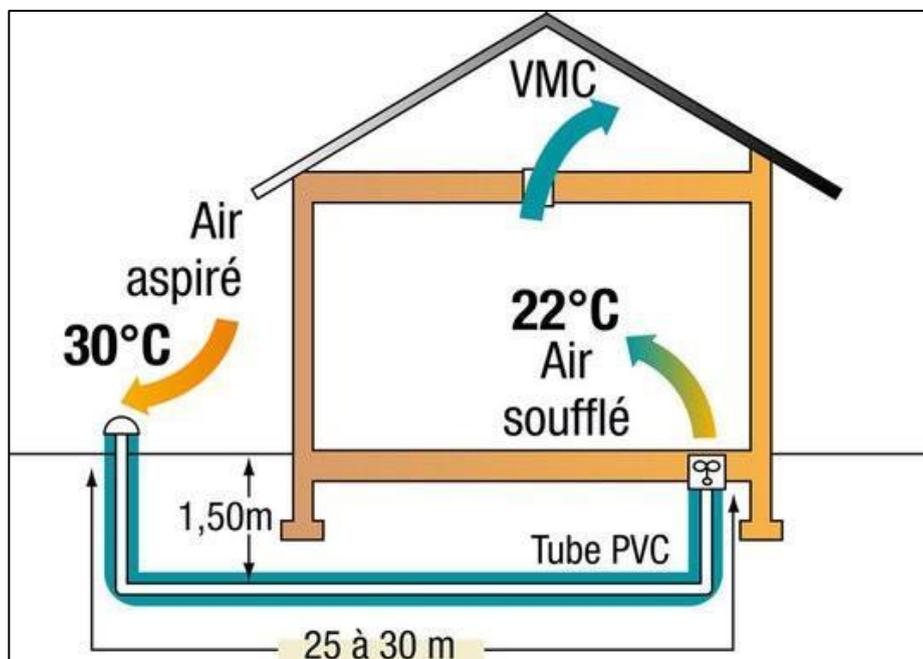


Figure7: puits provençal / puits canadien
<https://www.deco.fr/bricolage-travaux/air-climatisation/qr/521321-quels-sont-les-differents-types-de-ventilation-d-un-puits-canadien.html>

¹¹ <https://www.climamaison.com/lexique/puits-canadien.htm>

II.1.2 Confort thermique

II.1.2.1 Définition

Été comme hiver, nous recherchons tous le plus grand confort à l'intérieur de notre maison, avec une température agréable et adaptée. Cette sensation, que l'on appelle confort thermique se vit donc tout au long de l'année, et repose sur plusieurs critères, certains totalement subjectifs, d'autres liés à des paramètres environnementaux précis.

Le confort thermique est une sensation physique, liée à la température, et qui est propre à chacun d'entre nous. En hiver, un bon confort thermique est lié à une sensation suffisante de chaleur (Ni trop, ni pas assez chaud). En été, il faut limiter cette sensation de chaleur et plutôt assurer une certaine fraîcheur à l'intérieur du logement. Le confort thermique peut donc se définir comme la sensation de bien-être ressentie dans une ambiance donnée, et relative à plusieurs critères, à la fois extérieurs et relatifs à chaque individu.¹²

II.1.2.2 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques relatifs au

Confort thermique

Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable. Afin d'optimiser le confort des occupants tout en préservant le cadre naturel de la construction, de nombreux paramètres sont à prendre en compte. Une attention tout particulière sera portée à l'**orientation du bâtiment** (afin d'exploiter l'énergie et la lumière du soleil), au choix du **terrain** (climat, topographie, zones de bruit, ressources naturelles, ...) et à la **construction** (surfaces vitrées, protections solaires, compacité, matériaux, ...).¹³(

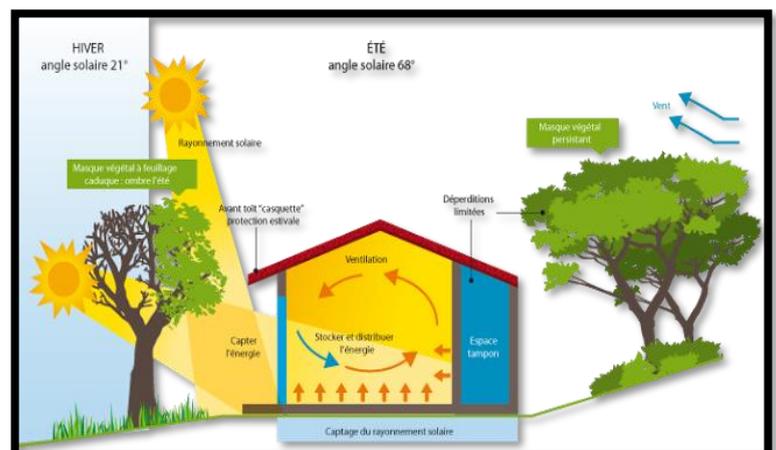


Figure 8 : Principes de base d'une conception bioclimatique
Source : www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique

Figure 8)

¹² expert en confort intérieur depuis 1947

¹³ www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique

En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment. La conception bioclimatique s'articule autour des 3 axes suivants :

Capter / se protéger de la chaleur

Dans l'hémisphère nord, **en hiver**, le soleil se lève au Sud Est et se couche au Sud-Ouest, restant très bas (22° au solstice d'hiver) (Figure 9). Seule la façade Sud reçoit un rayonnement non négligeable durant la période d'hiver. Ainsi, en maximisant la surface vitrée au sud, la lumière du soleil est convertie en chaleur (effet de serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite.

Dans l'hémisphère nord, **en été**, le soleil se lève au Nord Est et se couche au Sud-Ouest, montant très haut (78° au solstice d'été) (Figure 9). Cette fois ci, ce sont la toiture, les façades Est (le matin) et Ouest (le soir) qui sont le plus irradiées. Quant à la façade Sud, elle reste fortement irradiée mais l'angle d'incidence des rayons lumineux est élevé.

Il convient donc de protéger les surfaces vitrées orientées Sud via des protections solaires

horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire en été. Sur les façades Est et Ouest, les protections solaires horizontales sont

d'une efficacité limitée car les rayons solaires ont une incidence moins élevée. Il conviendra d'installer des protections solaires verticales, d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de mettre en place une végétation caduque.

En règle générale, dans l'hémisphère nord, on propose :

- Une maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales,
- Une minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage sera forcément plus déperditif qu'une paroi isolée,
- Des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest afin de se protéger des surchauffes estivales. Par exemple, les chambres orientées à l'ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.¹⁴

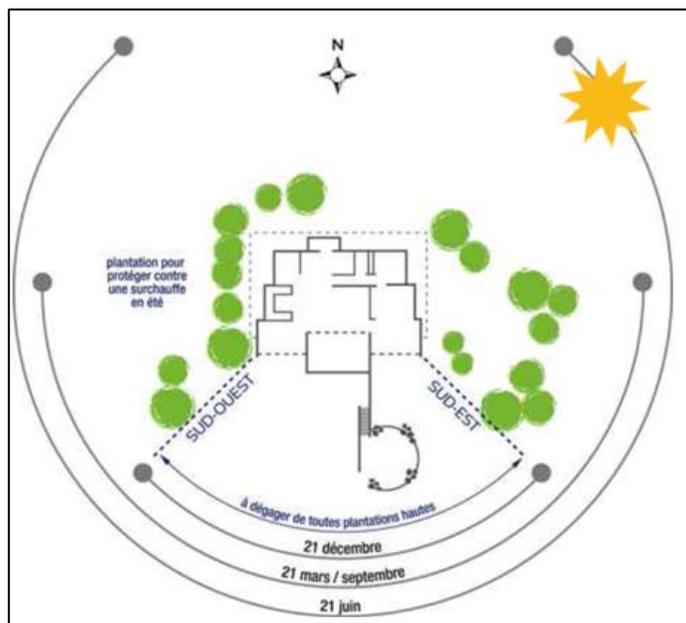


Figure 9 : trajectoire soleil hiver/été
Source : <http://pro-eco-conseil.fr/Articles/Conception-bioclimatique.php>

¹⁴ - expert en confort intérieur depuis 1947

Transformer, diffuser la chaleur

Une fois le rayonnement solaire capté et transformé en chaleur, celle-ci doit être diffusée et/ou captée. Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de favoriser les sols foncés, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de mettre des teintes claires au plafond.¹

Il est également à noter que les matériaux mats de surface granuleuse sont plus aptes à capter la lumière et la convertir en chaleur que les surfaces lisses et brillantes (effet miroir).

Une réflexion pourra également être faite sur les matériaux utilisés, pouvant donner une impression de chaud ou de froid selon leur effusivité.¹⁵

Conserver la chaleur ou la fraîcheur

En hiver, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

En été, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une sur-ventilation par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur.¹¹

II.1.3 Efficience énergétique

II.1.3.1 Définition

Efficience énergétique selon la définition du dictionnaire environnement et développement durable Désigne un paramètre qui exprime le rapport entre l'effet utile et l'énergie consommée, et qui fait appel aussi à la notion de coût ou de comportement. S'il s'agit de modifications techniques qui permettent de réduire la consommation pour un même effet utile (amélioration d'un procédé industriel, cogénération, ...) on parle d'efficacité énergétique.¹⁶

¹⁵ expert en confort intérieur depuis 1947

¹⁶ Le dictionnaire de l'environnement www.dictionnaire-environnement.com

II.1.3.2 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques relatifs

À l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique des bâtiments devient donc une nécessité. Elle vise à mettre en œuvre des projets qui optimisent l'utilisation de l'énergie tant par une conception adaptée que des moyens techniques appropriés. Elle s'appuie sur le Trias Energetica (Figure 10), stratégie visant à réduire la consommation énergétique des bâtiments en 3 étapes¹⁷ :

1. Diminuer la consommation d'énergie en rappelant que l'énergie la plus durable est celle qui n'est pas consommée. Elle inclut différentes actions, dont maximiser l'apport de lumière naturelle pour l'éclairage, isoler les façades et les toitures pour réduire les besoins en chauffage ou en refroidissement, ou encore utiliser des appareils économes en énergie, tels que l'éclairage au LED

2. Utiliser les sources d'énergie durable telles que le vent, l'eau et le soleil, mais aussi la géothermie via

L'installation de chauffe-eau solaires, de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes ou de pompes à chaleur

3. Utiliser l'énergie fossile de la manière la plus efficace possible pour répondre aux besoins restants en limitant, par exemple, la longueur des conduites des systèmes de chauffage et de refroidissement.

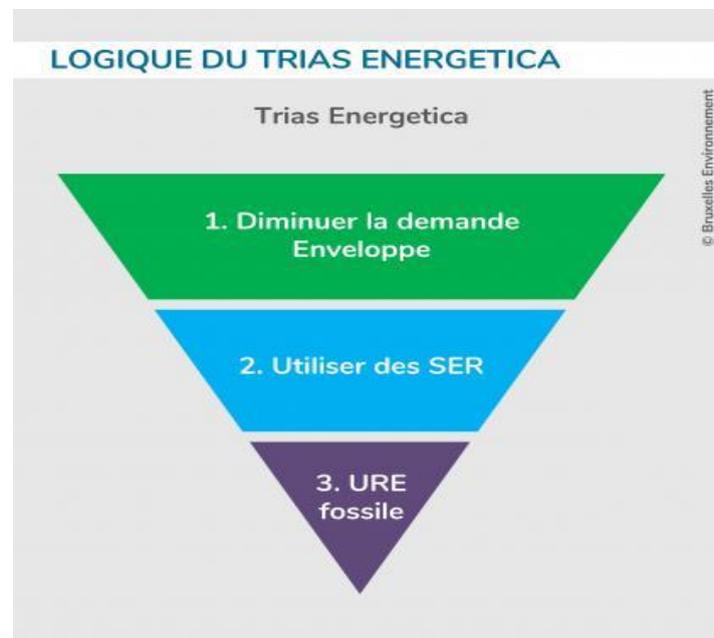


Figure 10 : Trias Energetica
Source : www.guidebatimentdurable.brussels/diminuer-consommation-denergie-batiments/construction-neuve

¹⁷ MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES Écoconstruction et efficacité énergétique dans les bâtiments

II.2 Concepts liés au thème

II.2.1 Présentation

❖ *Etablissement scolaire*

Est un lieu familier qui structure. L'espace public. Fréquenté par des générations successives de citoyens dans le but d'apprentissage et de formation !

Le lycée :

Dans le système éducatif Algérien, le lycée correspond au troisième cycle des études secondaires

· Les lycées publics sont par définition gratuits et ouverts à tous.

· Les lycées privés sont payants, leur taille est généralement plus petite, ce qui permet un meilleur encadrement et un accompagnement plus individualisé.

L'ÉCOLE EN ALGÉRIE, L'ALGÉRIE À L'ÉCOLE DEPUIS 1830

L'ÉCOLE EN ALGÉRIE, L'ALGÉRIE À L'ÉCOLE DEPUIS 1830

Quand les Français entreprennent la conquête de l'Algérie en 1830, ils découvrent un système d'enseignement coranique, qui dispense aux jeunes garçons une alphabétisation à base religieuse, dans les msids des villes et dans les tentes-écoles des tribus. Quelques milliers d'autres élèves reçoivent dans les médersas ou dans les zaouïas un enseignement plus élaboré, notamment en grammaire et en arithmétique. Ce système, qui s'était dégradé au cours des siècles, subit durement le choc colonial qui le prive d'une grande partie de ses ressources, et le fige dans des pratiques archaïques. Il oppose en même temps une résistance farouche à la conquête.

Médersas ou madrassas (Figure 11) : écoles traditionnelles qui assurent un niveau de scolarité de type secondaire. Elles ne doivent pas être confondues avec les universités.

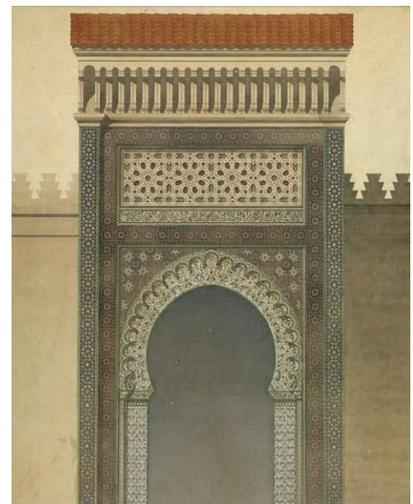


Figure 11 :Édouard Danjoy (1838-1905), M'Dersa Tachfinia à Tlemcen, élévation de la porte, 1873, contrecollé, lavis, Charenton-le-Pont, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine. Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

Msids : écoles coraniques, petites écoles dont l'enseignement consiste à apprendre à lire et à écrire sur des tablettes les lettres de l'alphabet et quelques textes du Coran .

Zaouïas (Figure 13) : confrérie (communauté religieuse) regroupant une école, un couvent et une auberge autour du tombeau d'un saint dont elle porte le nom. Écoles, principalement situées dans les zones rurales, qui poursuivent l'apprentissage du Coran et de ses commentaires. ¹⁸



Figure 12 : Intérieur d'école arabe à Constantine, mai-juin 1846
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN



Figure 13 : Zaouïa, environs de Bougie (aujourd'hui Bejaïa), 1880-1890, Collection « Musée d'Histoire de France et d'Algérie »
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

Sous le Second Empire (1852-1870), des tentatives de développer un enseignement arabo-français, y compris au niveau secondaire, voudraient promouvoir une mixité ethnique et linguistique dans le cadre du « royaume arabe¹ » rêvé par Napoléon III, mais elles cessent à la chute de celui-ci.

Trois « médersas franco-musulmanes » sont cependant créées par le pouvoir colonial à Tlemcen, Constantine et Alger pour former ses cadres algériens, agents du culte et hommes de loi. Transformés en lycées franco-musulmans pour former de véritables bilingues, ces établissements seront supprimés peu après l'Indépendance.



Figure 14: Médersa de Tlemcen, carte postale, collection « Musée d'histoire de France et d'Algérie »
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN



Figure 15: Antoine Brun (1832-1900), Collège arabo-français d'Alger, vers 1860, maquette, bois sapin-tilleul
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

¹⁸ MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

LES ENSEIGNEMENTS A ET B

Après 1870, le système éducatif métropolitain est étendu à l'Algérie : les élèves européens et assimilés ont à leur disposition des écoles publiques de tous niveaux et de grandes qualités, ainsi que des écoles confessionnelles. Très vite des lycées sont créés à Alger, Oran, Constantine, département de Bône..., tandis qu'une université se constitue progressivement à partir de 1879.¹⁹



Figure 16:Enseignement A. Classe de 6e , collège de Mostaganem. 1913, photographie Tourte et Petitin
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN



Figure 17:Enseignement B. Classe de M. Péliissier, école de Tamazirt (Kabylie), vers 1914, collection Salem Chaker.
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

Après la Première Guerre mondiale et la participation importante des troupes d'Algérie à « l'œuvre de guerre », la généralisation de l'école française aux enfants musulmans est réclamée par tous ceux (libéraux français, enseignants et nationalistes algériens modérés) qui prônent l'assimilation, le bilinguisme et l'octroi de plus de droits politiques aux Algériens musulmans. Des écrivains décrivent la misère des élèves algériens et le sort encore moins enviable des nombreux enfants non scolarisés¹⁹.



Figure 18:Abdelhamid Ibn Badis (ou cheikh Ben Badis, 1889-1940) développe l'enseignement destiné à la jeunesse musulmane au cours des années 1930
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

À l'occasion de la Seconde Guerre mondiale, dont la fin coïncide avec le soulèvement de Sétif en mai 1945, des responsables français mesurent les risques politiques des insuffisances de la politique scolaire française en direction des Algériens musulmans. Les décrets du 27 novembre 1944 définissent un vaste plan de scolarisation avec l'ambition de créer en 20 ans 20 000 classes pour un million d'enfants

En 1949, la « fusion » des enseignements A et B est décidée, au prix de mesures de rattrapage pour les classes « indigènes », devenues classes d'initiation. En apparence, l'école devient facteur d'intégration dans cette société clivée par le rapport colonial.¹⁹ Pourtant la misère des



Figure 19:« Une classe de filles à Ouargla vers 1950 », photographie extraite d'Algérie
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

¹⁹ MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

musulmans – y compris ceux qui fréquentent l'école – reste immense, et justifie l'initiative de Germaine Tillion de créer en 1955 les centres sociaux éducatifs destinés à « donner une éducation de base aux éléments masculins et féminins » privés d'école et survivant dans les bidonvilles et les campagnes les plus défavorisées.²⁰

L'ÉCOLE À L'ÉPREUVE DE LA GUERRE

La généralisation de l'enseignement public s'accroît au moment de la guerre d'Algérie, et surtout du Plan de Constantine (1958), dans les conditions extrêmement ambiguës de la pacification. La guerre entraîne la destruction ou la fermeture de nombreuses écoles et la mort de plusieurs dizaines d'enseignants, mais mobilise aussi de très nombreux soldats-instituteurs dans des régions qui n'avaient jamais été touchées par la scolarisation.²⁰

APRÈS L'INDÉPENDANCE

Le 5 juillet 1962, l'Algérie redevient indépendante. La coopération avec la France, organisée par les déclarations d'Évian, couvre tous les secteurs. Plus de la moitié des 15 000 coopérants français mis à la disposition du nouvel État sont des enseignants qui arrivent ou reviennent en Algérie pour la rentrée de 1962. Jamais autant d'élèves algériens n'auront été scolarisés en français, mais l'arabisation de l'enseignement réduit à partir de 1970 la place de la langue française.

Aujourd'hui, la politique éducative algérienne s'efforce de prendre en compte les réalités linguistiques du pays : si l'arabe standard est devenu langue officielle, le berbère a été reconnu comme langue nationale, et un débat s'est ouvert sur la place à donner à l'arabe dialectal. Le français, largement utilisé dans les administrations, la littérature et les médias fait figure de « langue seconde » de référence, enseignée dès la troisième année de l'école fondamentale et requis pour la plupart des disciplines scientifiques de l'enseignement supérieur. Cinquante ans après l'indépendance, les débats sur l'efficacité et la modernisation du système éducatif restent passionnés en Algérie.²⁰



Figure 20: Vue panoramique aérienne du quartier des écoles à Orléansville, fin 1950, carte postale
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN



Figure 21: Soldat instituteur avec ses élèves, école dans l'Ouarsenis, créée par des militaires, 1960-1961
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN



Figure 22: Le jeune instituteur Georges Morin avec ses élèves de CP (2e année primaire) de l'école Arago à Constantine fin juin 1963, collection Georges Morin. Droits réservés.
Source : MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION - ROUEN

II.2.2 Les types conceptuels des établissements scolaires et leurs caractéristiques

Le Type Cour

- *Le type cour était l'un des plus utilisés dans le passé et même aujourd'hui
- *les espaces extérieurs ont une grande importance dans ce type de plan



Figure 23 : Le 4e Gymnasium, Amsterdam
(Www.johnlewismarshall.com)

Ses caractéristiques

- *une zone extérieure protégée facile à surveiller
- *il contribue de façon significative à créer un sentiment de propriété dans la communauté scolaire
- *il est concentré visuellement sur les espaces intérieurs qui procurent généralement un sentiment de bien-être.

Le Type grappe

- *La principale caractéristique du type grappe est que le bâtiment est fragmenté en différents volumes

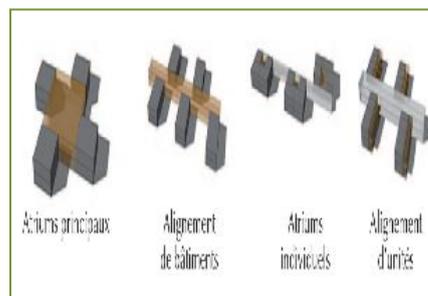


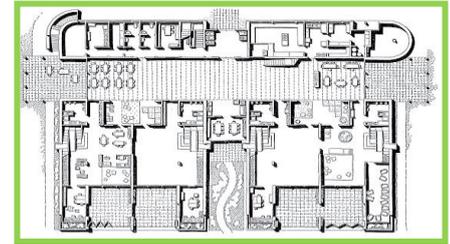
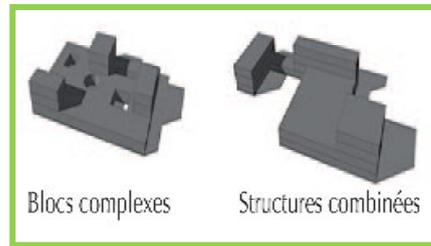
Figure 24 : le type grappe
CELE Exchange 2010/3 – ISSN 2072-7925 – © OECD 2010

Ses caractéristiques

- * représente des unités pédagogiques indépendantes
- * Dans le type grappe le déplacement des zones privées aux zones publiques est filtré par les espaces communs

Le Type ville

* une multiplicité d'espaces et de fonctions, d'où la métaphore de la ville



Ses caractéristiques

- les « blocs complexes : des bâtiments à un seul étage,
- les « structures composées » : formées de différents volumes agencés librement

Figure 25 : type ville
CELE Exchange 2010/3 – ISSN 2072-7925 – © OECD 2010

Le Type bloc

*Le type bloc est caractérisé par des volumes compacts et une implantation intérieure simple.

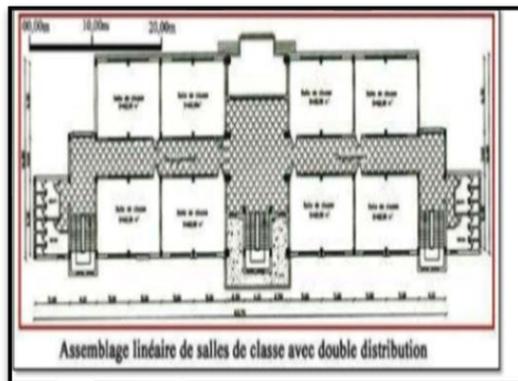
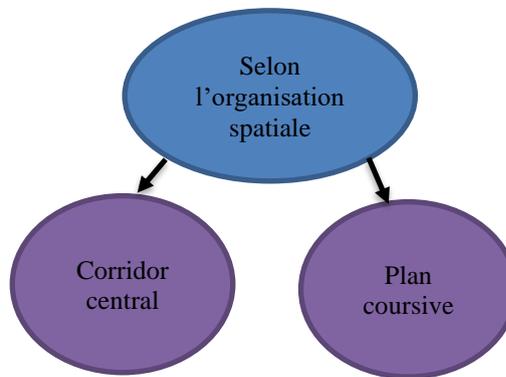


Figure 26 : Corridor central
<https://www.gov.scot/publications/building-standards-technical-handbook-2020-domestic/fire/2-14-fire-rescue-service-facilities/>

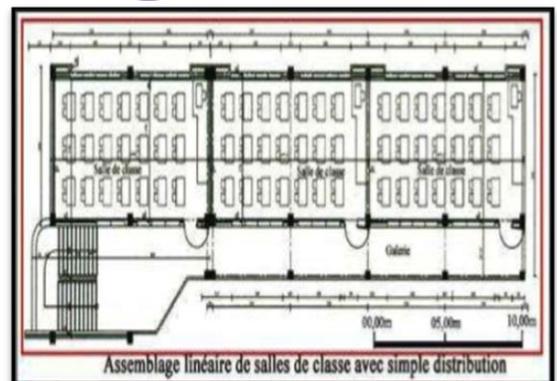


Figure 27 : Plan coursive
<https://www.gov.scot/publications/building-standards-technical-handbook-2020-domestic/2-fire/2-14-fire-rescue-service-facilities/>

Ses caractéristiques

- *Ce type est un unique grand espace de socialisation menant directement aux espaces d'apprentissage principaux (salles de classe, ateliers, laboratoires).
- *L'espace peut être utilisé simultanément pour des activités différentes

II.2.3 L'école bioclimatique

Un concept assez nouveau qui consiste à construire un bâtiment scolaire qui établit un équilibre harmonieux entre l'occupant et son milieu, en préservant les ressources naturelles et l'environnement et en favorisant le confort et la santé des usagers.

Les écoles bioclimatiques sont construites pour réduire les coûts de la consommation énergétiques et conserver les ressources naturelles²¹. D'autre coté les écoles bioclimatiques contribuent à trouver des solutions aux problèmes environnementales et à assurer le bien-être des écoliers²². Intégrer les bâtiments scolaires dans une démarche de développement durable constitue une véritable nécessité.²³

Ce type des bâtiments scolaires est basé sur une compréhension profonde de l'environnement, sur la création d'un espace d'apprentissage au lieu de la machine éducatif. Une école bioclimatique efficace est celle qui est capable d'intégrer avec succès la conception d'un bâtiment durable ou les aspects distincts de la conception bioclimatique sont utilisés²⁴. D'une autre part, l'école bioclimatique contribue à transformer la société à une société plus durable, capable à explorer des solutions aux problèmes environnementaux, elles servent de modèles d'action responsable. La conception et la construction de telles installations doivent répondre aux exigences de confort en été sans climatisation, ainsi que de confort en hiver pour réduire l'utilisation d'éléments d'appointes.

II.2.3.1 Les bienfaits de la conception bioclimatique des écoles

Les recherches modernes ont clairement démontré qu'il y a de multiples bienfaits qui viennent des bâtiments bioclimatiques²⁵. Il y a un corpus des recherches en croissance qui a montré que les écoles bioclimatiques, non seulement, peuvent réduire effectivement leurs impacts sur l'environnement, mais ainsi elle a un effet oppositif sur la santé des usagers²⁶ ou l'étude de Kats en 2006 a prouvé que la conception de telles écoles est extrêmement rentable (2 % plus que les écoles ordinaire).

Certaines études ont démontré qu'il existe une forte relation entre l'effet holistique de la lumière naturelle et le bien-être et la productivité des élèves, en 1999 une étude menée par le groupe de Hescong Mahone sur la lumière naturelle dans les salles de classe ont démontré une amélioration de 20 % dans la performance académique des élèves dans les salles éclairées naturellement²³. Des autres recherches ont prouvé que l'amélioration des conditions de vie à l'intérieur des salles de

21 Spake A, 2008

22 Gado, T, 2009

23 Gelfand et al 2010

24 Chan, 2014

25 WORLDGBC 2013

26 Yudelson, 2008 ; Gelfand et al 2010

classes est fortement liée à la bonne performance académique ²⁷ . Dans le même contexte l'étude de Donnell et al. 2010 ont évalué l'impact de la qualité de l'air intérieur sur les étudiants dans les salles de classe a trouvé qu'il y a une réduction moyenne de 38 % d'asthme dans les bâtiments avec une qualité de l'air amélioré.²⁸

II.2.3.2 Les principes de conception bioclimatique des écoles

La conception d'une école bioclimatique se base principalement sur une bonne gestion de l'air, de la chaleur et du froid en limitant les déperditions de chaleur en hiver, et en se protégeant de la chaleur en été. Pour trouver cet équilibre, la conception bioclimatique doit s'articuler autour des axes suivants :

- o **Le choix du site** : prenant en considération les caractéristiques du site : climat, végétation, topographie, ensoleillement, réseaux, et même le contexte social (la proximité des maisons des écoliers, ...), alors une parfaite connaissance du lieu est indispensable.
- o **La conception architecturale** : Il est parfaitement possible d'assurer à la fois une bonne qualité architecturale, une excellente qualité de l'environnement intérieur et une très faible consommation d'énergie au moyen d'une conception intelligente et multidisciplinaire dont les principaux éléments conceptuels sont : l'organisation spatiale, l'insertion du projet dans son environnement, le choix du parti architectural, l'orientation des constructions et la flexibilité des espaces.

o **La forme architecturale** (Figure 28) : La compacité est généralement une règle en architecture bioclimatique, car elle permet de limiter les surfaces dépréciatives ou soumises à un

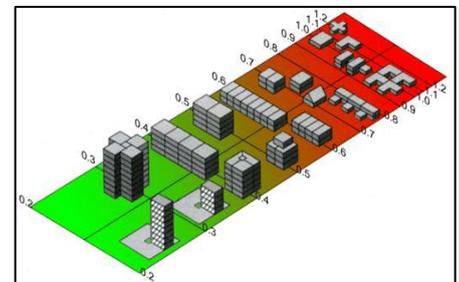


Figure 28 : La compacité
28 Compacité de différentes formes géométriques Cherqui (2005).

éclairage solaire important.

o **L'isolation** du bâtiment, entre autres avec des matériaux à forte inertie thermique pour limiter les échanges avec l'extérieur

o **La ventilation** (Figure 29) est tout aussi importante, pour garantir un air sain et renouvelé et éviter les problèmes d'humidité, dans les écoles, la ventilation peut être assurée mécaniquement par des ventilateurs et/ou la circulation naturelle de l'air passant par des portes

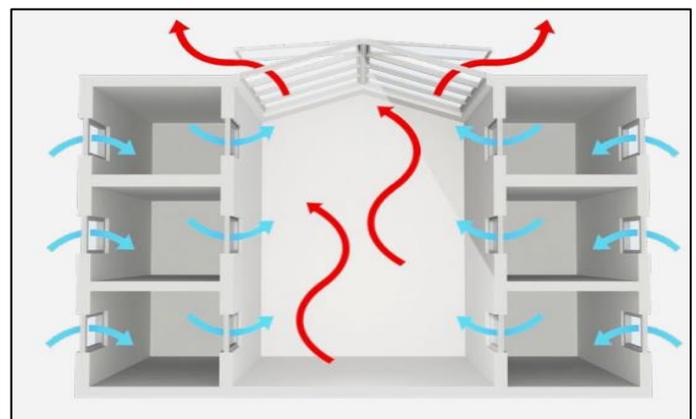


Figure 29 : ventilation naturelle
[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4113912/Campaigns/Learning %20Environments](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4113912/Campaigns/Learning%20Environments)

²⁷ WORLDGBC

²⁸ O'donnell w et al ,2010

et fenêtres ouvertes.

- o On peut aussi travailler sur **l'énergie solaire** et les autres **énergies renouvelables** éventuellement disponibles
- o **La gestion des ouvertures et de l'éclairage naturel** est un point crucial, pour trouver le bon compromis entre luminosité et confort thermique.
- o **Le choix des matériaux** est aussi important : privilégier les matériaux naturels (biomatériaux), à base de matières premières renouvelables qui sont sains et écologiques ou issus de produits recyclés.
- o Opter pour **les matériaux peu énergivores** (économies en énergie durant la fabrication, le transport, et l'entretien) et exclure le recours aux matériaux nocifs pour la santé.
- o Faire appel aux **matériaux produits localement**.

Exemple LYCEE LÉONARD-DE-VINCI A CALAIS, FRANCE

II.2.4 Analyse des exemples

Fiche technique

Architectes : Isabelle Colas et Fernand Soupey, Calais.
Calendrier : concours, décembre 1995 ; chantier, octobre 1996 à septembre 1998.
Surfaces : 21 852 m²,

Présentation et Situation de projet

Le lycée HQE Léonard-de-Vinci est un établissement public local d'enseignement, il se situe à Calais, il est le premier d'un programme de bâtiments scolaires HQE initié par la région Nord-Pas-de-Calais.

Forme
 L'implantation du lycée le protège des vents Est-Ouest.
 La composition du plan de masse permet une orientation des façades qui tire parti en toutes saisons de l'ensoleillement et de l'éclairage naturel pour augmenter le confort tout en réduisant la consommation d'énergie par optimisation des températures avec un captage solaire passif

Fonction
 Concentrés dans l'angle sud-ouest d'un terrain de 4 ha, les éléments du programme sont répartis dans cinq constructions. Leur volumétrie et leurs façades très diversifiées ont été adaptées à leurs différentes fonctions. Une passerelle en chêne franchit le canal et mène à un bâtiment en portion de cercle : administration et centre de documentation y sont organisés de part et d'autre d'une rue intérieure paysagée, éclairée zénithalement. Elle est prolongée à l'est par une aile destinée à l'enseignement scientifique, au nord par les classes de l'enseignement général, la restauration et les cuisines. Dans la cour, une construction en rez-de-chaussée est consacrée à l'enseignement spécialisé. Les neuf logements de fonction sont répartis dans des maisons en bande, alignées à l'est du terrain.



Figure 30: lycée léonard-de-Vinci à calais
 Source : livre " l'architecture écologique"

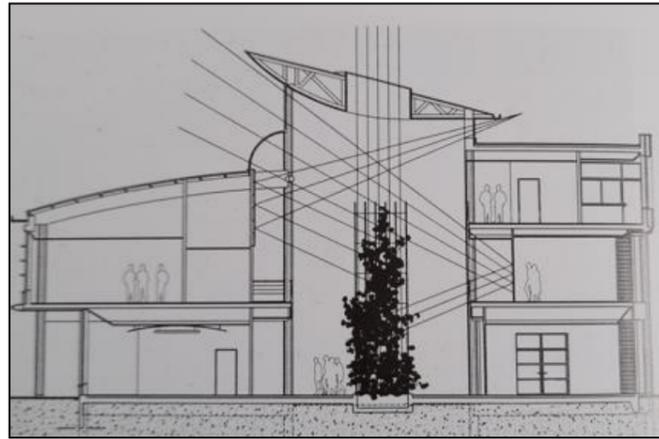


Figure 31: Coupe sur la rue intérieure
 Source : livre " l'architecture écologique"

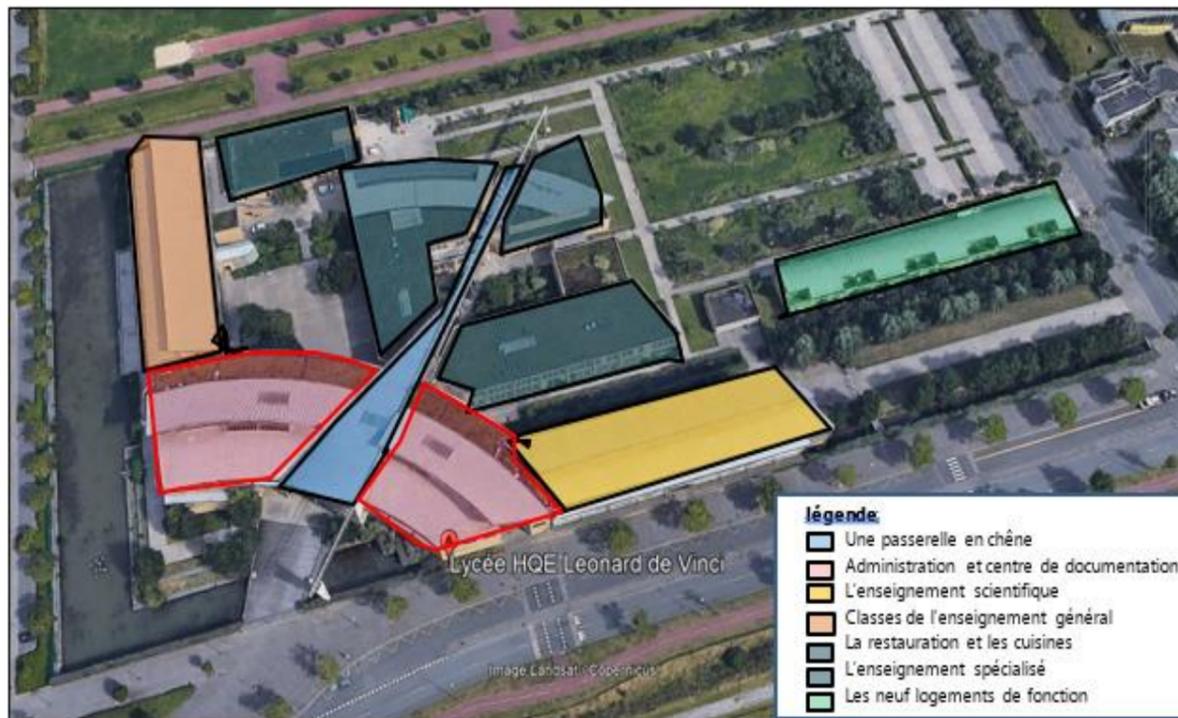


Figure 32: les fonctions
 Source : google Erth traité par auteur



Figure 33: vue sur projet
 Source : google erth



Figure 34: vue sur projet
 Source : google erth



Figure 36 : plan de masse traité par l'auteur

Plan de masse et accessibilité

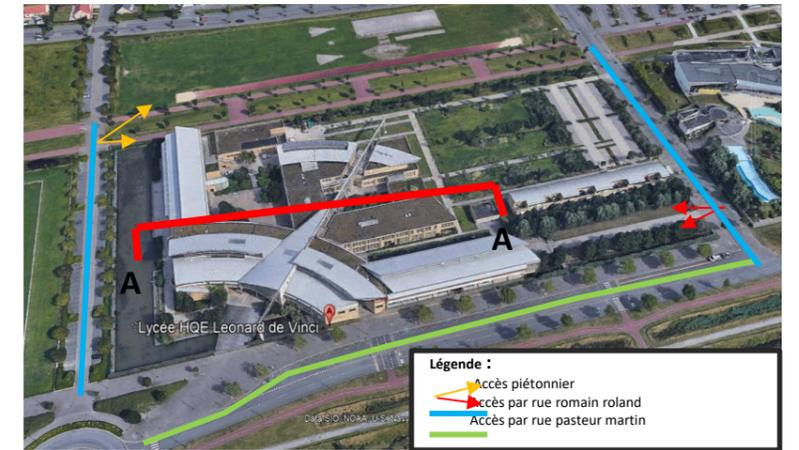


Figure 35: Plan de masse et accessibilité
 Source : google erth traité par l'auteur

Contexte et site
 L'omniprésence de l'eau a influencé la conception. La parcelle est ceinte de canaux et découpée par des fossés permettant la récupération des eaux de pluie, conduites vers le grand bassin qui longe la façade ouest du lycée à l'aide de la pente (figure43). Pour structurer le site, le réseau des fossés, orientés est-ouest



Figure 37: Coupe AA' Source : google erth



Figure 38 : Façade sud
 Source : google erth



Figure 39: Façade Ouest
 Source : google erth

Façades
 -Une façade représentée par un module respecté verticalement, mentionné par des raidisseurs de façade
 -Une façade avec des grands bords en rythme horizontale orienté vers sud et Ouest pour bien profiter de l'éclairage naturel afin de minimiser la consommation énergétique en répondant à la fonction de la construction (un établissement d'apprentissage donc plusieurs salles d'études qui exigent un bon éclairage)

Source : livre " l'architecture écologique" par Dominique Gauzin-Müller

Caractéristiques bioclimatiques

Energies renouvelables

Éolienne

L'alimentation en électricité est partiellement assurée par une éolienne d'une puissance maximale de 135 kW. Elle fournit de l'énergie électrique quand la vitesse du vent est comprise entre 10 et 90 km/h. Cette éolienne est équipée d'un rotor à trois pales d'un diamètre de 22 m, fixé sur un mât de 35 m. L'énergie produite est utilisée par le lycée, et revendue cas d'excédent.



Figure 40: Éolienne
Source: livre "l'architecture écologique"



Figure 41: vue de projet
Source: livre "l'architecture écologique"

Passive

La récupération des eaux de pluie, collectées sur les 3 000 m² de toiture dans un bassin de 200m³. Après filtration, cette eau, qui représente un volume annuel de 2 000 m³, est réinjectée par pompage dans le circuit d'eau non potable et couvre la consommation des chasses d'eau et de l'arrosage.



Figure 42: aspect bioclimatique du projet
Source: phosphore n°207 de septembre 1998

Capteur solaire et panneaux photovoltaïques

Les besoins en électricité basse tension destinée à l'alimentation des systèmes d'alarme et de l'éclairage de sécurité sont couverts par les 136 modules de 50 WC (watts crêtes) d'un générateur photovoltaïque de 75 m². Posés sur une structure en aluminium placée en toiture, ils ont une puissance de 6 800 WC. Une armoire de gestion de l'énergie permet de stocker l'électricité produite dans un parc de batteries



Figure 43: Capteur solaire et panneaux photovoltaïques
Source: livre "l'architecture écologique"

L'optimisation de l'éclairage naturel est un élément fondamental de la conception. Puits de lumière, orientation des parties vitrées, réflexions sur les parois, couleur des murs et forme des faux-plafonds favorisent la diffusion de la lumière naturelle.

Implantation et forme adaptées aux vents dominants

Dans le système de ventilation des classes l'air chaud expulsé à l'extérieur du bâtiment est mis en contact avec l'air froid qui rentre. On a donc moins besoin d'énergie pour chauffer les salles

Analyse d'exemple LYCEE HOE LIFFRE

Fiche technique

L'établissement scolaire de 1 200 ouvert en septembre 2020

- Maîtrise d'Ouvrage : Région Bretagne
- Mandataire : SemBreizh
- Maitre d'œuvre: Chomette-Lupi et Associés – Architectes



Figure 44: vue du lycée liffre
Source : <https://kiiwan.fr>

Situation et accessibilité

Le projet est situé au sein d'un campus culturel, sportif et éducatif intégrant école, collège, salle de sport, piscine centre culturel et stade d'athlétisme, terrains de foot et mur d'escalade. Ce lieu vivant est dédié à la vie sociale et à la construction de l'humain situé au cœur de la cité facile à accès quels que soient les moyens de déplacement utilisés.



Figure 45 : Plan de situation
Source : www.bretagne.bzh

le projet bénéficie des accès suivants :

1. accès piéton et véhicule
2. accès parking
3. accès cycliste
4. accès de service
5. accès pour les logements
6. accès secours



Figure 46: Accessibilité du terrain
Source : <https://kiiwan.fr/> Traitement personnel

Implantation



Figure 47: La forme des bâtiments
Source : <https://kiiwan.fr/> Traitement personnel

Une conception qui épouse la forme du terrain avec des banquettes des petites murettes en gabion et des rampes, les bâtiments sont éclatés avec des articulations horizontaux. L'implantation et la morphologie des bâtiments du site découlent des exigences fonctionnelles mais aussi des atouts et contraintes du site et du climat.

Orientation du projet

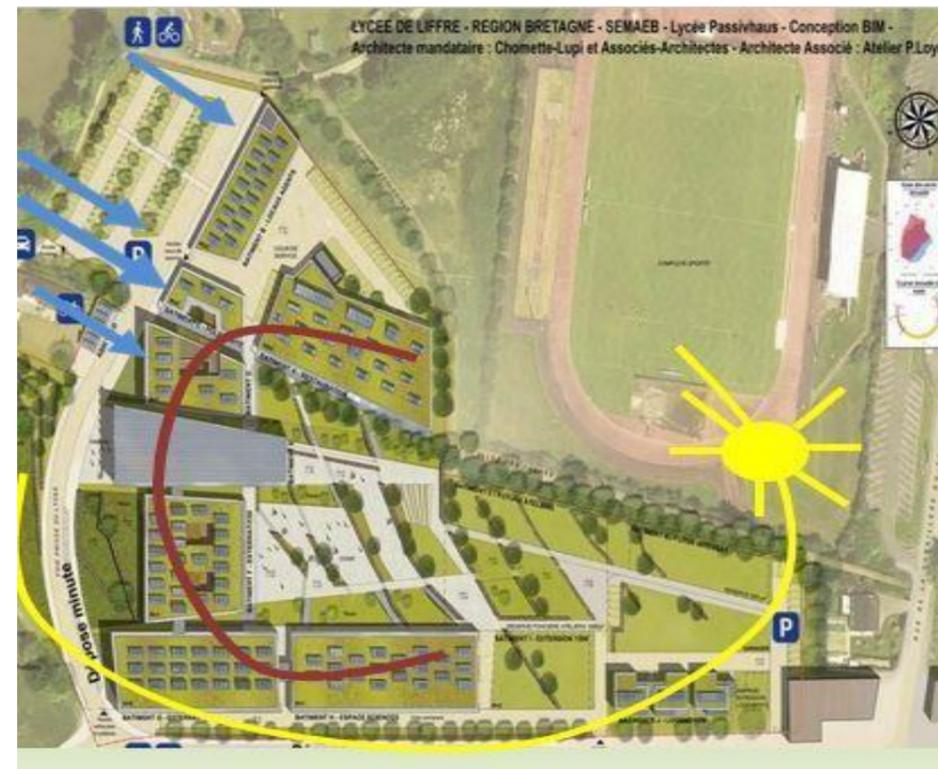


Figure 48: Orientation du projet
Source : <https://kiiwan.fr/> Traitement personnel

La Bretagne, est une région du vent, pour s'en protéger, les architectes ont suivi la forme du C pour abriter les différents bâtiments, enveloppant ainsi la cour de récréation et le parc paysager.

Organisation des bâtiments

L'entrée principale des élevés s'expose à l'ouest derrière un large parvis couvert d'un auvent monumental. Au sud les pôles d'enseignement général et scientifique qui développent des volumes compacts et des façades nord/sud dégagées pour capter l'ensoleillement en hiver et tirer parti d'une lumière apaisée toute l'année dans les classes

A l'ouest 3 pôles compacts connectés par une large circulation constituant une rue intérieure bioclimatique.

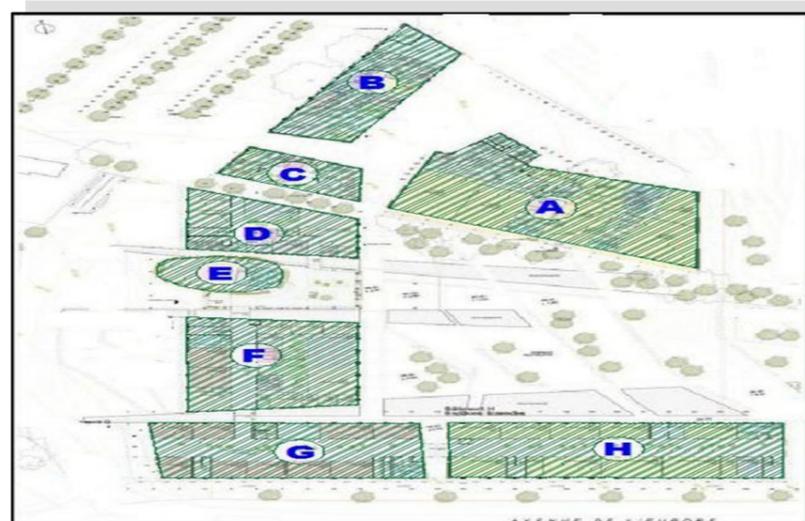


Figure 49: Organisation des bâtiments
Source : www.urcaue-idf.fr



Figure 51: PLAN 1er ETAGE
Source : www.urcaue-idf.fr

A	restauration	600 m ²
B	espaces réservés au personnel locaux techniques	500 m ²
C	espace sante prévention	180 m ²
D	vie scolaire des élevés	250 m ²
E	accueil ,administration, hall, salle polyvalente	150 m ²
F	centre de documentation et d'information	400 m ²
G	salles de cours	1200 m ²
H	salles des sciences	1300 m ²

Tableau 01 :Programme surfacique
Source : www.urcaue-idf.fr



Figure 52: PLAN 2ème ETAGE
source : www.urcaue-idf.fr

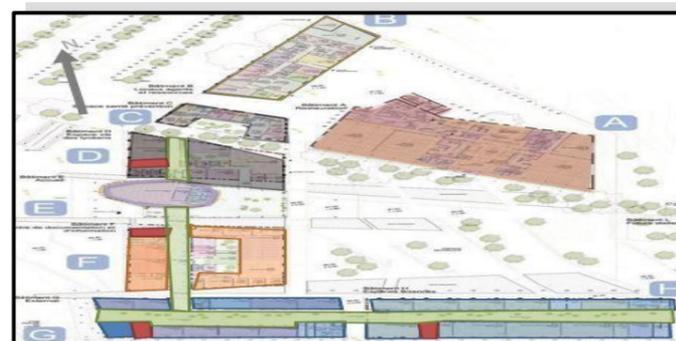
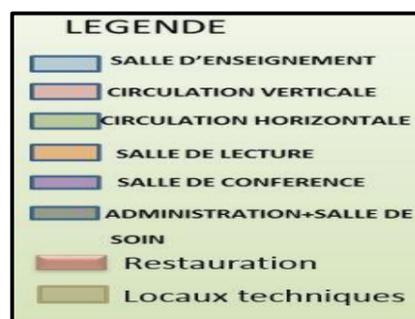


Figure 50: PLAN RDC
Source : www.urcaue-idf.fr



Caractéristiques bioclimatiques

Relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement immédiat

L'architecte a organisé la parcelle pour créer un cadre de vie agréable à la nature avec une présence forte du végétal et du bois dans la construction, il a fait entrer la nature au sein de l'établissement.

Qualité de l'air

Les sheds éclairages zénithaux sont ouvrants, permettant de ventiler les salles d'enseignement et la rue intérieure. Ces derniers sont majoritairement orientés vers le nord, pour éviter le risque de surchauffe. Ils serviront également de cheminée pour faire fonctionner la ventilation naturelle en été.

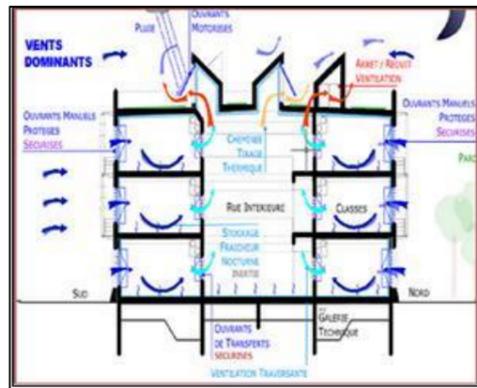


Figure 53 : coupe schématique de la ventilation naturelle
source : www.urcaue-idf.fr

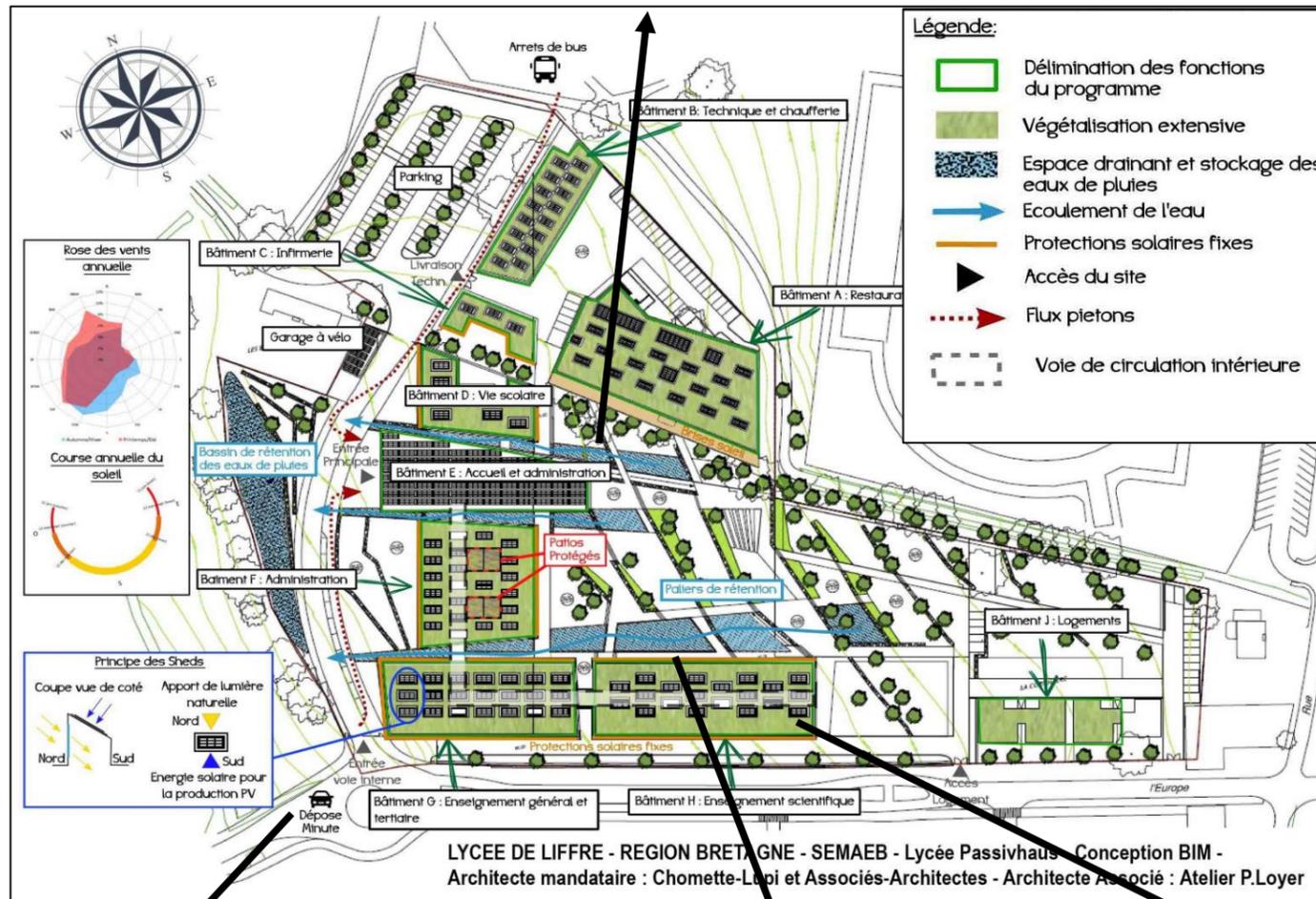


Figure 54: Caractéristiques bioclimatiques du projet
Source : www.urcaue-idf.fr

Confort visuelle et thermique:

Ces bâtiments sont connectés par une large circulation centrale constituant une « rue intérieure bioclimatique » qui nourrit les espaces de lumière naturelle, du soleil, d'air pour assurer le confort thermique estival et offre aux usagers un parcours abrité de la pluie. La rue est composée de sheds (éclairages zénithaux) en toiture et d'un jeu de coursives et de trémies qui permettent d'apporter de la lumière naturelle zénithale dans les circulations de chaque niveau et un complément en fond de salles de classe par des vitrages prenant leur lumière dans la rue intérieure. Les sheds sont en majorité orientés vers le nord pour apporter un maximum de lumière naturelle.



Figure 55: COUPE SUR LA RUE INTERIEUR
source : www.urcaue-idf.fr

Gestion de l'énergie
Panneaux photovoltaïques

Gestion de l'eau:
Création des espaces drainants et stockages des eaux de pluies dans un bassin.

II.2.4.1 Synthèse des exemples

Exemples	Synthèses
<p>Exemple 1 : <u>LYCEE LÉONARD-DE-VINCI A CALAIS, FRANCE</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Orientation des façades sud qui tire parti en toutes saisons de l'ensoleillement et de l'éclairage naturel pour augmenter le confort tout en réduisant la consommation d'énergie. - Récupération des eaux de pluie de 3 000 m² de toiture dans un bassin de 200m³ - Implantation et forme adaptées pour réduire l'impact des vents dominants - Optimisation de l'éclairage naturel par une rue intérieure paysagée, éclairée zénithalement afin de minimiser la consommation énergétique - Utilisation des énergies renouvelables (Eolienne / Capteur solaire et panneaux photovoltaïques)
<p>Exemple 2 : <u>LYCEE HOE LIFFRE</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Une conception qui épouse la forme du terrain - pour s'en protéger du vent les architectes ont suivi la forme du C pour articuler les différents bâtiments, enveloppant ainsi la cour de récréation et le parc paysager. - ventiler et éclairer les salles d'enseignement et la rue intérieure par les sheds ouvrants qui sont majoritairement orientés vers le nord, pour éviter le risque de surchauffe. Ils serviront également de cheminée pour faire fonctionner la ventilation naturelle en été. - L'architecte a organisé la parcelle pour créer un cadre de vie agréable avec aménagement d'un parc paysagé - Les bâtiments sont connectés par une large circulation centrale constituant une « rue intérieure » qui nourrit les espaces de lumière naturelle, de soleil, d'air pour assurer le confort thermique estival et offre aux usagères un parcours abrité de la pluie.

Tableau 2 : Synthèse des exemples



III. CHAPITRE : PROJET

III.1 ANALYSE DE SITE:

III.1.1 Situation de l'aire d'étude

❖ A l'échelle du territoire

La ville de Koléa fait partie de la wilaya de Tipaza qui se situe sur le littoral nord centre du pays à 69 km à l'ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 1 707 km². Elle est limitée par :

La mer méditerranéenne au Nord.

-La Wilaya de Blida au Sud-Est.

La Wilaya d'Aïn-Defla au Sud-Ouest.

-La Wilaya de Chlef à l'Ouest.

-La Wilaya d'Alger à l'Est.(Figure 56)

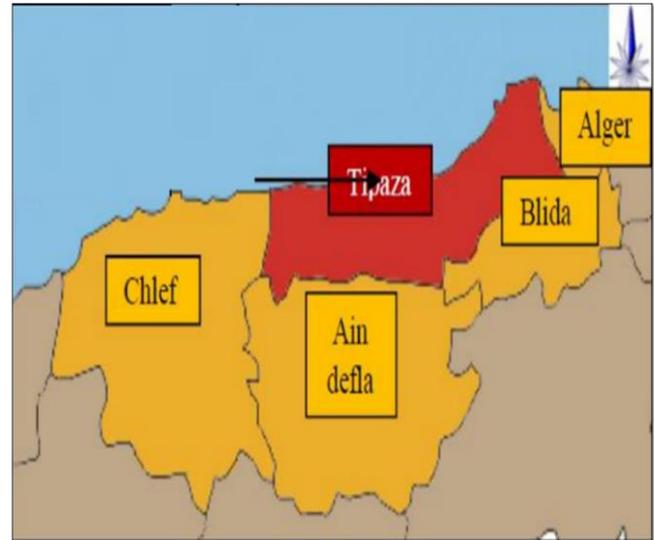


Figure 56: Les limites de la wilaya Tipaza

Source: https://www.viamichelin.fr/web/Cartes-plans/Carte_plan-Tipaza-Algeri

❖ A l'échelle de la ville

La commune de Koléa située au nord-ouest, dans le territoire de Tipaza, à 6 km de la mer méditerranéenne elle est limitée ;

--Au Nord Est par la commune de ZERALDA.

-À l'Est par l'oued Mazafran

-Au Nord par la commune de Fouka et daouwda

Au Sud Est la commune de BEN KHELIL

-Au Sud par la commune d'Oued El Alleuigue

(Figure 57)

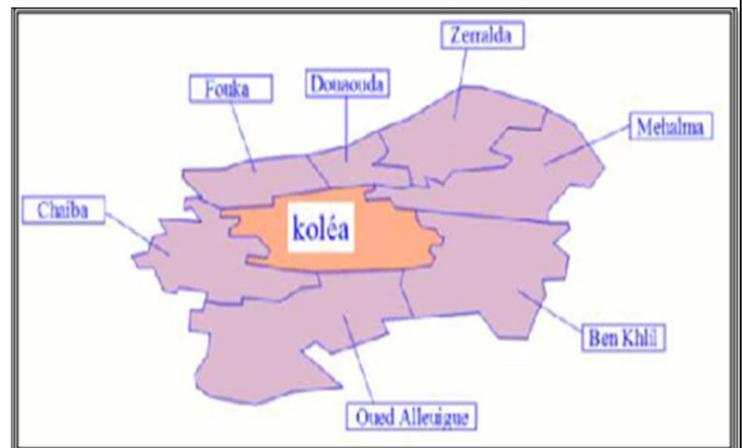


Figure 57: Les limites de la commune de Koléa

Source: <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/09/monographie-de-la-wilaya-de-tipaza.html>

❖ **A l'échelle du pos**

Notre site d'intervention se situe au Nord-est du Pos extension Est de la ville de Koléa
 Faisant partie du territoire de la commune de Koléa, wilaya de Tipaza, le Plan d'Occupation au Sol « POS Est Koléa » est situé dans le prolongement immédiat du chef-lieu dans sa partie Est. Tel que délimité par l'étude du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U) de Koléa, il s'étend sur une superficie de 180 ha.
 Ses limites se présentent comme suit :

- Au Nord : La forêt Sidi Bouzid + Chemin Rural+ Verger
- A l'Est : La forêt de Sidi Bouzid
- Au Sud : La forêt de Sidi Bouzid + RN n° 69
- A l'Ouest : RN n° 69 + Tissu urbain.



Figure 58 : Carte de pos d'extension EST

La source google earth traité par l'auteur

III.1.2 **L'accessibilité**

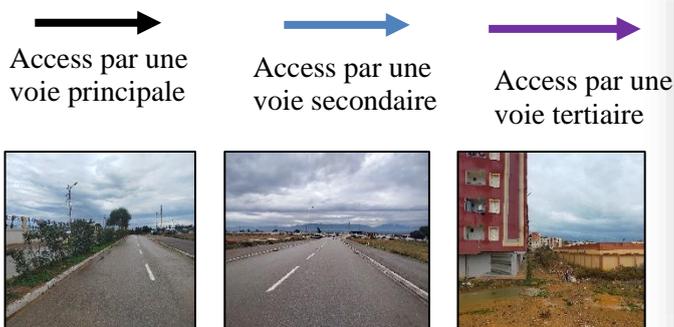


Figure 60 : vue sur accessibilité
 Source auteur



Figure 59 : montre l'accessibilité au site d'intervention

La source google earth traité par l'auteur

III.1.3 Environnement immédiat

Remarque :

Il existe 2 types d'équipements autour du terrain : équipement Éducatifs et habitat le site a une vocation



Figure 61: Habitat collectif
Source auteur



Figure 62: Terrain agricole
Source auteur

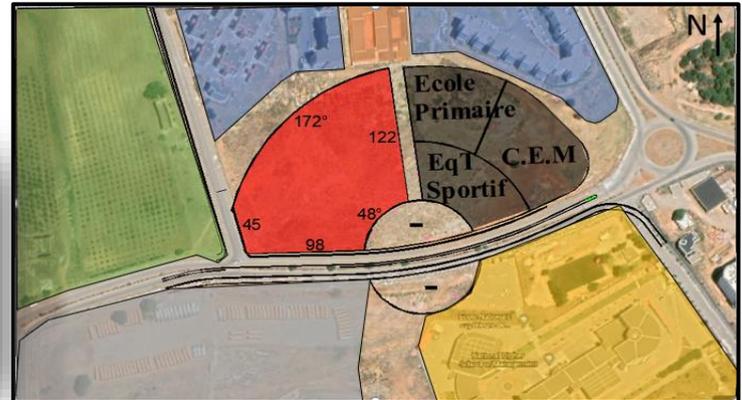


Figure 64 : Carte de l'environnement immédiat du site

La source google earth traité par l'auteur

Légende

- Équipements
- Terrain
- Terrain agricole
- Habitat collectif
- Ecole primaire
- Ecole s,m
- Ecole commerce
- Voie projetée



Figure 63: École sup de commerce
Source auteur

Lecture de l'environnement réglementaire

L'aire d'intervention est planifiée par le plan d'occupation du sol (POS) qui comprend un ensemble d'orientations à respecter et un programme fonctionnel basé sur des statistiques qu'on doit prendre en considération lors de l'affectation de la composition urbaine du site. (Tableau3)

Une extension périphérique situé à l'est de la ville, appartient au POS extension Est n° 10 et 11, destiné à la réalisation d'un pôle de développement accompagné d'un programme de logements et d'équipements à caractère sociale, culturel et administratif. « Révision PDAU de Koléa » Edition finale modifié, Mars 2008.

pos10 (extension est de la ville de kolea)					
	Affectation	surface (m ²)	CES max	COS max	Nombre de niveaux max
Site d'intervention	lycée	17000	0,5	1-2	R+3

Tableau 3 : Occupation du terrain

Source : pos 10 (extension Est de la ville de Koléa)

Sismicité

La commune de Koléa se situe en zone sismique III, Depuis le tremblement de terre du 29 octobre 1989 cette région est étudiée avec attention. (Règlementation parasismique algérienne ,2003)

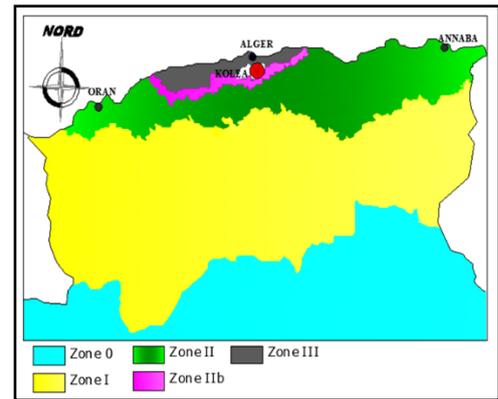


Figure 65 : Carte de zonage sismique du territoire national

Source : <https://fr.scribd.com/doc/68536401/Regles-Parasismiques-Algeriennes-Rpa-99>

III.1.4 Analyse de l'environnement naturel

III.1.4.1 Présentation du terrain

Le terrain est une parcelle d'angle de forme irrégulière suivant la proposition du POS après la révision avec une superficie de 17000 m²

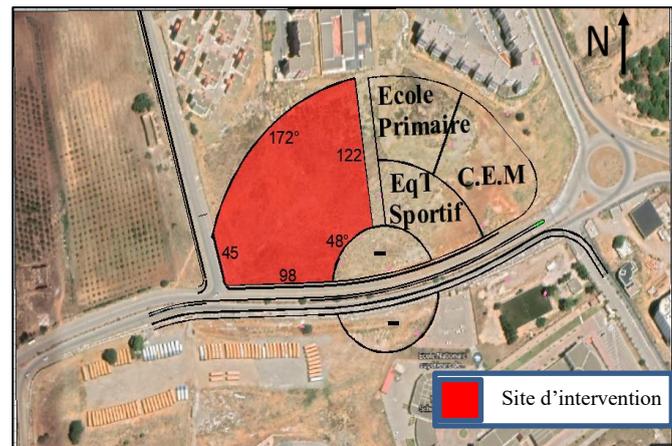


Figure 66 : Site d'intervention
Source Google earth traité par auteur

-Le terrain d'intervention présente une pente moyenne de 6,3%



Figure 68 : : Coupe AA'
Source : Google earth



Figure 69 : Coupe BB'
Source : Google earth

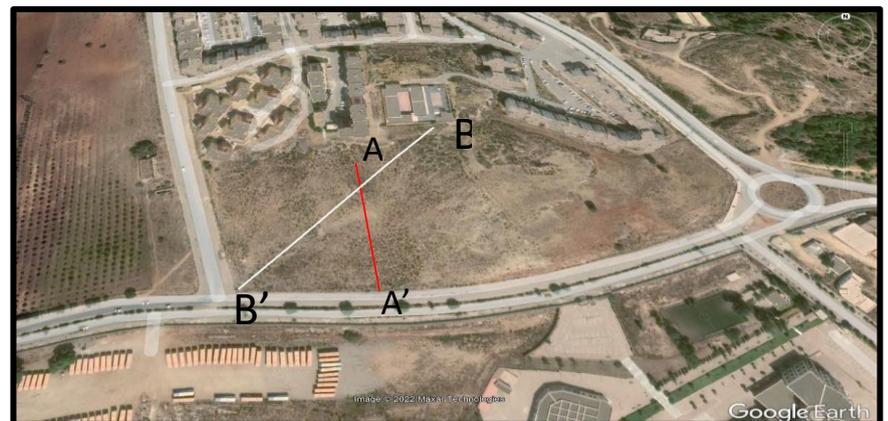


Figure 67 : trait de coupe
Source : Google earth traiter par l'auteur

III.1.4.2 Couverture végétale

D'après le pos extension est de la ville de koléa, Il existe de nombreux types de végétations mais la végétation qui domine le plus est bien l'olivier sauvage

la ville de koléa, Il existe de nombreux types de végétations mais la végétation qui domine le plus est bien l'olivier sauvage



Figure 70 : Le Chardon



Figure 71 : Cactus



Figure 72 : Le pin



Figure 73 : L'olivier sauvage

III.1.4.3 Analyse séquentielle



Figure 74: Vue du terrain
Source : google earth



Figure 75: photos sur terrain
Source : photos prise par l'auteur

III.1.5 Analyse des données climatiques

III.1.5.1 - Températures

Deux saisons dominant dans notre site ; une saison chaude qui s'étale de Juin à Septembre (4 mois) où les températures moyennes varient entre 26°C et 33°C et se rafraichissent en Octobre et une autre saison de 4 mois qui débute en Décembre et s'achève en Mars où les températures moyennes varient entre 14°C et 18°C, Le mois le plus chaud est le mois de juillet et le mois le plus froid est le mois de janvier on a enregistré une température minimum de 6°C (en hiver), et une température maximum de 33°C (en été)

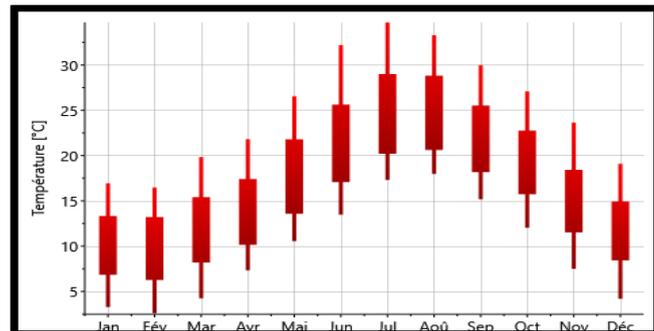


Figure 76 : température
Source : méthéonorme

III.1.5.2 - Précipitations

Les précipitations maximales c'est au mois de Décembre 80 mm dans une durée de 4 j.



Figure 77 : graphique des précipitations moyennes de Koléa au cours de l'année
Source : méthéonorme

III.1.5.3 -Ensoleillement

Notre site d'intervention est caractérisé par un été ensoleillé et un hiver nuageux.

La durée maximale d'ensoleillement : 12heurs au mois de Juillet.

La durée minimale d'ensoleillement : 6 heures au mois de décembre.

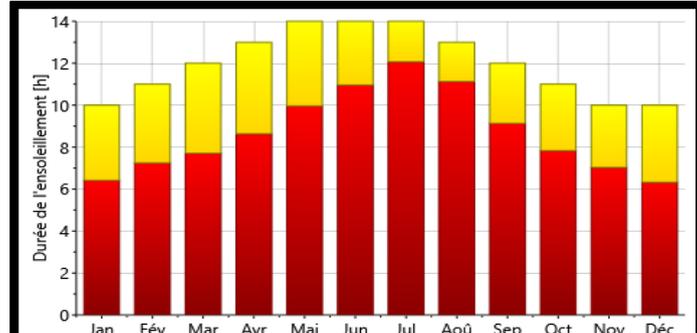


Figure 78 :ensoleillement

III.1.5.4 - Vents

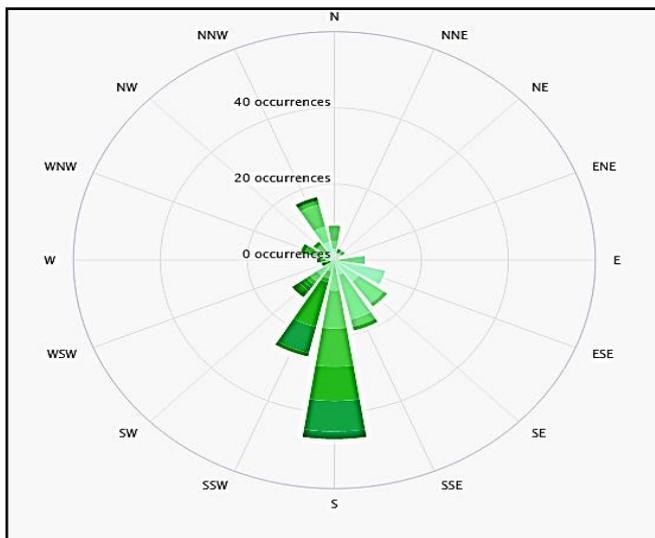


Figure 79 : la rose des vents de Koléa
Source : météo Blue

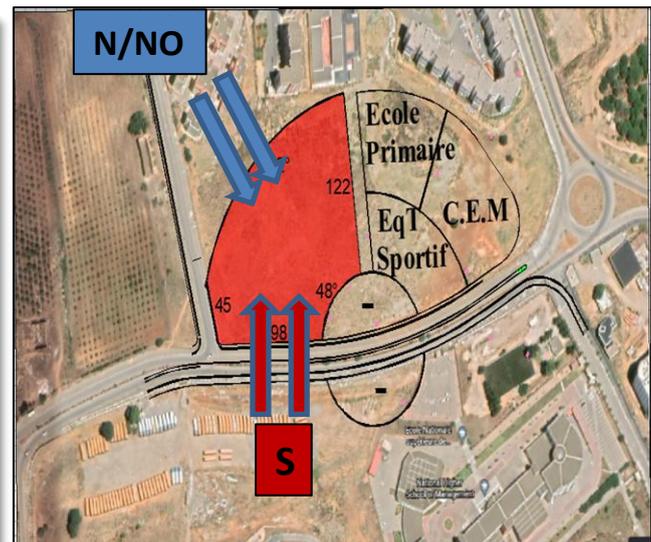
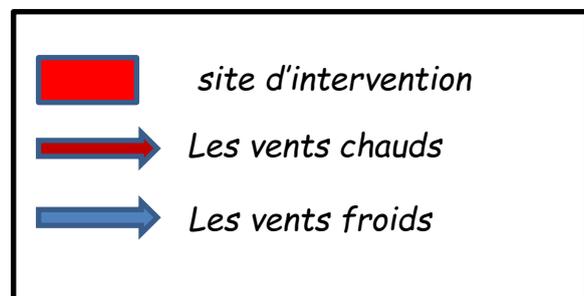


Figure 80 :montrant la direction des vents sur le terrain

Les vents dominants soufflent du sud(S) (vent chaud) et nord –nord-ouest (N/NO)(vent froid). (Figure 80)



III.1.5.5 -Humidité

La zone d'étude présente une forte humidité vu sa situation côtière.

Le taux d'humidité varie entre 40.8% et 94%.

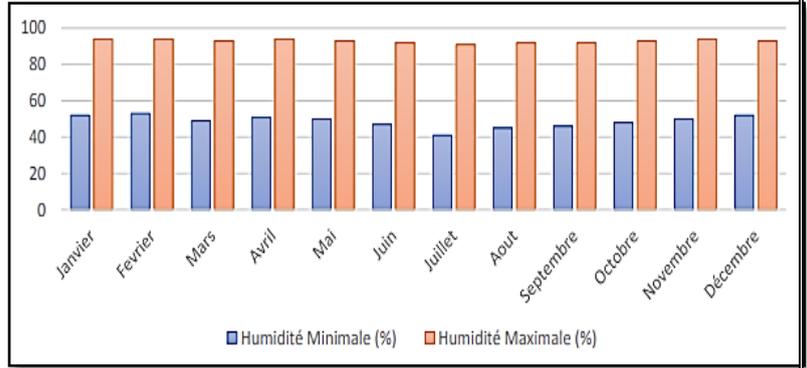


Figure 81 : le taux d'humidité de Koléa au cours de l'année
Source : météo Blue

III.1.5.6 -L'ombrage

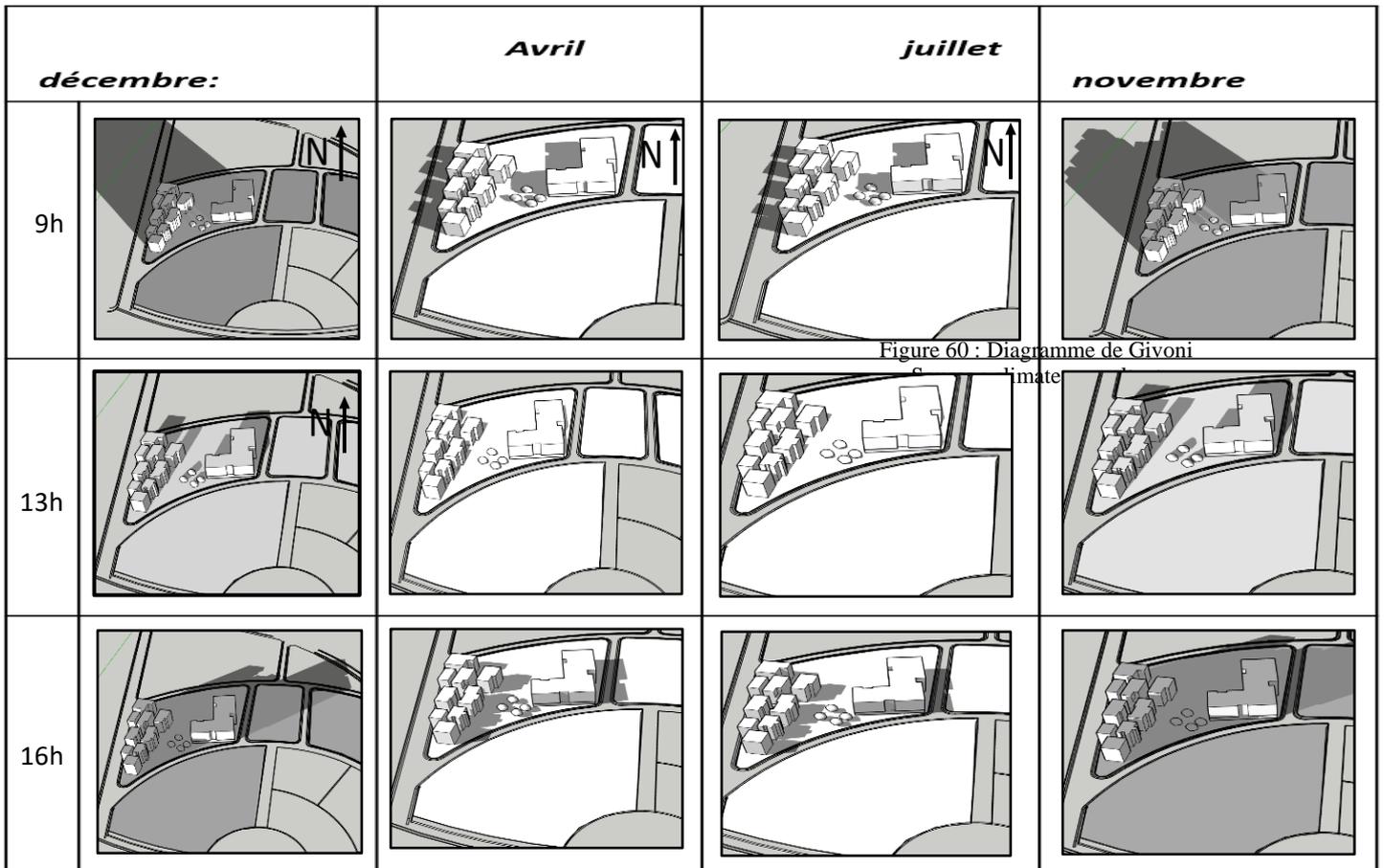


Figure 60 : Diagramme de Givoni

Remarque: en remarque que notre site d'intervention est ensolié pendant toute la journée durant l'année

Tableau 4 ;l'embrage

Source SketchUp

III.1.5.7 Diagramme de Givoni :

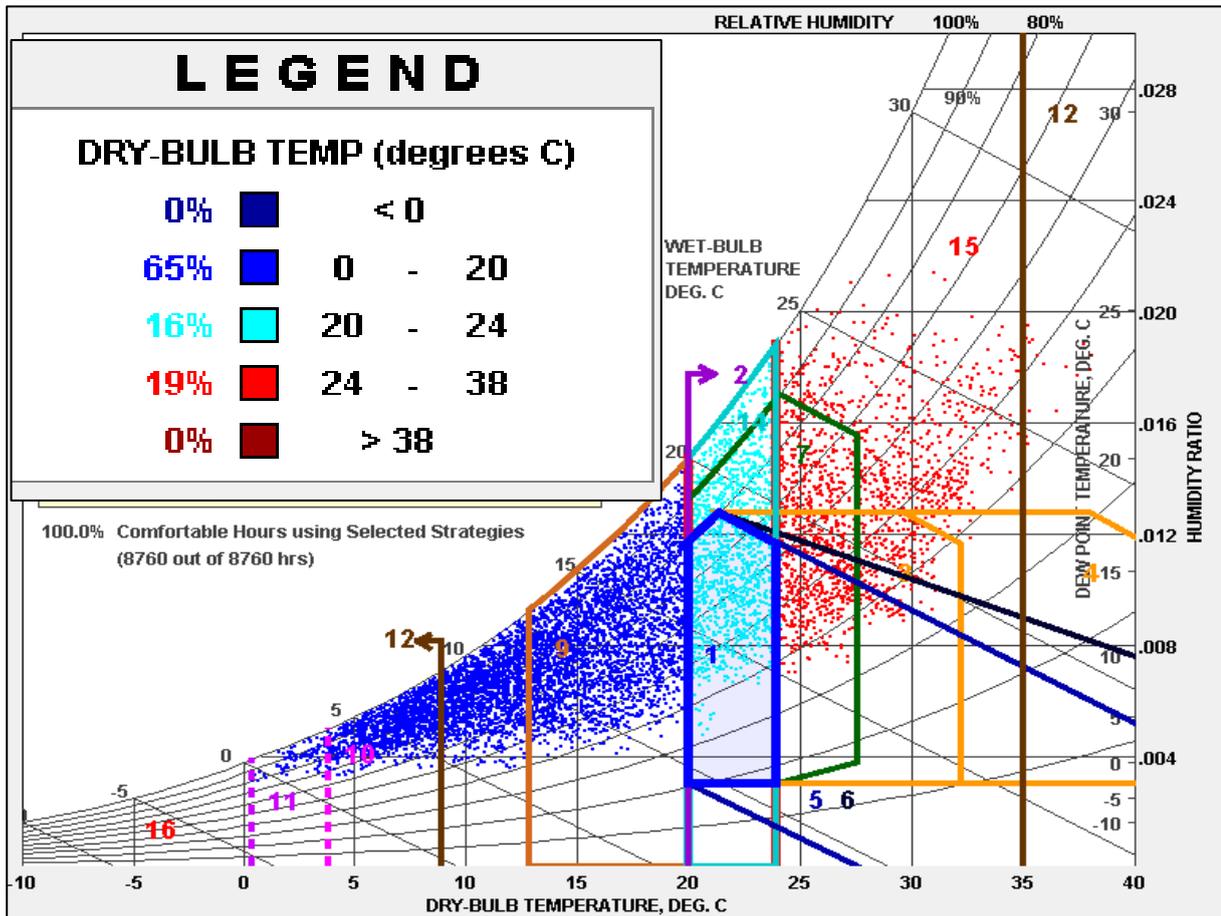


Figure 82 : Diagramme de Givoni
Source climate consultant

Légende :

- 16 % zone de confort
- 65 % zone de sous chauffe
- 19 % zone de surchauffe

Remarque : on remarque que la période de sous-chauffe qui représente 65% est plus importante que la période de surchauffe qui représente 19%

Les meilleures stratégies recommandées :

- 9,0 % 1 Confort (786 heures)
- 17,6 % 2 protections solaires des fenêtres (1540 heures)
- 9,1 % 4 Masse Thermique Élevée Nuit Flush (794 hrs) 5
- 13,2 % 8 Coling de ventilation forcée par ventilateur (1152 heures)
- 33,2 % 9 gains de chaleur interne (2909 heures)
- 22,2 % 11 Masse élevée à gain direct solaire passif (1948 h)
- 0,1 % 12 Protection contre le vent des espaces extérieurs (9 heures)
- 6,6 % 14 Déshumidification uniquement (581 heures)
- 7,3 % 15 Refroidissement, ajouter la déshumidification si nécessaire (637 heures)
- 22,4 % 16 Chauffage, ajouter l'humidification si nécessaire (1966 heures)

III.1.5.7.1 *Stratégies recommandées en hiver*

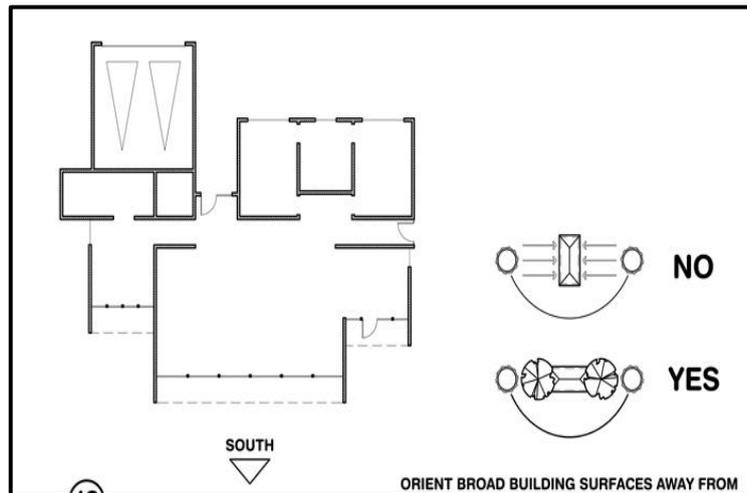


Figure 83 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

Pour le chauffage solaire passif, orientez la plupart des surfaces vitrées vers le sud pour maximiser le soleil d'hiver

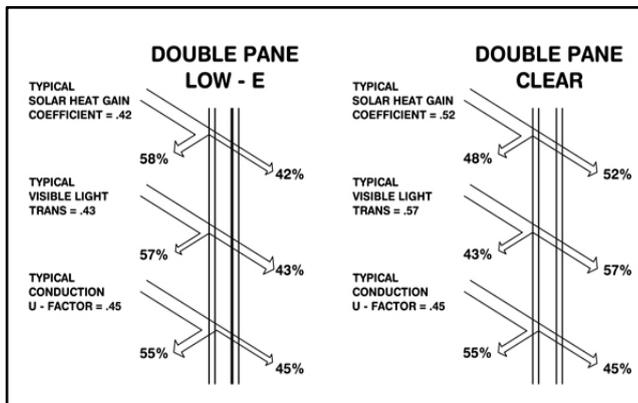


Figure 84 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

Prévoir un double vitrage à haute performance (Lowe) à l'ouest, au nord et à l'est, mais un vitrage clair au sud pour maximiser les gains solaires passifs.
Clair au sud pour un apport solaire passif maximal

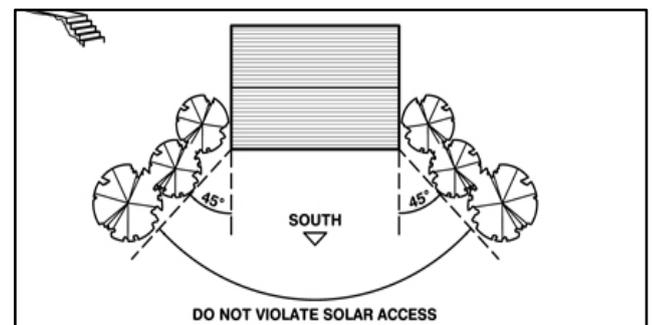


Figure 85 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

Ne pas violer l'accès solaire
Les arbres (ni conifères, ni feuillus) ne doivent pas être plantés devant les fenêtres solaires passives, mais sont acceptés au-delà de 45° de chaque coin.

III.1.5.7.2 Stratégies recommandées en été

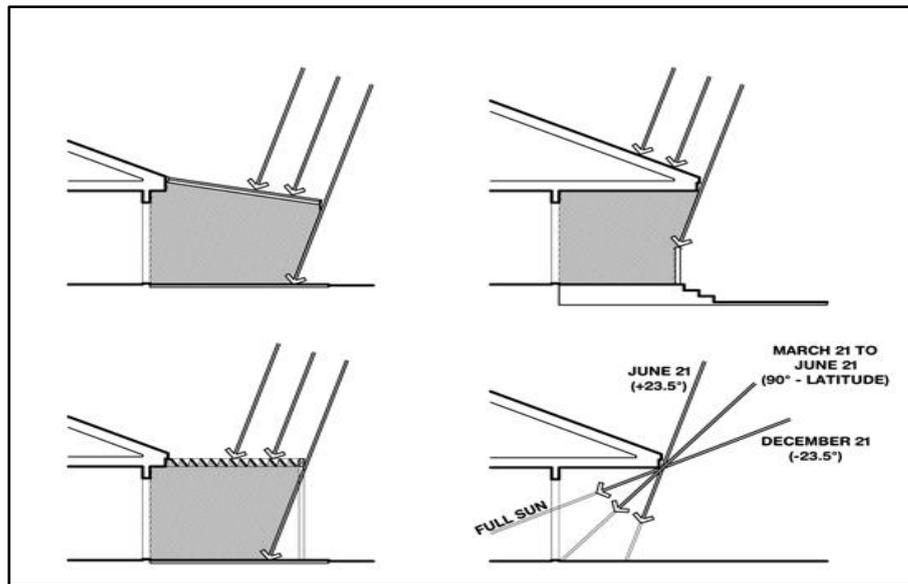


Figure 86 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

Etalement de la toiture pour se protéger du soleil en été et profité de l'enseillement en hiver.

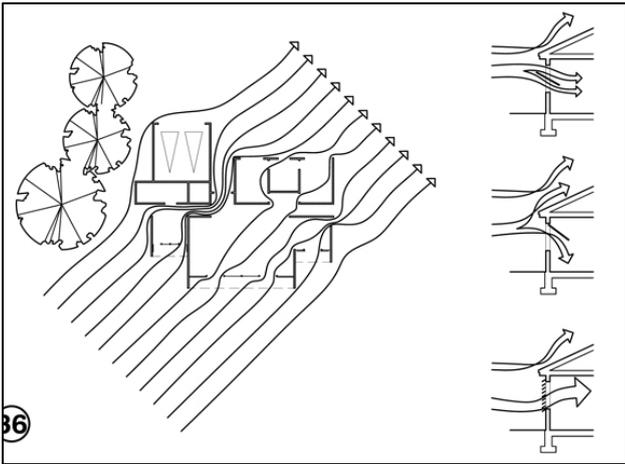


Figure 87 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

Pour faciliter la ventilation croisée, placer les ouvertures des portes et des fenêtres sur les côtés opposés du bâtiment, les plus grandes ouvertures étant si possible orientées vers le vent.

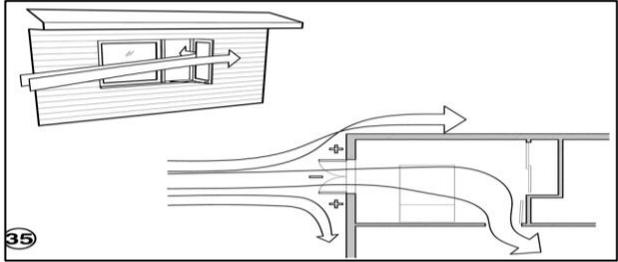
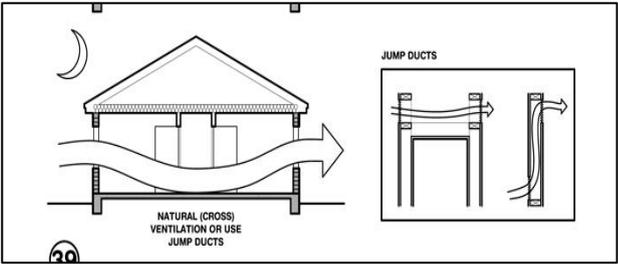


Figure 88 : stratégie recommandé
Source : climate consultant

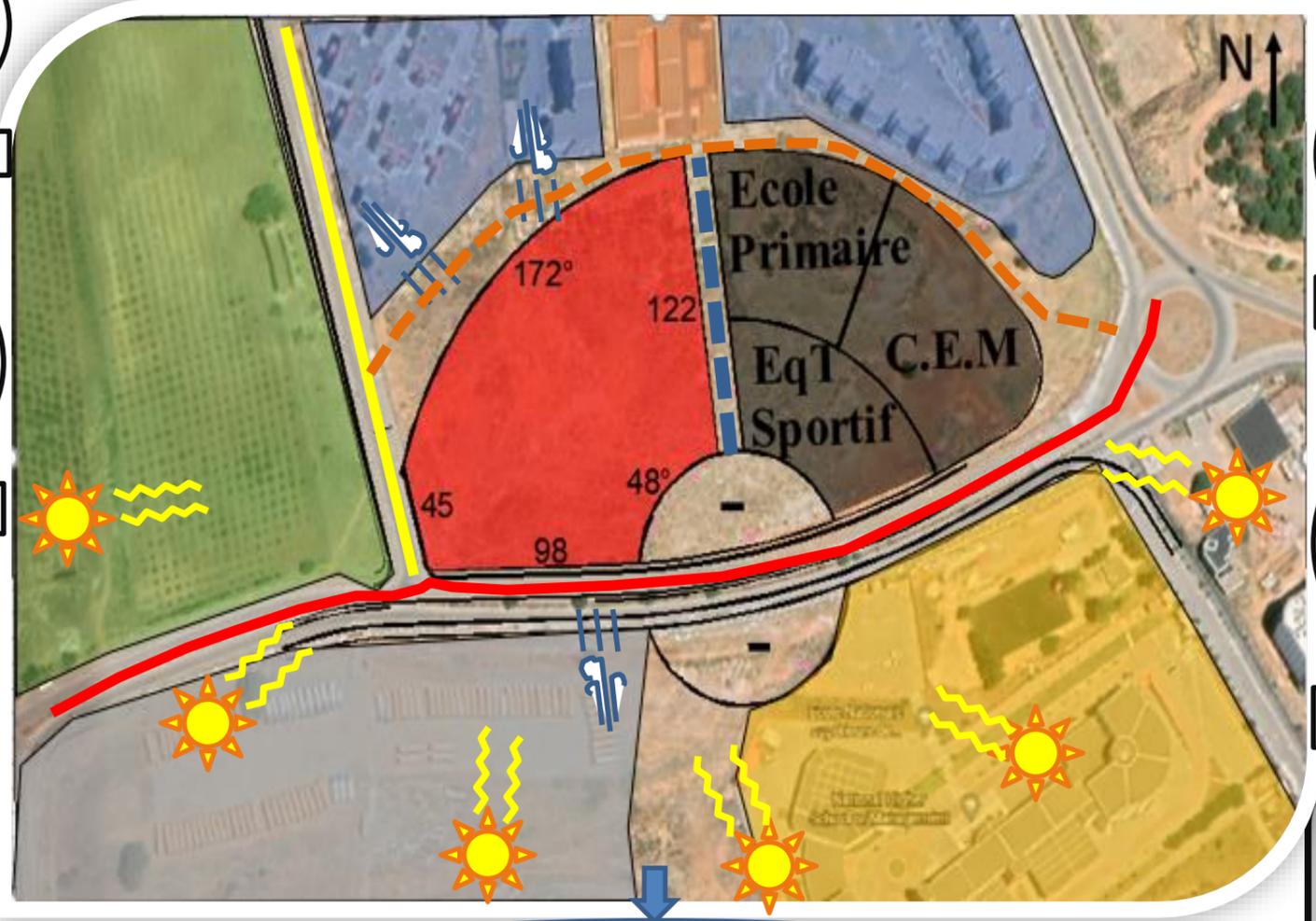
Une ventilation naturelle peut emmagasiner de la " fraîcheur " pendant la nuit dans les surfaces intérieures de grande masse. Afin de réduire ou d'éliminer la climatisation

III.2 Schéma de synthèse d'analyse du site

Hiérarchisation des voies selon l'importance (principale, secondaire ...) Qui offrent un accès maximal au site

Le site présente une surface importante qui s'adapte à notre projet

Opter pour La protection contre les vents (Sud/NO-NO-Ouest) par Ecran végétale au Nord-Ouest.



L'assiette de notre projet est ensoleillée pendant toute la journée durant l'année

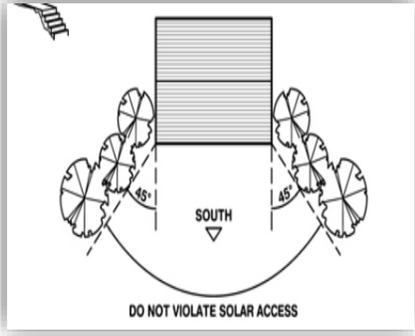
L'assiette de notre projet occupe une position importante, étant au milieu où ils ont inclus une forte présence des équipements éducatif

Remarque : la période de sous-chauffe est plus importante que la période de surchauffe

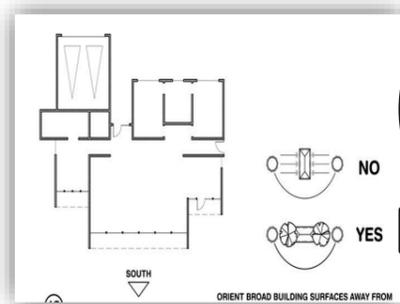
Légende

	Équipements projetés		Ecole primaire
	Terrain d'intervention		Ecole s,m
	Terrain agricole		Ecole commerce
	Habitat collectif		Voie projetée
	-un passage piétonne projeté		Voie secondaire
	Voie secondaire		Voie principale
	Vents dominants		Trajectoire du soleil

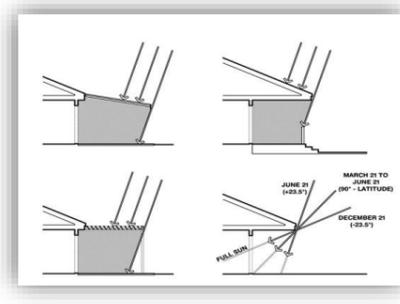
Recommandations pour la période sous-chauffe



Ne pas violer l'accès solaire
Les arbres (ni conifères, ni feuillus) e doivent pas être plantés devant les fenêtres solaires passives, mais sont acceptés au-delà de 45° de chaque coin.



Orientez la plupart des surfaces vitrées vers le sud pour maximiser le soleil d'hiver



Etalement de la toiture pour se protéger du soleil en été et profité de l'ensoleillement

III.3 Conceptualisation du projet

III.3.1 A l'échelle d'aménagement

-Dans cette partie nous essayons de décrire les processus de la conception de ce projet

-Etape01:

pour l'implantation du projet nous avons adopté une occupation périmétrale
Ou le projet prend la forme du terrain

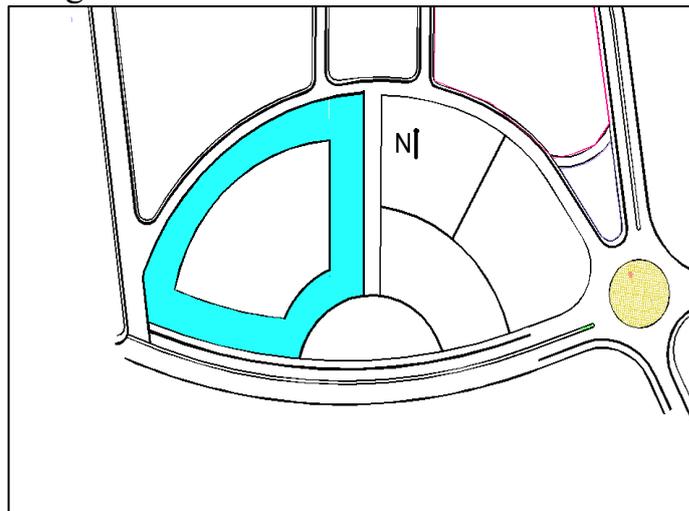


Figure 89 : 1ère étape de schéma d'aménagement
Source : auteur

- Etape02:

- décomposition de la forme sur 4 parties :
- Implantation du bloc pédagogique (02) dans la partie sud et les orientés nord- sud pour assurer une bonne orientation
- les bloc (03) et (04) qui contient les fonctions d'accompagnement
- le bloc (01) centrale de forme curviligne s'articule entre les 2 bloc et contient un grand hall d'accueil et l'administration

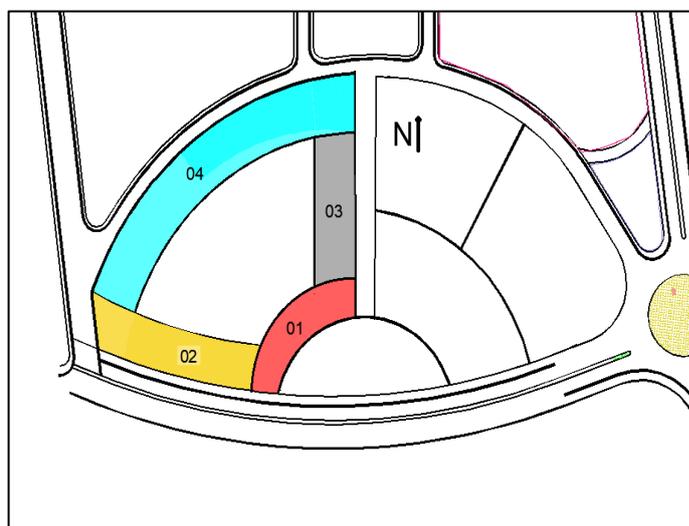


Figure 90 : 2em étape de schéma d'aménagement
Source : auteur

- Etape03:

- A partir du centre de placette nous avons utilisé les rayons et les couronnes pour faire la décomposition des blocs selon les besoins et la superficie
- créé des recules pour positionner les accès et les 2 parking selon les fonctions

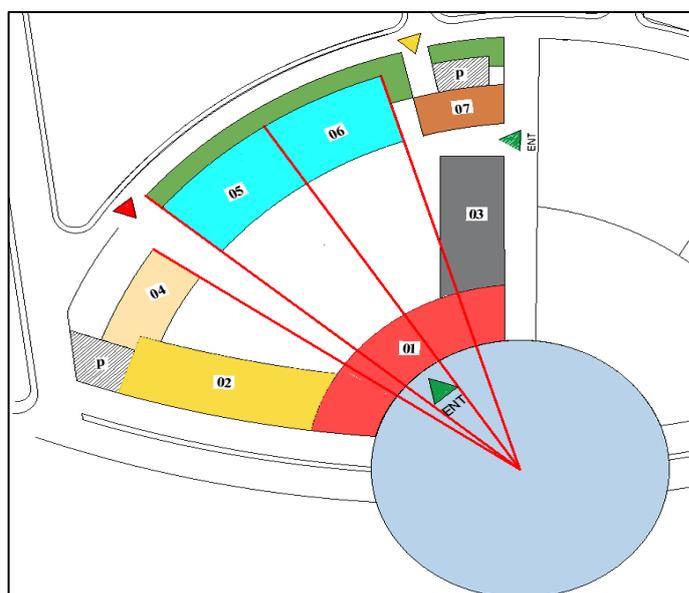


Figure 91 : 3em étape de schéma d'aménagement
Source : auteur

- Etape04:

Affectation des fonctions:

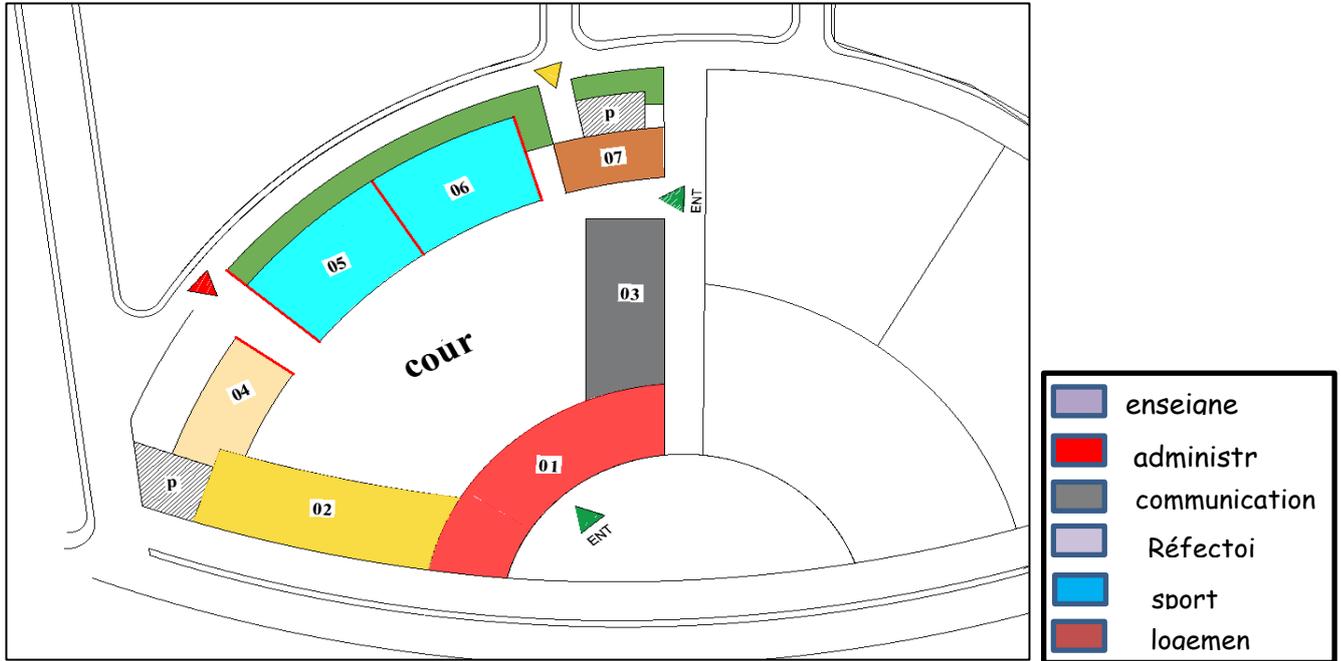


Figure 92 :4em étape de schéma d'aménagement
Source : auteur

- Implantations des bâtiments d'enseignement au sud et les orienté nord-sud pour assurer un ensoleillement maximum en hiver
- Implantations des espaces d'activité bruyante (salle de sport, stade,) au Nord-Ouest pour séparer la zone bruyante de la zone calme et protection de la cour des vents dominant
- La cour au centre pour faciliter la transition entre les déférentes entités et pour des raisons de sécurité et de contrôle

III.3.2A l'échelle du projet (genèse de la forme)

Etape 1 :

Résultat finale de schéma d'aménagement

Etape 2 :

La forme de notre projet a été déterminée par le schéma d'aménagement, on a donc passé de 2D au 3D des formes selon notre schéma d'aménagement et pour chaque bloc on a effectué des surfaces selon son besoin

Etape 3 :

On a marqué la différence de niveau entre les blocs selon l'importance de chaque bloc (bloc pédagogique le plus haut avec administration après l'entité de communication après le réfectoire)

Etape 4 :

Casser l'horizontalité de bloc pédagogique par deux éléments verticaux (cage d'escalier) et un décrochement pour les labos et mettre un élément qui marque l'entrée principale

Etape 5 :

Marqué la salle de sport par la forme de sa toiture (toiture inclinée)

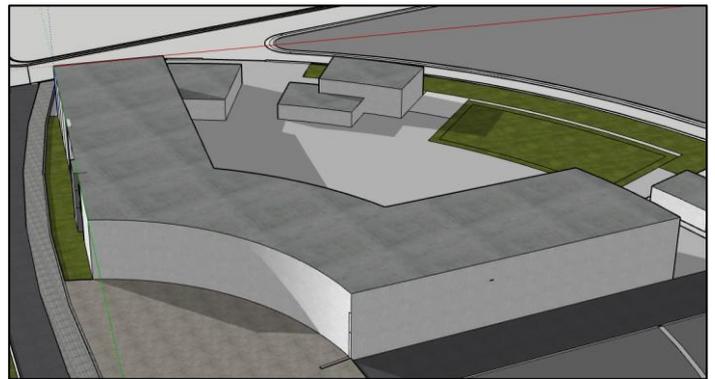


Figure 93: genèse de forme
Source : auteur

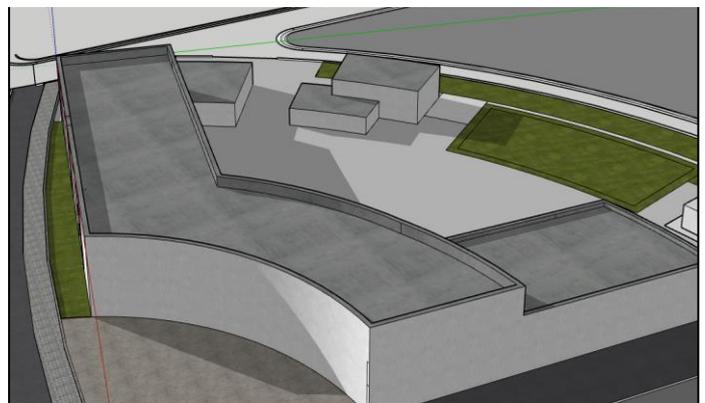


Figure 94: genèse de forme
Source : auteur

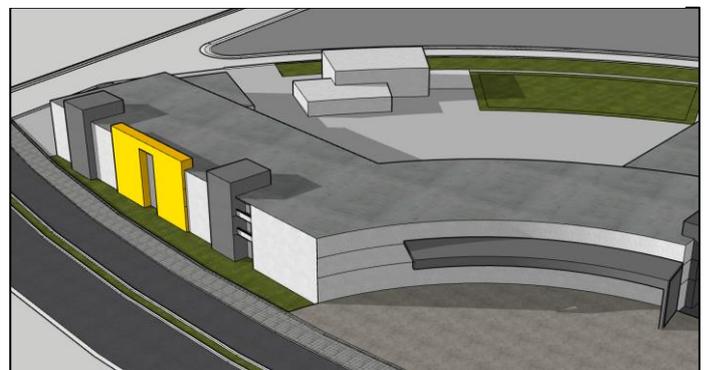


Figure 95: genèse de forme
Source : auteur

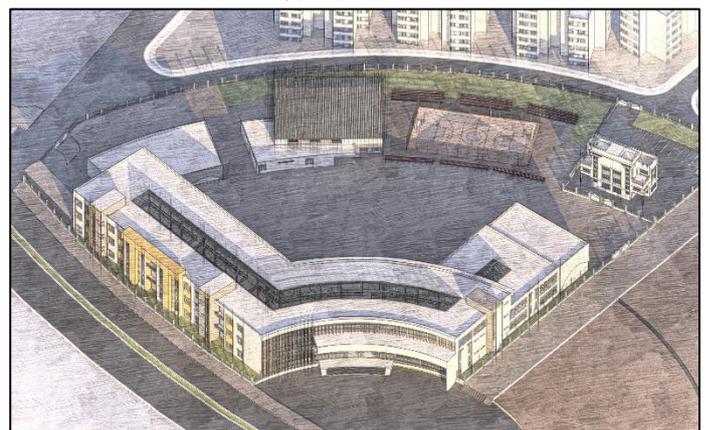


Figure 96: résultat finale
Source : auteur

III.3.3 PROGRAMME SURFACIQUE D'UN LYCEE

Pour 1000 élèves

Nombre d'élèves	1.000
Nombre de classes	25
Nombre d'élèves par classe	40

-Nomenclature des surfaces

A- Bloc pédagogique

LOCAUX	Nombre	Surface(m²)unitaire	Surface totale (m²)
Salles de classes ordinaires	34	62 m ²	2.108 m ²
Laboratoires de travaux pratiques (sciences naturelles et physiques)	6	64 m ²	384 m ²
Salle de préparation	3	30 m ²	90 m ²
Laboratoire informatique	2	72 m ²	144 m ²
Atelier pour l'éducation artistique avec magasin	1	80 m ²	80 m ²
Atelier pour l'éducation musicale avec magasin	1	80 m ²	80 m ²
Salle polyvalente	1	80 m ²	80 m ²
Bibliothèque et salle de lecture	1	120 m ²	120 m ²
Amphithéâtre	1	160 m ²	160 m ²
Bureau d'adjoint d'éducation (surveillance pédagogique dans chaque étage)	3	16 m ²	48 m ²
Sanitaires pour élèves	2	75 m ²	150 m ²
Total			3.588 m²
Surface de circulation	20%		718 m ²
Total général 1			4.306 m²

-Nomenclature des surfaces

B- Bloc administration

LOCAUX	Nombre	Surface(m²)unitaire	Surface totale(m²)
Bureau du directeur	1	30 m ²	30 m ²
Secrétariat	1	16 m ²	16 m ²
Bureau du censeur de lycée et secrétariat	1	30 m ²	30 m ²
Bureau de conseiller d'éducation	2	16 m ²	32 m ²
Bureau de l'intendant	1	16 m ²	16 m ²
Bureau de l'intendance	1	16 m ²	16 m ²
Magasin	1	20 m ²	20 m ²
Bureau de conseiller de l'orientation et de la guidance scolaire	1	16 m ²	16 m ²
Salle de documentation et d'information scolaire	1	40 m ²	40 m ²
Salle des professeurs y compris espace informatique	1	80 m ²	80 m ²
Salle de réunion	1	80 m ²	80 m ²
Salle d'archives	1	40 m ²	40 m ²
Dépôt	1	15 m ²	15 m ²
UDS(unité de dépistage et de suivi sanitaire) y compris cabinet médical,dentaire,vestiaire,salle paramédical et salle d 'attente	1	98 m ²	98 m ²
Salle d'attente	1	16 m ²	16 m ²
Loge	1	6 m ²	6 m ²
Sanitaire pour professeurs et personnel administratif	2	12 m ²	24 m ²
Total			575 m ²
Surface de circulation	10%		58 m ²
Total général 2			633 m²

C- Services (locaux annexes)

LOCAUX	Nombre	Surface(m²)unitaire	Surface totale(m²)
Atelier et dépôt ouvrier professionnel	1	60 m ²	60 m ²
Chaufferie	1	30 m ²	30 m ²
Poste transformateur et local pour groupe électrogène	1	40 m ²	40 m ²
Local pour abriter les équipements des énergies recouvrables	1	12 m ²	12 m ²
Bâche à eau et salle des machines	1	24 m ²	24 m ²
Total général 3			166 m²

D- Salle de sport

LOCAUX	Nombre	Surface(m ²)unitaire	Surface totale(m ²)
Aire de jeux (30 m x 20 m)	1	600 m ²	600 m ²
Hall d'entrée	1	16 m ²	16 m ²
Vestiaires élèves	2	32 m ²	64 m ²
Professeur avec vestiaire	2	12 m ²	24 m ²
Local matériel	1	16 m ²	16 m ²
Préau	1	16 m ²	16 m ²
Tapis brosse	1	8 m ²	8 m ²
Chaufferie	1	16 m ²	16 m ²
Total général 4			760 m²

E- Logements de fonction

LOCAUX	Nombre	Surface,m ²)unitaire	Surface totale(m ²)
Logements de 5 pièces	1	100 m ²	100 m ²
Logements de 4 pièces	3	85 m ²	170 m ²
Logements de 3 pièces	3	70 m ²	280 m ²
Total général 5			565m²
Surface totale bâtie (T1 + T2 + T3 + T4 + T5)			6.414 m²

LOCAUX	Nombre	Surface(m ²)unitaire	Surface totale(m ²)
Cour de récréation (3 m ² par élève)	1	5.000 m ²	3.000 m ²
Terrain omnisport	1	1.280 m ²	1.280 m ²
Espace vert et espace de jardinage (20 m ² par classe)	1	500 m ²	500 m ²
Total général 6			6.780 m²

Surface totale (T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6) 12.466 m²

Tableau 5 : PROGRAMME SURFACIQUE D'UN LYCEE

Pour 1000 élèves

Source : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 33 /23 Ramadhan 1442
5 mai 2021

III.3.4 L'organisation spatiale

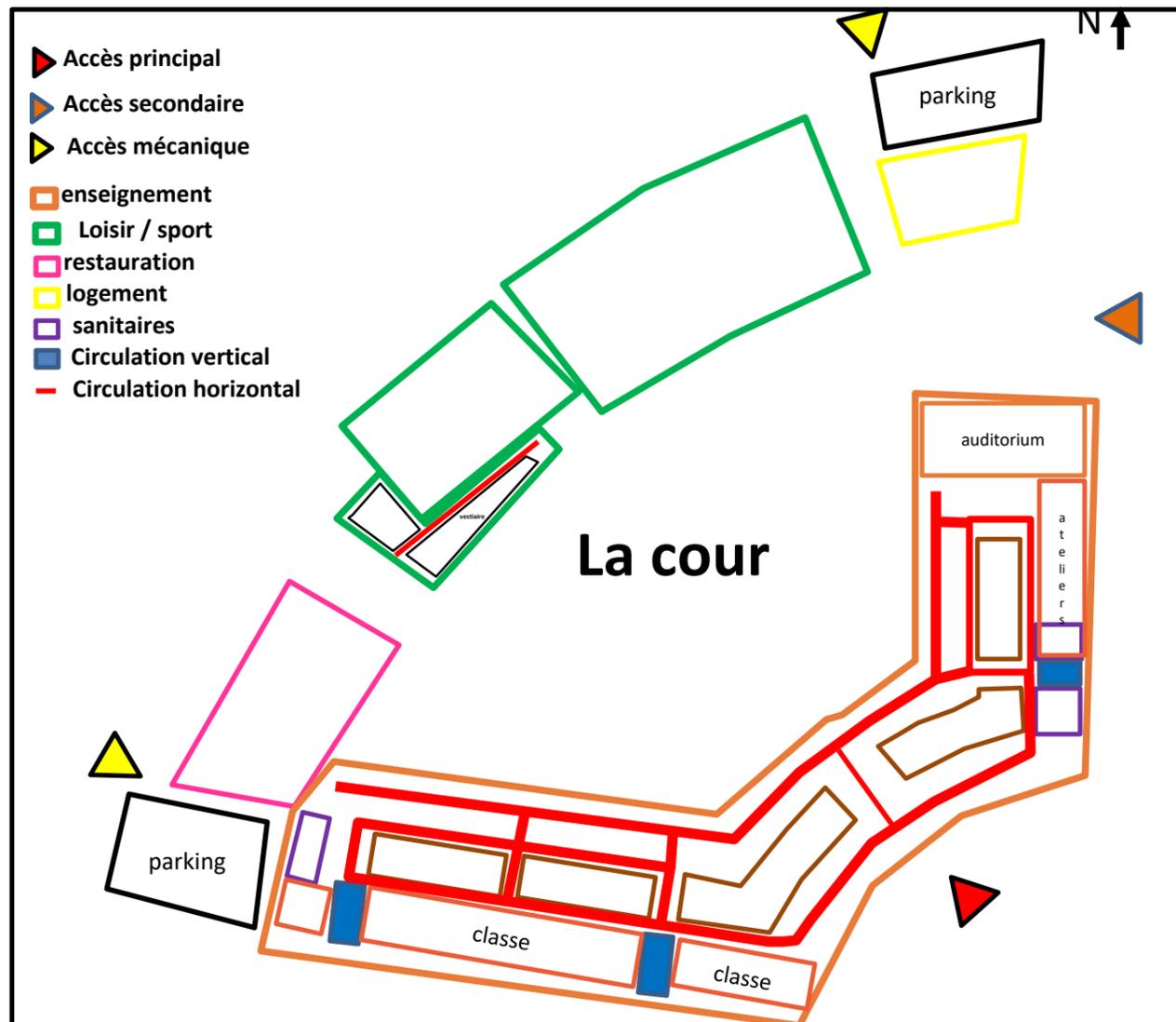


Figure 97 :organisation spatiale rdc

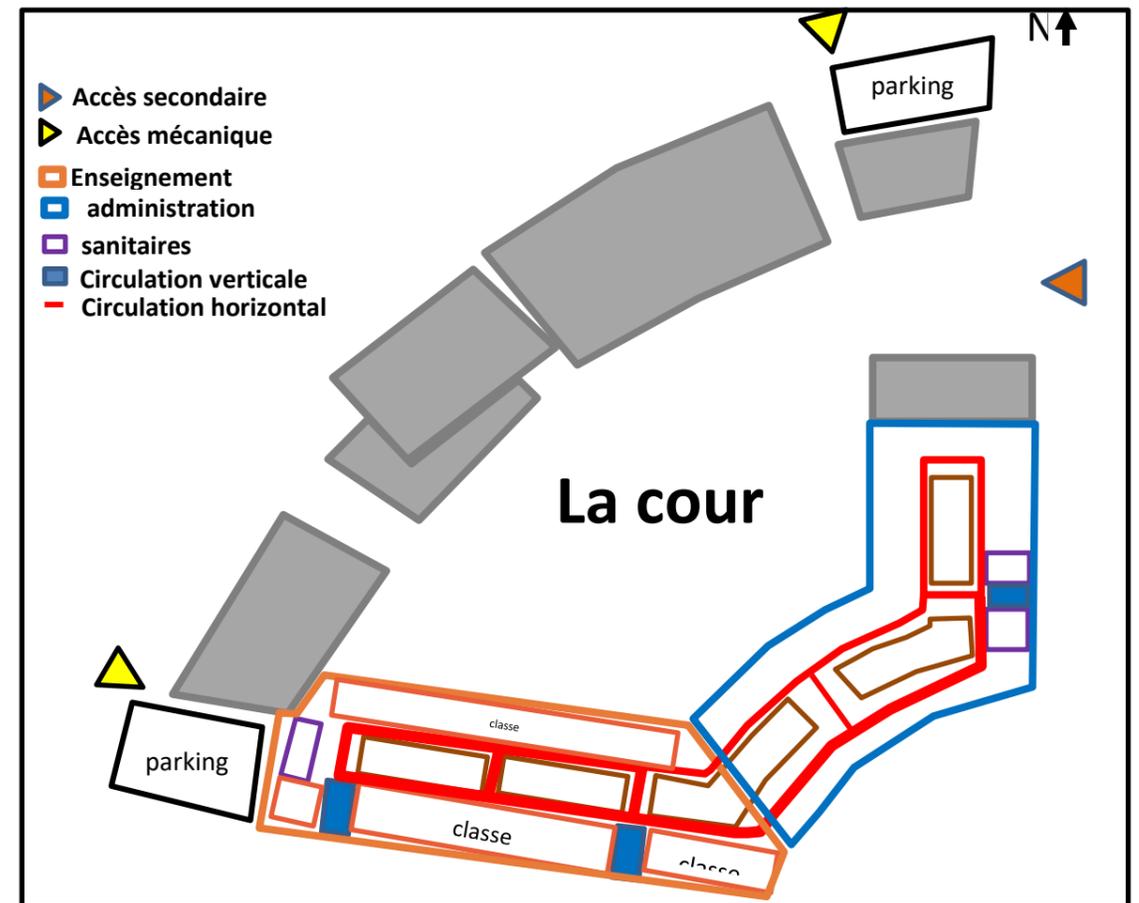


Figure 98: organisation spatiale 1er étage

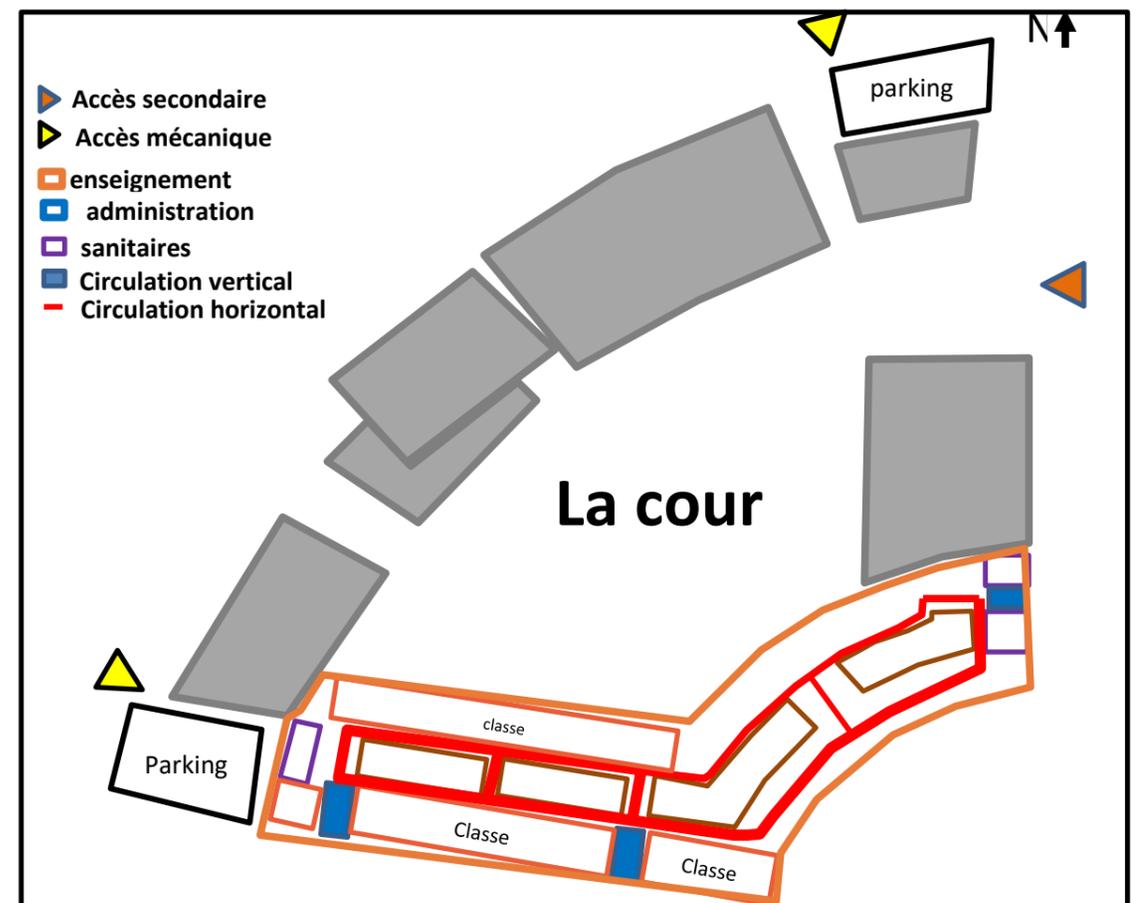


Figure 99: organisation spatiale 2ém étage

III.3.5 Système structurel

Pour construire une école durable stable et fonctionnel au même temps, nous avons opté pour deux types de structures :

1 structure en béton armé

Le béton armé est utilisé pour les structures qui nécessitent une résistance élevée à la traction et c'est l'utilisation de deux matériaux : le béton et l'acier. Par définition, c'est un matériau où des renforts métalliques sont ajoutés pour obtenir du béton armé. En effet, le béton est un matériau compressif et ne résiste pas à la traction. En revanche, l'acier peut résister à la traction et à la compression. Par conséquent, la combinaison de ces deux matériaux rend le béton armé résistant à la fois à la compression et à la traction. Le béton est utilisé dans notre projet dans des dalles, des poteaux, des poutres, des fondations et encore des voiles.

Critères de choix :

Une bonne résistance aux efforts de compression et de cisaillement ,une bonne protection contre l'incendie, facilite de l'emploi et disponibilité du matériau, grande variété de formes possibles et absence d'assemblages.

a. La trame structurelle (Figure 100)

La trame structurelle de notre projet se varie entre 4,5 m et 7 m, cette trame nous permet de gérer et matérialiser l'espace architectural en générale et l'unité de base du projet (salle de classe) en particulier

b. La superstructure (Figure 100)

- Les poteaux : On a opté pour un dimensionnement de 50 *40 cm pour plus de résistance
- Les poutres : Selon la portée on a opté pour un pré dimensionnement de 50*30 cm
- Les joints : -joints de dilatation
- Les voiles de contreventement

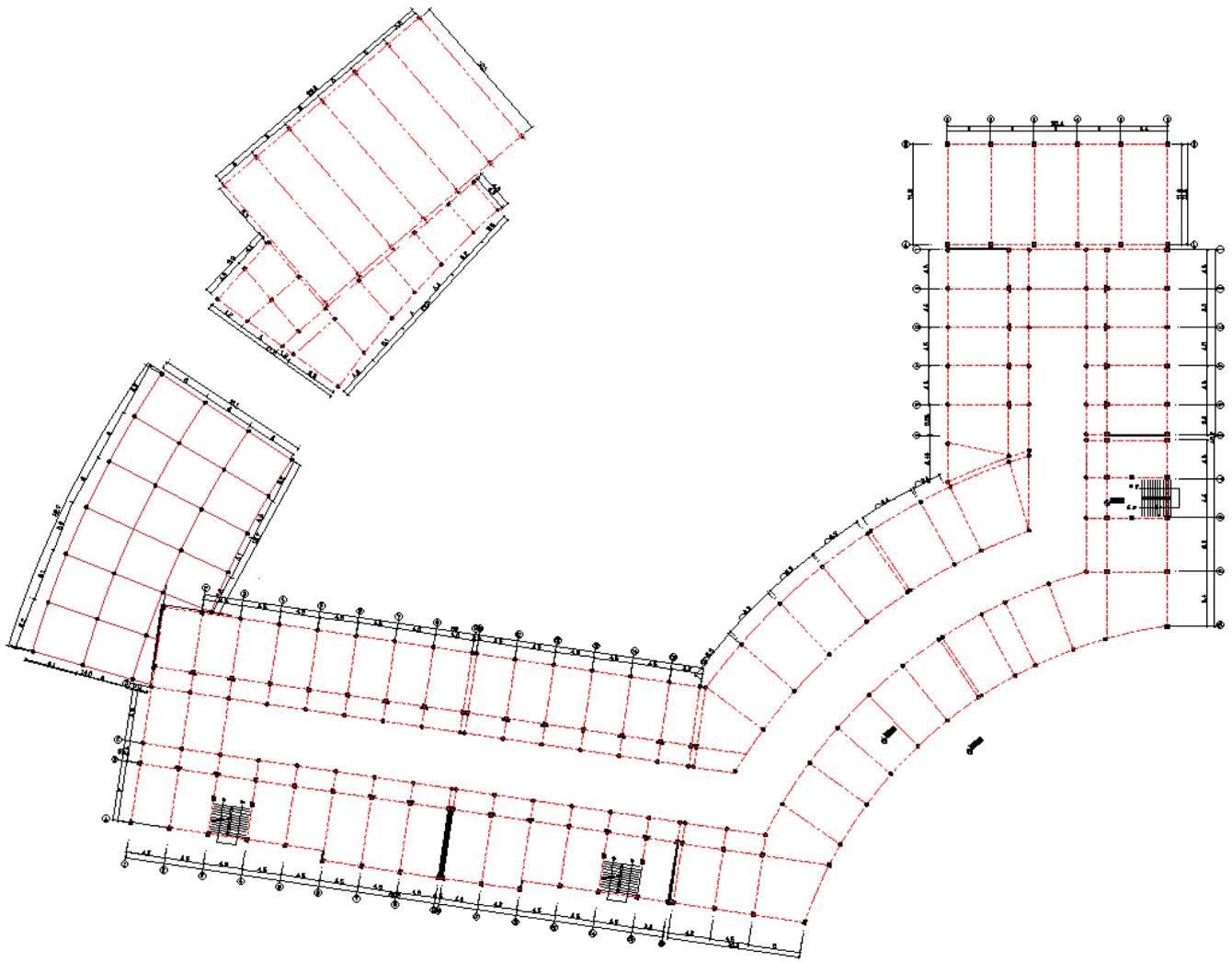


Figure 100: plan structure
Source auteur

2 structure métallique (Figure 101)

On a utilisé ce type de structure pour la partie ou nous avons de grandes portées 9m et plus (salle de sport), le bâtiment est supporté par une structure en charpente métallique qui se compose de poutres en membrues parallèles et des poteaux en « IPE ».

Le choix s'est fait en raison de trois paramètres fondamentaux :

- Les qualités physiques et mécaniques, de ces éléments pour franchir de grandes portées avec

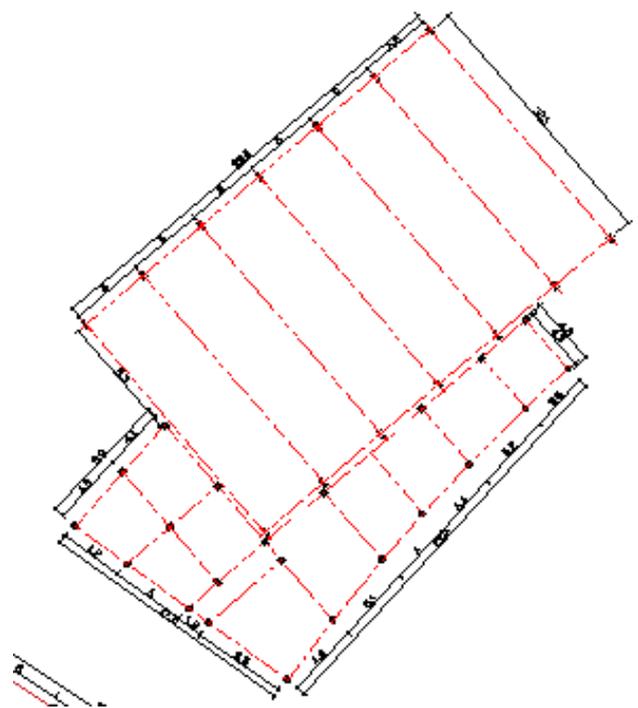


Figure 101: plan structure salle de sport
Source auteur

un minimum de points porteurs.

-La résistance de l'ensemble avec le maximum d'efficacité pour reprendre toutes sortes de sollicitations (charge importante, forces des vents). Ainsi que la légèreté et la rapidité du montage.

-Profitant aux vides intérieurs des poteaux tubulaires pour Le passage des câbles et des gaines techniques.

- la conception architecturale, grandeurs des espaces et les grandes portées (la portée d'une poutre en acier qui peut atteindre (16m).

III.3.6 Traitement de façades

-Façade sud

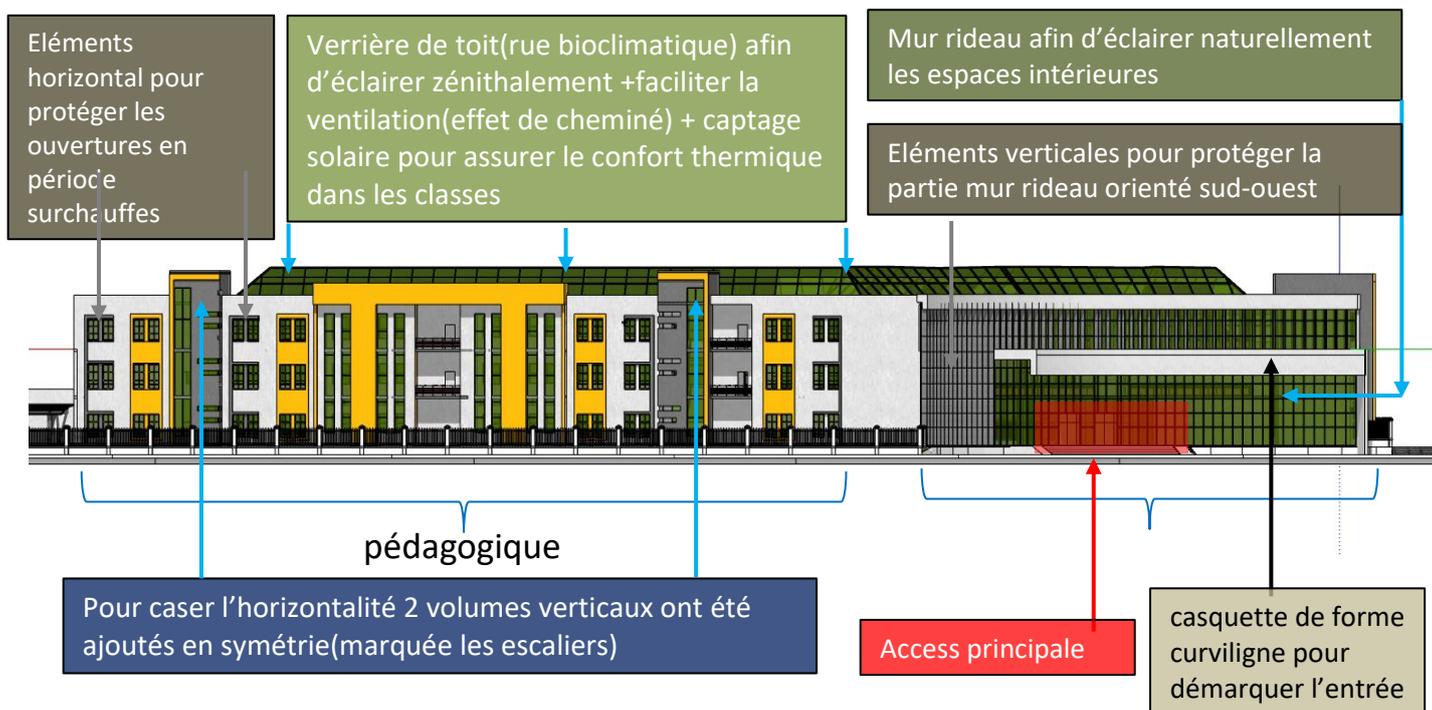


Figure 102 :traitement de façade
Source auteur

III.3.7 Evaluation environnementale du projet

III.3.7.1 A l'échelle d'aménagement

1. Protection des vents avec écran végétal



Figure 102: Protection des vents avec écran végétal
Source auteur

2. Orienter le blog pédagogique au sud pour un maximum de captage solaire

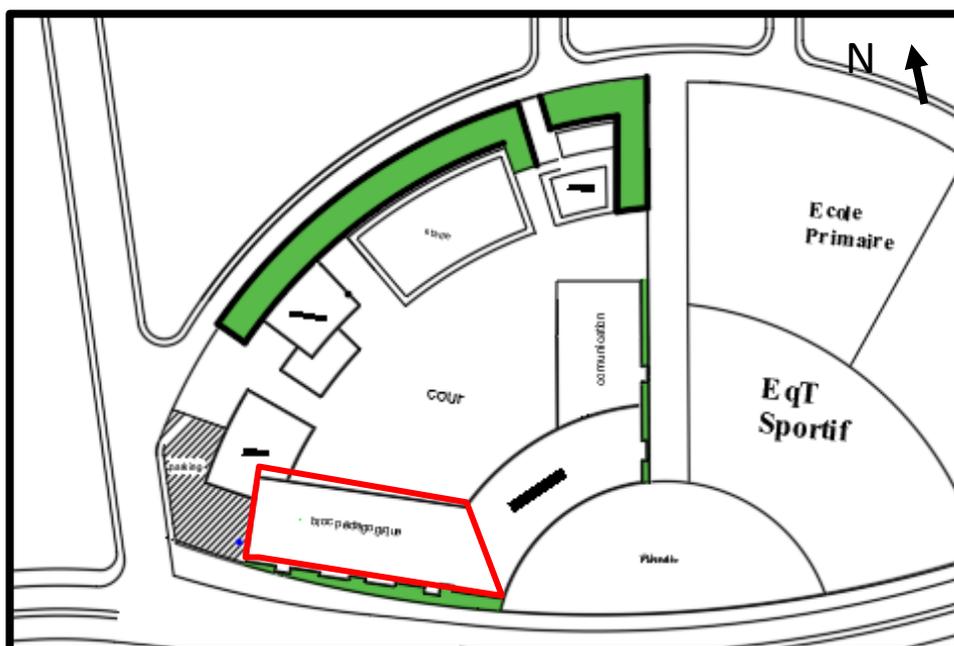


Figure 103: Orientation
Source auteur

III.3.7.2 A l'échelle du projet

III.3.7.2.1 Compacité

Nous avons opté pour un mono bloc qui contient l'entité pédagogique administratif et l'entité de communication en plus le réfectoire pour limiter les surfaces dépréciatives

Compacité de notre bâtiment:
 $C=S/V$ S (surface de l'enveloppe)
 V(volume du projet)
 $S=10113 / V=55116$
 $C=0,18$

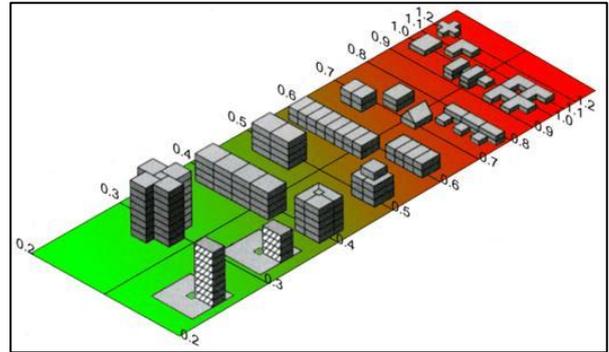


Figure 104 :compacité

Source : 28 Compacité de différentes formes géométriques Cherqui (2005).

III.3.7.2.2 L'apport de notre rue intérieure

III.3.7.2.2.1 Captage solaire et Protection solaire

Les brises soleils

Plus qu'un élément architectural, le brise-soleil extérieur est devenu un atout majeur pour le confort d'été. En effet, contrairement aux stores intérieurs, les brise-soleils extérieurs réfléchissent le rayonnement solaire direct. C'est en apportant de l'ombre de manière originale à la construction que les charges climatiques sont significativement réduites.

Captage solaire en hiver

- captage direct pour les salles orientées SUD
- captage Par la rue éclairée zénithalement pour les salles orientées NORD (figure)

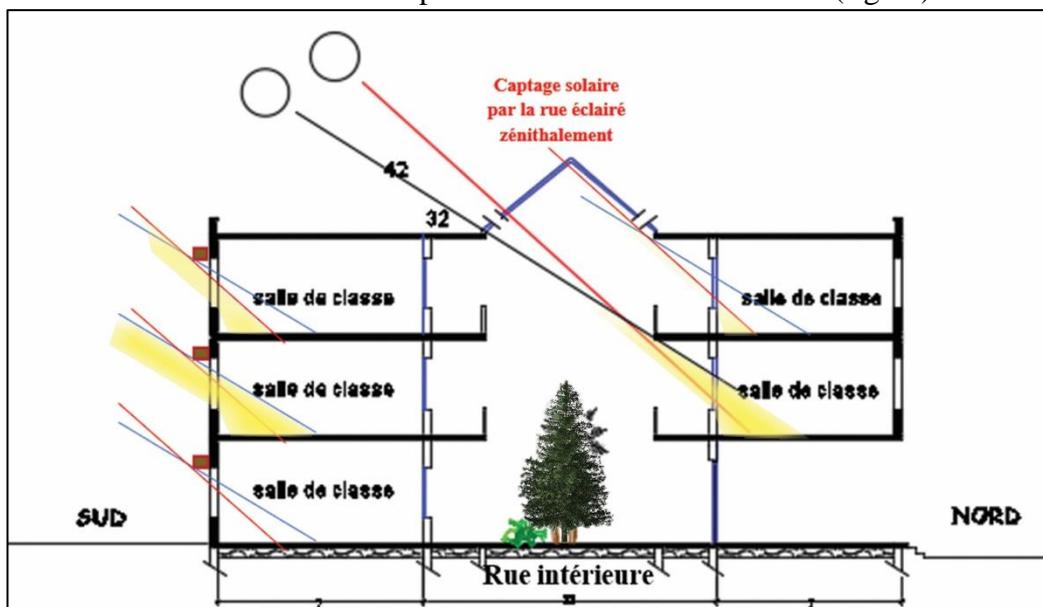


Figure 105: Coupe schématique (captage solaire/protection solaire)

Source auteur

III.3.7.2.2.2 L'éclairage

La rue intérieure éclairée zénithalement permet d'optimiser au mieux l'éclairage naturel des salles de classe et les coursives de l'étage à partir de la façade intérieure. Mais elle joue aussi un rôle essentiel dans la ventilation naturelle du bâtiment notamment en été et le capteur solaire pour les classes orienté nord

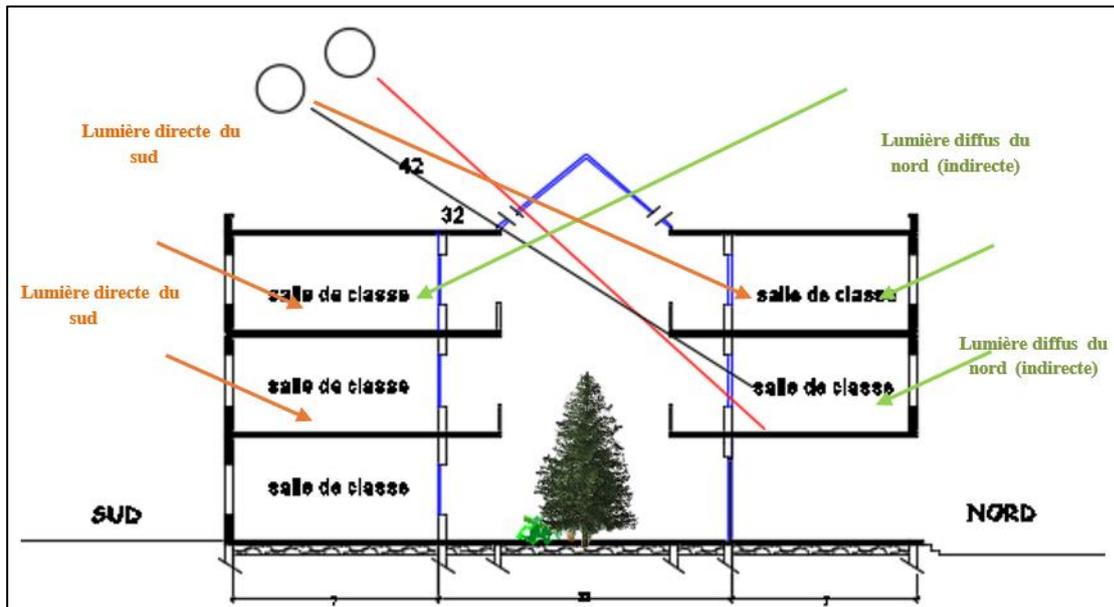


Figure 106: Coupe schématique (l'éclairage)

Source auteur

III.3.7.2.2.3 Ventilation naturelle

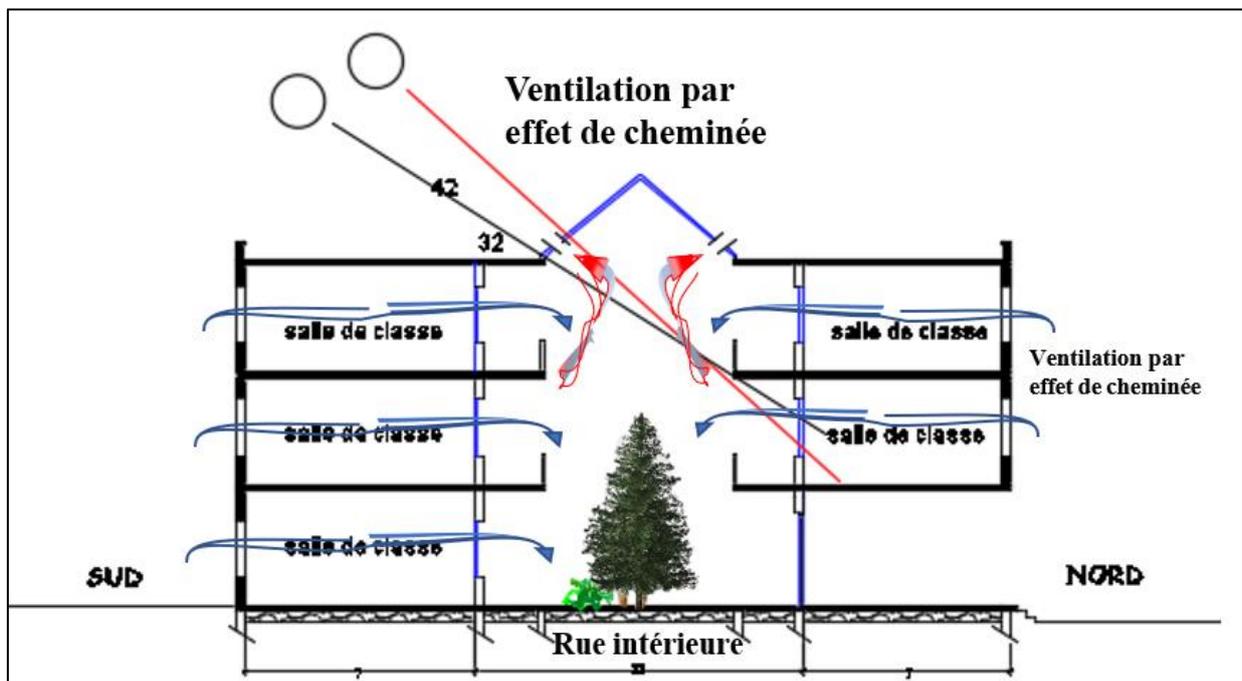


Figure 107: Coupe schématique (Ventilation naturelle)

Source auteur

III.3.7.2.3 Matériaux

Les caractéristiques des briques creuses classiques(choix après simulation)

Si les briques creuses se nomment ainsi, c'est bien sûr en référence aux perforations horizontales (ou verticales) dont elle est garnie sur toute sa longueur, en opposition aux briques pleines. Elles sont donc plus légères que ces dernières, ce qui explique pourquoi on utilise aujourd'hui de plus en plus de briques creuses dans la construction de murs en briques.

Les briques creuses classiques sont fabriquées en terre cuite dans 99% des cas

Avantages des briques creuses classiques

Si la brique creuse a devancé la brique pleine dans la construction, c'est qu'elle présente de nombreux avantages, notamment en termes d'énergie :

- Son inertie thermique. Comme toutes les briques, la brique creuse restitue le soir la chaleur qu'elle a emmagasinée durant la journée (économie d'Energie)
- Ses capacités hygrométriques : la brique absorbe l'excès d'humidité dans l'air, pour le restituer quand l'atmosphère est trop sèche.
- Ses dimensions : Grâce à ses dimensions standards et la possibilité d'être fabriquée en plus grande, la brique creuse classique permet des constructions sans trop de joints...ni de ponts thermiques.
- Sa durabilité : Malgré leur légèreté les briques creuses classiques sont très résistantes (au temps, au feu, à l'humidité...).



Figure 108: briques creuses classiques
Source :www.travaux-maçonnerie.fr

Les Fenêtre type et dimensionnement

Tous les espaces sont équipés de fenêtres en double vitrage, de type 4-16-4 (vitre extérieure de 4 mm, une couche d'air ou de gaz de 16 mm, puis, d'une vitre intérieure de 4mm.(Figure)

Avantages du double vitrage :

- Un meilleur confort thermique

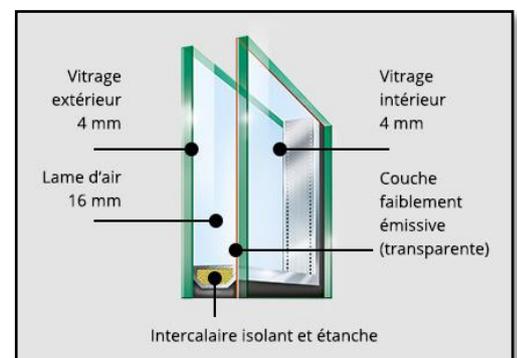


Figure 109 : double vitrage de type 4-16-4
Source : <https://www.fenetre24.com/vitrage-4-16-4.php>

-Le double vitrage permet de limiter la déperdition de chaleur par les fenêtres d'au moins 40 % par rapport à un simple vitrage. L'isolation est mesurée par le coefficient Ug. La valeur Ug d'un simple vitrage est de 6,8 tandis que celle du double vitrage est de 2,8. Plus le chiffre est bas, plus l'isolation est performante. Résultat : plus de confort car la chaleur est conservée dans la pièce. Il existe aussi des modèles de vitrages isolants renforcés (VIR), permettant, en plus, de limiter les apports solaires en été. À la clé, un meilleur confort thermique aussi lorsqu'il fait chaud.

2. Des économies sur sa facture de chauffage

Cet avantage découle du précédent : les économies d'énergie générées par la limitation des déperditions permettent de faire baisser significativement sa facture.²⁹

Isolation

Dans notre cas nous avons choisi pour l'isolation des salles de classe La Laine de verre(figure)

La laine de verre est un matériau isolant qui présente de multiples avantages :

- Excellentes performances en matière d'isolation thermique et phonique.

-Son prix est très intéressant et nettement moins coûteux que d'autres isolants du marché.

- Longue durée de vie.

- Un matériau naturel qui ne présente aucun danger pour la santé des occupants de la maison.

- Matériau non inflammable.

-Élastique et flexible, elle est facile à poser et s'adapte à tous les espaces, y compris les plus exigus et contraints.

Murs rideau

On a utilisé des murs rideaux à double vitrage pour un but esthétique (transparence) et pour l'isolation acoustique (les bruit des voiture) . Parmi ces avantages :

-Le mur-rideau optimise la quantité de lumière naturelle dans un bâtiment.



Figure 110 : laine de verre
Source gaz-tarif-reglemente.fr

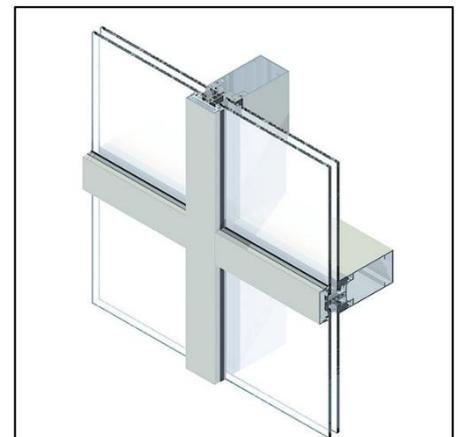


Figure 111 : mur rideau à double vitrage
Source : www.batiproducts.com

²⁹ <https://www.antargaz.fr/>

- Il comporte une durabilité supérieure à de nombreux autres revêtements de façade.
- Il présente une performance toujours plus grande sur le plan de l'étanchéité à l'eau et à l'air.

III.3.8 Simulation pour les salles de classe

Pour confirmer l'apport de cette rue intérieure et pour améliorer le confort thermique nous avons fait une simulation pour les salles de classe à l'aide de logiciel **DesignBuilder** qui est un logiciel de simulation dynamique, possédant une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants : Calcul des déperditions/gains thermiques de l'enveloppe en hiver/été

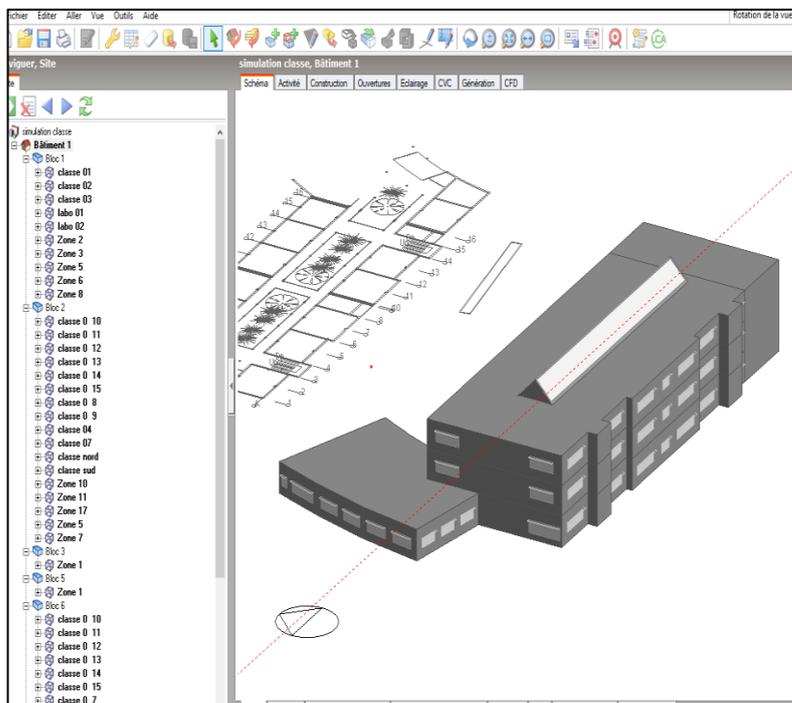


Figure 112: Simulation pour les salles de classe
Source : DesignBuilder

Nous avons appliqué la simulation pour une salle orienté Nord et une salle orienté Sud au niveau du premier étage pour la période d'études (septembre à juin)

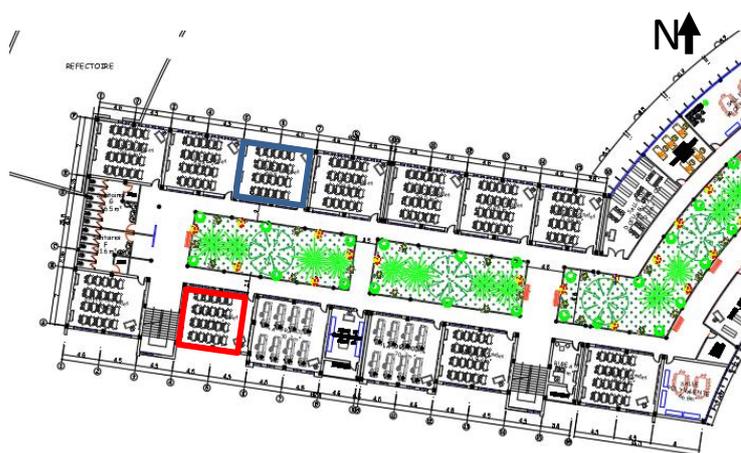


Figure 113: les classes simulées
Source :auteur

Scénarios	Premier scénario Sans la rue éclairé zénithalement (brique lame d'air)	2ém scénario Avec la rue éclairé zénithalement (brique lame d'air)																																																																																																																																																																																						
Classe Nord	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Confort Sou chauffe Surchauffe</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p>EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>27,58</td><td>24,41</td><td>20,71</td><td>17,12</td><td>15,66</td><td>16,73</td><td>19,04</td><td>21,56</td><td>24,78</td><td>28,20</td><td>29,28</td><td>24,96</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>27,33</td><td>24,69</td><td>20,80</td><td>17,20</td><td>15,69</td><td>16,82</td><td>19,24</td><td>21,84</td><td>25,14</td><td>28,65</td><td>29,73</td><td>25,41</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>27,33</td><td>24,69</td><td>20,80</td><td>17,20</td><td>15,69</td><td>16,82</td><td>19,24</td><td>21,84</td><td>25,14</td><td>28,65</td><td>29,73</td><td>25,41</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td><td>22,02</td><td>19,23</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>54,24</td><td>55,31</td><td>55,73</td><td>59,66</td><td>61,11</td><td>57,63</td><td>55,11</td><td>51,52</td><td>50,88</td><td>48,62</td><td>48,00</td><td>54,24</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>181,00</td><td>110,00</td><td>87,00</td><td>124,50</td><td>152,00</td><td>119,50</td><td>71,50</td><td>65,50</td><td>111,50</td><td>168,50</td><td>181,00</td><td>110,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Température d'air (°C)	27,58	24,41	20,71	17,12	15,66	16,73	19,04	21,56	24,78	28,20	29,28	24,96	Température radiante (°C)	27,33	24,69	20,80	17,20	15,69	16,82	19,24	21,84	25,14	28,65	29,73	25,41	Température opérative (°C)	27,33	24,69	20,80	17,20	15,69	16,82	19,24	21,84	25,14	28,65	29,73	25,41	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23	Humidité relative (%)	54,24	55,31	55,73	59,66	61,11	57,63	55,11	51,52	50,88	48,62	48,00	54,24	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	181,00	110,00	87,00	124,50	152,00	119,50	71,50	65,50	111,50	168,50	181,00	110,00	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Confort Sou chauffe Surchauffe</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p>EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>28,53</td><td>25,27</td><td>21,42</td><td>17,93</td><td>16,70</td><td>17,72</td><td>20,08</td><td>22,57</td><td>25,78</td><td>29,47</td><td>29,43</td><td>26,00</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>28,53</td><td>25,27</td><td>21,42</td><td>17,93</td><td>16,70</td><td>17,72</td><td>20,08</td><td>22,57</td><td>25,78</td><td>29,47</td><td>29,43</td><td>26,00</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>28,53</td><td>25,27</td><td>21,42</td><td>17,93</td><td>16,70</td><td>17,72</td><td>20,08</td><td>22,57</td><td>25,78</td><td>29,47</td><td>29,43</td><td>26,00</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td><td>22,02</td><td>19,23</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>51,43</td><td>52,49</td><td>52,60</td><td>55,96</td><td>57,34</td><td>54,08</td><td>50,96</td><td>48,00</td><td>47,79</td><td>45,27</td><td>45,00</td><td>51,43</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>185,50</td><td>115,00</td><td>87,00</td><td>141,00</td><td>165,50</td><td>113,00</td><td>65,50</td><td>59,50</td><td>113,00</td><td>179,50</td><td>185,50</td><td>115,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Température d'air (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00	Température radiante (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00	Température opérative (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23	Humidité relative (%)	51,43	52,49	52,60	55,96	57,34	54,08	50,96	48,00	47,79	45,27	45,00	51,43	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	185,50	115,00	87,00	141,00	165,50	113,00	65,50	59,50	113,00	179,50	185,50	115,00
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																												
Température d'air (°C)	27,58	24,41	20,71	17,12	15,66	16,73	19,04	21,56	24,78	28,20	29,28	24,96																																																																																																																																																																												
Température radiante (°C)	27,33	24,69	20,80	17,20	15,69	16,82	19,24	21,84	25,14	28,65	29,73	25,41																																																																																																																																																																												
Température opérative (°C)	27,33	24,69	20,80	17,20	15,69	16,82	19,24	21,84	25,14	28,65	29,73	25,41																																																																																																																																																																												
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23																																																																																																																																																																												
Humidité relative (%)	54,24	55,31	55,73	59,66	61,11	57,63	55,11	51,52	50,88	48,62	48,00	54,24																																																																																																																																																																												
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	181,00	110,00	87,00	124,50	152,00	119,50	71,50	65,50	111,50	168,50	181,00	110,00																																																																																																																																																																												
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																												
Température d'air (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00																																																																																																																																																																												
Température radiante (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00																																																																																																																																																																												
Température opérative (°C)	28,53	25,27	21,42	17,93	16,70	17,72	20,08	22,57	25,78	29,47	29,43	26,00																																																																																																																																																																												
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23																																																																																																																																																																												
Humidité relative (%)	51,43	52,49	52,60	55,96	57,34	54,08	50,96	48,00	47,79	45,27	45,00	51,43																																																																																																																																																																												
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	185,50	115,00	87,00	141,00	165,50	113,00	65,50	59,50	113,00	179,50	185,50	115,00																																																																																																																																																																												
Remarque	<p>Les résultats nous montrent que on a 4 mois dessous chaud sur 10 mois pour la classe nord donc on va suivre la stratégie de chauffage</p>	<p>Avec la verrière on trop une amélioration pour les températures qui sont sous la température du confort et on est passé de 4 mois de sou chauffe à 3 mois de sou chauffe</p>																																																																																																																																																																																						
Classe Sud	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Confort Sou chauffe Surchauffe</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Confort - Bloc 2, classe Sud</p> <p>EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>29,50</td><td>27,30</td><td>23,56</td><td>20,23</td><td>19,47</td><td>19,92</td><td>21,62</td><td>23,15</td><td>25,37</td><td>28,39</td><td>30,70</td><td>28,53</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>29,50</td><td>27,30</td><td>23,56</td><td>20,23</td><td>19,47</td><td>19,92</td><td>21,62</td><td>23,15</td><td>25,37</td><td>28,39</td><td>30,70</td><td>28,53</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,10</td><td>27,91</td><td>24,21</td><td>20,73</td><td>19,90</td><td>20,37</td><td>22,16</td><td>23,62</td><td>25,80</td><td>28,84</td><td>31,15</td><td>28,97</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td><td>22,02</td><td>19,23</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>48,88</td><td>46,92</td><td>44,54</td><td>46,74</td><td>46,66</td><td>45,73</td><td>45,53</td><td>46,39</td><td>49,14</td><td>48,17</td><td>48,00</td><td>48,88</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>192,00</td><td>147,50</td><td>35,50</td><td>30,00</td><td>58,50</td><td>43,00</td><td>17,50</td><td>62,00</td><td>113,00</td><td>169,50</td><td>192,00</td><td>147,50</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Température d'air (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39	30,70	28,53	Température radiante (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39	30,70	28,53	Température opérative (°C)	30,10	27,91	24,21	20,73	19,90	20,37	22,16	23,62	25,80	28,84	31,15	28,97	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23	Humidité relative (%)	48,88	46,92	44,54	46,74	46,66	45,73	45,53	46,39	49,14	48,17	48,00	48,88	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	192,00	147,50	35,50	30,00	58,50	43,00	17,50	62,00	113,00	169,50	192,00	147,50	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Confort Sou chauffe Surchauffe</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Confort - Bloc 2, classe sud</p> <p>EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>30,21</td><td>27,87</td><td>24,04</td><td>20,89</td><td>20,23</td><td>20,56</td><td>22,24</td><td>23,87</td><td>26,42</td><td>29,95</td><td>31,55</td><td>29,00</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>30,21</td><td>27,87</td><td>24,04</td><td>20,89</td><td>20,23</td><td>20,56</td><td>22,24</td><td>23,87</td><td>26,42</td><td>29,95</td><td>31,55</td><td>29,00</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,88</td><td>28,53</td><td>24,78</td><td>21,47</td><td>20,74</td><td>21,10</td><td>22,85</td><td>24,44</td><td>26,99</td><td>30,53</td><td>32,13</td><td>29,58</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td><td>22,02</td><td>19,23</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>47,01</td><td>45,36</td><td>43,11</td><td>44,63</td><td>44,37</td><td>43,74</td><td>43,62</td><td>44,19</td><td>46,08</td><td>44,09</td><td>44,00</td><td>47,01</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>204,00</td><td>158,50</td><td>29,50</td><td>16,50</td><td>41,00</td><td>29,50</td><td>12,00</td><td>54,00</td><td>115,50</td><td>183,00</td><td>204,00</td><td>158,50</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Température d'air (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95	31,55	29,00	Température radiante (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95	31,55	29,00	Température opérative (°C)	30,88	28,53	24,78	21,47	20,74	21,10	22,85	24,44	26,99	30,53	32,13	29,58	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23	Humidité relative (%)	47,01	45,36	43,11	44,63	44,37	43,74	43,62	44,19	46,08	44,09	44,00	47,01	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	204,00	158,50	29,50	16,50	41,00	29,50	12,00	54,00	115,50	183,00	204,00	158,50
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																												
Température d'air (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39	30,70	28,53																																																																																																																																																																												
Température radiante (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39	30,70	28,53																																																																																																																																																																												
Température opérative (°C)	30,10	27,91	24,21	20,73	19,90	20,37	22,16	23,62	25,80	28,84	31,15	28,97																																																																																																																																																																												
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23																																																																																																																																																																												
Humidité relative (%)	48,88	46,92	44,54	46,74	46,66	45,73	45,53	46,39	49,14	48,17	48,00	48,88																																																																																																																																																																												
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	192,00	147,50	35,50	30,00	58,50	43,00	17,50	62,00	113,00	169,50	192,00	147,50																																																																																																																																																																												
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																												
Température d'air (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95	31,55	29,00																																																																																																																																																																												
Température radiante (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95	31,55	29,00																																																																																																																																																																												
Température opérative (°C)	30,88	28,53	24,78	21,47	20,74	21,10	22,85	24,44	26,99	30,53	32,13	29,58																																																																																																																																																																												
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	22,02	19,23																																																																																																																																																																												
Humidité relative (%)	47,01	45,36	43,11	44,63	44,37	43,74	43,62	44,19	46,08	44,09	44,00	47,01																																																																																																																																																																												
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	204,00	158,50	29,50	16,50	41,00	29,50	12,00	54,00	115,50	183,00	204,00	158,50																																																																																																																																																																												
Remarque	<p>Pour la salle de classe orienté sud on a un mois de sous chauffe parce que déjà elle bénéficie d'un captage solaire direct de Sud</p>	<p>On a entendu 6 mois du confort sur 10 mois et on n'a pas de mois de sou chauffe pour cela on va arrêter les stratégies de chauffage pour les salles de sud</p>																																																																																																																																																																																						

Tableau 6 : résultat de simulation

Scénarios	<p align="center">3em scénario Simulation avec et verrière avec double vitrage</p>	<p align="center">4em scénario Simulation avec verrière avec double vitrage et isolant (laine de verre)</p>																																																																																																																																																										
<p>Classe Nord</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>28,78</td><td>25,44</td><td>21,50</td><td>18,02</td><td>16,85</td><td>17,85</td><td>20,15</td><td>22,68</td><td>25,96</td><td>29,71</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>28,78</td><td>26,26</td><td>22,02</td><td>18,43</td><td>17,16</td><td>18,28</td><td>20,82</td><td>23,58</td><td>27,02</td><td>30,95</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>29,28</td><td>25,88</td><td>21,78</td><td>18,23</td><td>17,01</td><td>18,07</td><td>20,48</td><td>23,13</td><td>26,49</td><td>30,33</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>50,75</td><td>52,01</td><td>51,67</td><td>54,82</td><td>58,30</td><td>52,85</td><td>50,33</td><td>47,53</td><td>47,30</td><td>44,69</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>188,00</td><td>123,00</td><td>45,50</td><td>66,50</td><td>116,50</td><td>72,00</td><td>32,00</td><td>50,50</td><td>116,00</td><td>182,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	28,78	25,44	21,50	18,02	16,85	17,85	20,15	22,68	25,96	29,71	Température radiante (°C)	28,78	26,26	22,02	18,43	17,16	18,28	20,82	23,58	27,02	30,95	Température opérative (°C)	29,28	25,88	21,78	18,23	17,01	18,07	20,48	23,13	26,49	30,33	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	50,75	52,01	51,67	54,82	58,30	52,85	50,33	47,53	47,30	44,69	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	188,00	123,00	45,50	66,50	116,50	72,00	32,00	50,50	116,00	182,00	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>29,58</td><td>26,21</td><td>22,25</td><td>18,81</td><td>17,75</td><td>18,74</td><td>20,99</td><td>23,47</td><td>26,73</td><td>30,53</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>30,76</td><td>27,22</td><td>23,11</td><td>19,53</td><td>18,34</td><td>19,45</td><td>21,93</td><td>24,64</td><td>28,02</td><td>31,94</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,17</td><td>26,71</td><td>22,68</td><td>19,17</td><td>18,04</td><td>19,10</td><td>21,46</td><td>24,06</td><td>27,37</td><td>31,21</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>48,63</td><td>49,81</td><td>48,48</td><td>51,02</td><td>52,20</td><td>48,88</td><td>47,01</td><td>45,06</td><td>45,24</td><td>42,75</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>195,50</td><td>135,50</td><td>29,00</td><td>34,50</td><td>70,00</td><td>37,00</td><td>16,50</td><td>50,00</td><td>131,00</td><td>188,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	29,58	26,21	22,25	18,81	17,75	18,74	20,99	23,47	26,73	30,53	Température radiante (°C)	30,76	27,22	23,11	19,53	18,34	19,45	21,93	24,64	28,02	31,94	Température opérative (°C)	30,17	26,71	22,68	19,17	18,04	19,10	21,46	24,06	27,37	31,21	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	48,63	49,81	48,48	51,02	52,20	48,88	47,01	45,06	45,24	42,75	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	195,50	135,50	29,00	34,50	70,00	37,00	16,50	50,00	131,00	188,00
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	28,78	25,44	21,50	18,02	16,85	17,85	20,15	22,68	25,96	29,71																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	28,78	26,26	22,02	18,43	17,16	18,28	20,82	23,58	27,02	30,95																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	29,28	25,88	21,78	18,23	17,01	18,07	20,48	23,13	26,49	30,33																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	50,75	52,01	51,67	54,82	58,30	52,85	50,33	47,53	47,30	44,69																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	188,00	123,00	45,50	66,50	116,50	72,00	32,00	50,50	116,00	182,00																																																																																																																																																		
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	29,58	26,21	22,25	18,81	17,75	18,74	20,99	23,47	26,73	30,53																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	30,76	27,22	23,11	19,53	18,34	19,45	21,93	24,64	28,02	31,94																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	30,17	26,71	22,68	19,17	18,04	19,10	21,46	24,06	27,37	31,21																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	48,63	49,81	48,48	51,02	52,20	48,88	47,01	45,06	45,24	42,75																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	195,50	135,50	29,00	34,50	70,00	37,00	16,50	50,00	131,00	188,00																																																																																																																																																		
<p>Remarque</p>	<p>Amélioration des températures pour les mois de sou chauffe</p>	<p>Amélioration des températures pour les mois de sou chauffe et on est passé à 1 mois de sou chauffe et on a passé de 3 mois à 5 mois de confort sur 10</p>																																																																																																																																																										

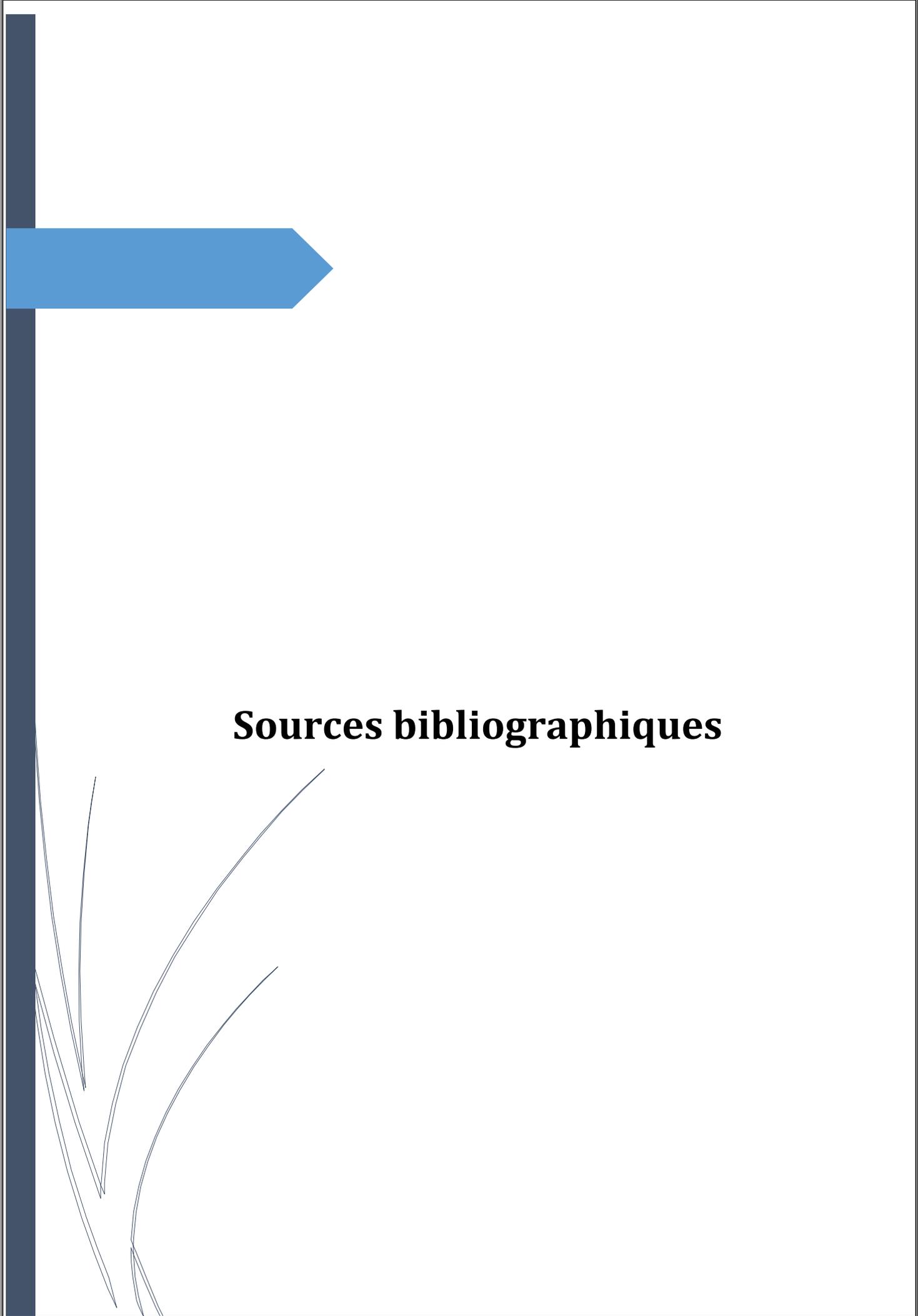
Synthèse

	<p align="center">Avant les séparions</p>	<p align="center">Après les scénarios</p>																																																																																																																																																										
<p>Classe Nord</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>27,58</td><td>24,41</td><td>20,71</td><td>17,12</td><td>15,66</td><td>16,73</td><td>19,04</td><td>21,56</td><td>24,78</td><td>28,20</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>28,28</td><td>24,96</td><td>20,88</td><td>17,28</td><td>15,72</td><td>16,84</td><td>19,12</td><td>22,42</td><td>25,48</td><td>29,40</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>27,93</td><td>24,69</td><td>20,81</td><td>17,20</td><td>15,69</td><td>16,82</td><td>19,24</td><td>21,81</td><td>25,14</td><td>28,65</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>54,24</td><td>55,31</td><td>55,73</td><td>59,66</td><td>61,11</td><td>57,63</td><td>55,11</td><td>51,32</td><td>50,88</td><td>48,62</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>181,00</td><td>110,00</td><td>87,00</td><td>124,50</td><td>152,00</td><td>119,50</td><td>71,50</td><td>65,50</td><td>111,50</td><td>168,50</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	27,58	24,41	20,71	17,12	15,66	16,73	19,04	21,56	24,78	28,20	Température radiante (°C)	28,28	24,96	20,88	17,28	15,72	16,84	19,12	22,42	25,48	29,40	Température opérative (°C)	27,93	24,69	20,81	17,20	15,69	16,82	19,24	21,81	25,14	28,65	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	54,24	55,31	55,73	59,66	61,11	57,63	55,11	51,32	50,88	48,62	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	181,00	110,00	87,00	124,50	152,00	119,50	71,50	65,50	111,50	168,50	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe nord</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>29,58</td><td>26,21</td><td>22,25</td><td>18,81</td><td>17,75</td><td>18,74</td><td>20,99</td><td>23,47</td><td>26,73</td><td>30,53</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>30,76</td><td>27,22</td><td>23,11</td><td>19,53</td><td>18,34</td><td>19,45</td><td>21,93</td><td>24,64</td><td>28,02</td><td>31,94</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,17</td><td>26,71</td><td>22,68</td><td>19,17</td><td>18,04</td><td>19,10</td><td>21,46</td><td>24,06</td><td>27,37</td><td>31,21</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>48,63</td><td>49,81</td><td>48,48</td><td>51,02</td><td>52,20</td><td>48,88</td><td>47,01</td><td>45,06</td><td>45,24</td><td>42,75</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>195,50</td><td>135,50</td><td>29,00</td><td>34,50</td><td>70,00</td><td>37,00</td><td>16,50</td><td>50,00</td><td>131,00</td><td>188,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	29,58	26,21	22,25	18,81	17,75	18,74	20,99	23,47	26,73	30,53	Température radiante (°C)	30,76	27,22	23,11	19,53	18,34	19,45	21,93	24,64	28,02	31,94	Température opérative (°C)	30,17	26,71	22,68	19,17	18,04	19,10	21,46	24,06	27,37	31,21	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	48,63	49,81	48,48	51,02	52,20	48,88	47,01	45,06	45,24	42,75	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	195,50	135,50	29,00	34,50	70,00	37,00	16,50	50,00	131,00	188,00
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	27,58	24,41	20,71	17,12	15,66	16,73	19,04	21,56	24,78	28,20																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	28,28	24,96	20,88	17,28	15,72	16,84	19,12	22,42	25,48	29,40																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	27,93	24,69	20,81	17,20	15,69	16,82	19,24	21,81	25,14	28,65																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	54,24	55,31	55,73	59,66	61,11	57,63	55,11	51,32	50,88	48,62																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	181,00	110,00	87,00	124,50	152,00	119,50	71,50	65,50	111,50	168,50																																																																																																																																																		
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	29,58	26,21	22,25	18,81	17,75	18,74	20,99	23,47	26,73	30,53																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	30,76	27,22	23,11	19,53	18,34	19,45	21,93	24,64	28,02	31,94																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	30,17	26,71	22,68	19,17	18,04	19,10	21,46	24,06	27,37	31,21																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	48,63	49,81	48,48	51,02	52,20	48,88	47,01	45,06	45,24	42,75																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	195,50	135,50	29,00	34,50	70,00	37,00	16,50	50,00	131,00	188,00																																																																																																																																																		
<p>Classe Sud</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe Sud</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>29,50</td><td>27,30</td><td>23,56</td><td>20,23</td><td>19,47</td><td>19,92</td><td>21,62</td><td>23,15</td><td>25,37</td><td>28,39</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>30,70</td><td>28,53</td><td>24,86</td><td>21,23</td><td>20,32</td><td>20,82</td><td>22,70</td><td>24,40</td><td>26,22</td><td>29,30</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,10</td><td>27,91</td><td>24,21</td><td>20,73</td><td>19,90</td><td>20,37</td><td>22,16</td><td>23,62</td><td>25,60</td><td>28,84</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>48,88</td><td>46,92</td><td>44,54</td><td>46,74</td><td>46,66</td><td>45,73</td><td>45,53</td><td>46,39</td><td>48,14</td><td>48,17</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>192,00</td><td>147,50</td><td>35,50</td><td>30,00</td><td>58,50</td><td>43,00</td><td>17,50</td><td>62,00</td><td>113,00</td><td>169,50</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39	Température radiante (°C)	30,70	28,53	24,86	21,23	20,32	20,82	22,70	24,40	26,22	29,30	Température opérative (°C)	30,10	27,91	24,21	20,73	19,90	20,37	22,16	23,62	25,60	28,84	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	48,88	46,92	44,54	46,74	46,66	45,73	45,53	46,39	48,14	48,17	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	192,00	147,50	35,50	30,00	58,50	43,00	17,50	62,00	113,00	169,50	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> Confort Sou chauffe Surchauffe </div> <div style="flex-grow: 1;"> <p align="center">Confort - Bloc 2, classe sud</p> <p align="center">EnergyPlus 1 Sep - 30 Juin, Mensuel Licence valide</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Température d'air (°C)</td> <td>30,21</td><td>27,87</td><td>24,04</td><td>20,89</td><td>20,23</td><td>20,56</td><td>22,24</td><td>23,87</td><td>26,42</td><td>29,95</td> </tr> <tr> <td>Température radiante (°C)</td> <td>31,55</td><td>29,23</td><td>25,51</td><td>22,05</td><td>21,25</td><td>21,63</td><td>23,45</td><td>25,02</td><td>27,56</td><td>31,30</td> </tr> <tr> <td>Température opérative (°C)</td> <td>30,88</td><td>28,53</td><td>24,78</td><td>21,47</td><td>20,74</td><td>21,10</td><td>22,85</td><td>24,44</td><td>26,99</td><td>30,59</td> </tr> <tr> <td>Température Sèche Air Extérieur (°C)</td> <td>22,02</td><td>19,23</td><td>13,50</td><td>10,78</td><td>9,22</td><td>9,96</td><td>12,49</td><td>14,48</td><td>18,10</td><td>22,00</td> </tr> <tr> <td>Humidité relative (%)</td> <td>47,01</td><td>45,36</td><td>43,11</td><td>44,63</td><td>44,37</td><td>43,74</td><td>43,62</td><td>44,19</td><td>46,08</td><td>44,09</td> </tr> <tr> <td>Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)</td> <td>204,00</td><td>156,50</td><td>29,50</td><td>16,50</td><td>41,00</td><td>29,50</td><td>12,00</td><td>54,00</td><td>115,50</td><td>183,00</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Température d'air (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95	Température radiante (°C)	31,55	29,23	25,51	22,05	21,25	21,63	23,45	25,02	27,56	31,30	Température opérative (°C)	30,88	28,53	24,78	21,47	20,74	21,10	22,85	24,44	26,99	30,59	Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00	Humidité relative (%)	47,01	45,36	43,11	44,63	44,37	43,74	43,62	44,19	46,08	44,09	Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	204,00	156,50	29,50	16,50	41,00	29,50	12,00	54,00	115,50	183,00
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	29,50	27,30	23,56	20,23	19,47	19,92	21,62	23,15	25,37	28,39																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	30,70	28,53	24,86	21,23	20,32	20,82	22,70	24,40	26,22	29,30																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	30,10	27,91	24,21	20,73	19,90	20,37	22,16	23,62	25,60	28,84																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	48,88	46,92	44,54	46,74	46,66	45,73	45,53	46,39	48,14	48,17																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	192,00	147,50	35,50	30,00	58,50	43,00	17,50	62,00	113,00	169,50																																																																																																																																																		
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
Température d'air (°C)	30,21	27,87	24,04	20,89	20,23	20,56	22,24	23,87	26,42	29,95																																																																																																																																																		
Température radiante (°C)	31,55	29,23	25,51	22,05	21,25	21,63	23,45	25,02	27,56	31,30																																																																																																																																																		
Température opérative (°C)	30,88	28,53	24,78	21,47	20,74	21,10	22,85	24,44	26,99	30,59																																																																																																																																																		
Température Sèche Air Extérieur (°C)	22,02	19,23	13,50	10,78	9,22	9,96	12,49	14,48	18,10	22,00																																																																																																																																																		
Humidité relative (%)	47,01	45,36	43,11	44,63	44,37	43,74	43,62	44,19	46,08	44,09																																																																																																																																																		
Heures d'inconfort (tout type de vêtement) (h)	204,00	156,50	29,50	16,50	41,00	29,50	12,00	54,00	115,50	183,00																																																																																																																																																		
<p align="center">Au finale tous ces scenarios qu'on a suivis nous ont conduit à améliorer les températures pour atteindre le confort</p>																																																																																																																																																												

Tableau 7 : Synthèse de simulation

III.4 conclusion

D'après tous les recherches qu'on a fait et les résultats obtenus nous pouvons dire que la rue intérieure bioclimatique a un apport positif sur l'amélioration du confort thermique dans les salles des classes ainsi le bon choix des matériaux ,la forme architecturale et la bonne orientation (sud)



Sources bibliographiques

Reuves documents et article

- Alain L et al, 2005
- Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa, Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 281 – 292.
- Expert en confort intérieur depuis 1947
- MANUEL DE BONNES PRATIQUES ARCHITECTURALES Écoconstruction et efficience énergétique dans les bâtiments
- MUSÉE NATIONAL DE L'ÉDUCATION – ROUEN
- CELE Exchange 2010/3 – ISSN 2072-7925 – © OECD 2010
- Spake A, 2008
- Gado, T, 2009
- Gelfand et al 2010
- Chan, 2014
- WORLDGBC 2013
- Yudelson, 2008 ; Gelfand et al 2010
- O'donnell w et al ,2010

Ouvrages

- ” l'architecture écologique” par Dominique Gauzin-Müller

Applications et Software :

- Météonorme.
- Climate consultant.
- Design Builder.
- Autocad
- Revit
- Sketchup
- Photoshop
- Lumion 11
- Google earth

Sites web :

- <http://www.futura-sciences.com/magazine/.../d/maison-architecture-bioclimatique->
- www.eco-sud.com L'architecture bioclimatique, association Eco sud
- www.calculeo.fr
- www.hellowatt.fr
- www.hebergement-touristique-durable.lenord.fr
- www.deco.fr
- www.climamaison.com

- www.e-rt2012.fr
- pro-eco-conseil.fr
- www.dictionnaire-environnement.com
- www.guidebatimentdurable.brussels
- Www.johnlewismarshall.com
- www.gov.scot
- <https://kiiwan.fr>
- www.bretagne.bzh
- www.urcaue-idf.fr
- www.viamichelin.fr
- fr.scribd.com
- www.fenetre24.com
- gaz-tarif-reglemente.fr
- www.batiproduits.com

Liste des figures :

Figure 1 : les principes de l'architecture bioclimatique	7
Figure 2 : : les objectifs de l'architecture bioclimatique	8
Figure 3 : fonctionnement panneau solaire	9
Figure 4 : fonctionnement capteur solaire photovoltaïque	9
Figure 5 : Principes de construction bioclimatique en fonction de l'ensoleillement	10
Figure 6 : implantation-orientation-masque	10
Figure 7 : puits provençal / puits canadien	11
Figure 8 : Principes de base d'une conception bioclimatique	12
Figure 9 : trajectoire soleil hiver/été	13
Figure 10 : Trias Energetica	15
Figure 11 : Édouard Danjoy (1838-1905), M'Dersa Tachfinia à Tlemcen	17
Figure 12 : :Intérieur d'école arabe à Constantine	17
Figure 13 : Zaouia, environs de Bougie (aujourd'hui Bejaïa)	17
Figure 14 : Médersa de Tlemcen, carte postale	17
Figure 15 : Antoine Brun (1832-1900), Collège arabo-français d'Alger	18
Figure 16 : Enseignement A. Classe de 6e , collège de Mostaganem.	18
Figure 17 : Enseignement B. Classe de M. Péliissier, école de Tamazirt (Kabylie)	18
Figure 18 : Abdelhamid Ibn Badis (ou cheikh Ben Badis, 1889-1940)	18
Figure 19 : :« Une classe de filles à Ouargla vers 1950 »	19
Figure 20 : Soldat instituteur avec ses élèves, école dans l'Ouarsenis	19
Figure 21 : Le jeune instituteur Georges Morin avec ses élèves de CP	19
Figure 22 : Le 4e Gymnasium, Amsterdam	20
Figure 23 : le type grappe	20
Figure 24 : type ville	21
Figure 26 : Corridor central	21
Figure 27 : Plan coursive	21
Figure 28 : La compacité	23
Figure 29 : ventilation naturelle	23
Figure 30: lycée léonard-de-Vinci à calais	25

Figure 31: Coupe sur la rue intérieure	25
Figure 32 : les fonctions	25
Figure 33 : vue sur projet	25
Figure 34: vue sur projet	25
Figure 35: Plan de masse et accessibilité	25
Figure 36: : plan de masse traité par l'auteur	25
Figure 37 : Coupe AA'	25
Figure 38 : Façade sud	25
Figure 39 : Façade Ouest	25
Figure 40 : Éolienne	26
Figure 41 : vue de projet	26
Figure 42 : aspect bioclimatique du projet	26
Figure 43 : : : Capteur solaire et panneaux photovoltaïques	26
Figure 44 : vue du lycée liffre	27
Figure 45 : Plan de situation	27
Figure 46 : Accessibilité du terrain	27
Figure 47 : La forme des bâtiments	27
Figure 48 : Orientation du projet	27
Figure 49 : Organisation des bâtiments	28
Figure 50 : PLAN RDC	28
Figure 51 : PLAN 1er ETAGE	28
Figure 52 : PLAN 2ème ETAGE	28
Figure 53 : coupe schématique de la ventilation naturelle	29
Figure 54 : Caractéristiques bioclimatiques du projet	29
Figure 55 : COUPE SUR LA RUE INTERIEUR	29
Figure 56 : s Les limites de la wilaya Tipaza	32
Figure 57 : Les limites de la commune de Koléa	32
Figure 58 : Carte de pos d'extension EST	33
Figure 59 : montre l'accessibilité au site d'intervention	33
Figure 60 : vue sur accessibilité	33
Figure 61 : Habitat collectif	34
Figure 62 : Terrain agricole	34
Figure 63 : École sup de commerce	34
Figure 64 : Carte de l'environnement immédiat du site	34
Figure 65 : Carte de zonage sismique du territoire national	35
Figure 66 : Site d'intervention	35
Figure 67 : trait de coupe	35
Figure 68 : Coupe AA'	35
Figure 69 : Coupe BB'	35
Figure 70 : Le Chardon	36
Figure 71 : Cactus	36
Figure 72 : Le pin	36
Figure 73 : L'olivier sauvage	36
Figure 74 : Vue du terrain	36
Figure 75 : photos sur terrain	36
Figure 76 : température	37
Figure 77 : graphique des précipitations moyennes de Koléa au cours de l'année	37
Figure 78 : ensoleillement	38

Figure 79 : la rose des vents de Koléa	38
Figure 80 : montrant la direction des vents sur le terrain	38
Figure 81 : le taux d'humidité de Koléa au cours de l'année	39
Figure 82 : Diagramme de Givoni	40
Figure 83 : stratégie recommandé	41
Figure 84 : stratégie recommandé	41
Figure 85 : stratégie recommandé	41
Figure 86 : stratégie recommandé	42
Figure 87 : stratégie recommandé	42
Figure 88 : stratégie recommandé	42
Figure 89 : 1ère étape de schéma d'aménagement	44
Figure 90 : 2em étape de schéma d'aménagement	44
Figure 91 : 3em étape de schéma d'aménagement	44
Figure 92 : 4em étape de schéma d'aménagement	45
Figure 93 : genèse de forme	46
Figure 94 : genèse de forme	46
Figure 95 : genèse de forme	46
Figure 96 : résultat finale	46
Figure 97 : organisation spatiale rdc	50
Figure 98 : organisation spatiale 1er étage	50
Figure 99 : organisation spatiale 2ém étage	50
Figure100 : plan structure	52
Figure 101 : plan structure salle de sport	52
Figure 102 : traitement de façade	53
Figure 103 : Protection des vents avec écran végétal	54
Figure 104 : Orientation	54
Figure 105 : compacité	55
Figure 106 : Coupe schématique (captage solaire/protection solaire)	55
Figure 107 : Coupe schématique (l'éclairage)	56
Figure 108 : Coupe schématique (Ventilation naturelle)	56
Figure 109 : briques creuses classiques	57
Figure 110 : double vitrage de type 4-16-4	57
Figure 111 : laine de verre	58
Figure 112 : mur rideau à double vitrage	58
Figure 113 : Simulation pour les salles des classes	59
Figure 114 : les classes simulées	59

Liste des tableaux :

Tableau 01 :Programme surfacique	28
Tableau 02 : Synthèse des exemples	30
Tableau 3 : Occupation du terrain	34
Tableau 4 : l'ombrage	39
Tableau 5 :Programme surfacique d'un lycée	49
Tableau 6 :résultat de simulation	60
Tableau 7 : Synthèse de simulation	61



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -01-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
Département d'Architecture

Mémoire de Master en Architecture.

OPTION : Architecture Environnement et technologie

**INTITULE Mémoire : Apport de la rue intérieure bioclimatique sur
le confort thermique dans les classes de cours**

P.F.E : conception d'un lycée durable à Koléa

Annexe : dossier graphique

Présenté par :

**BOUDAA LOTFI
ALILI AMINE**

Encadré(e)(s) par :

Mme BENKAHOUL Leila

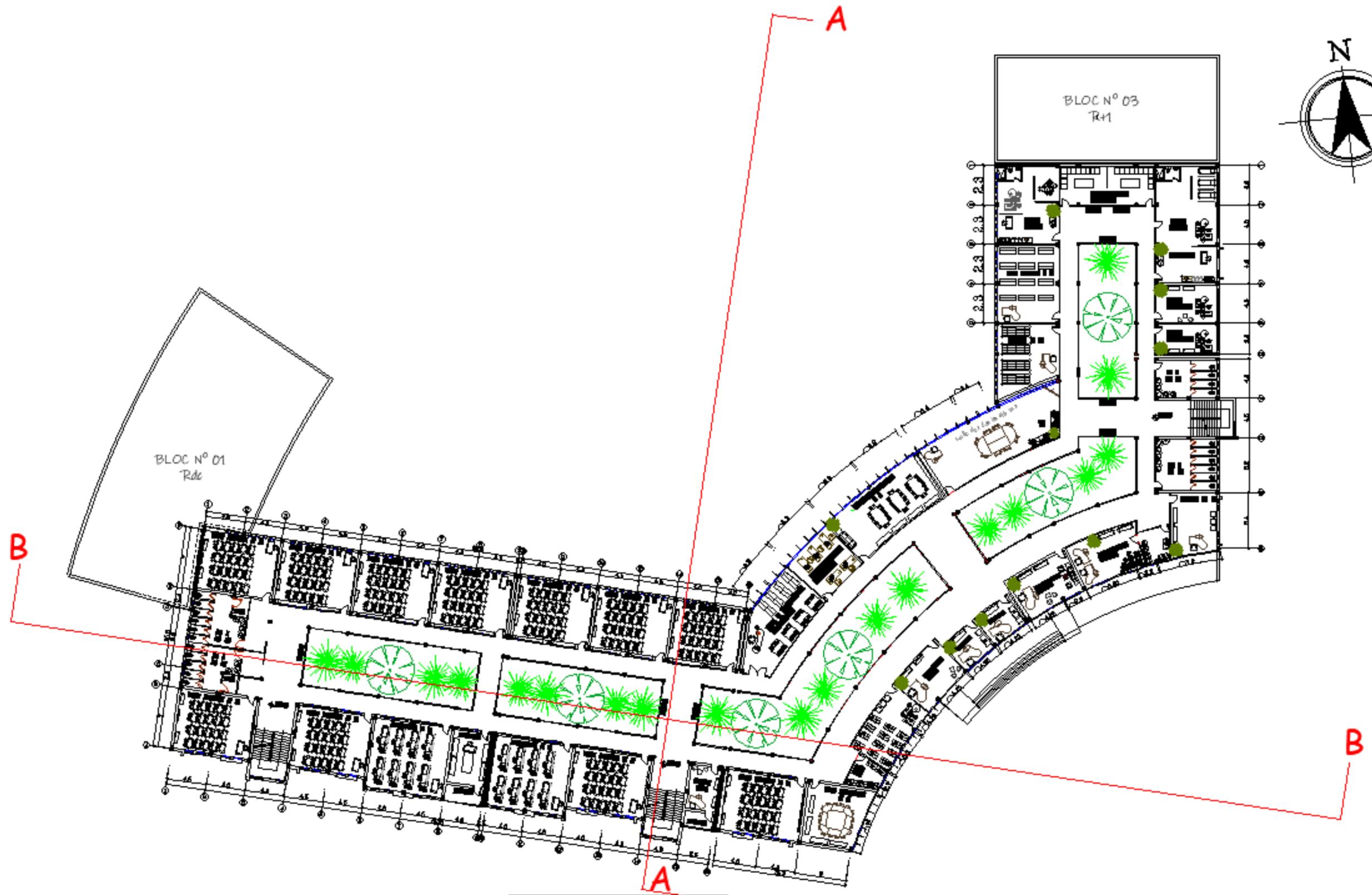
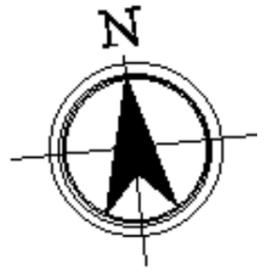
Mme ALIOUCHE Sihem

Membres du jury :

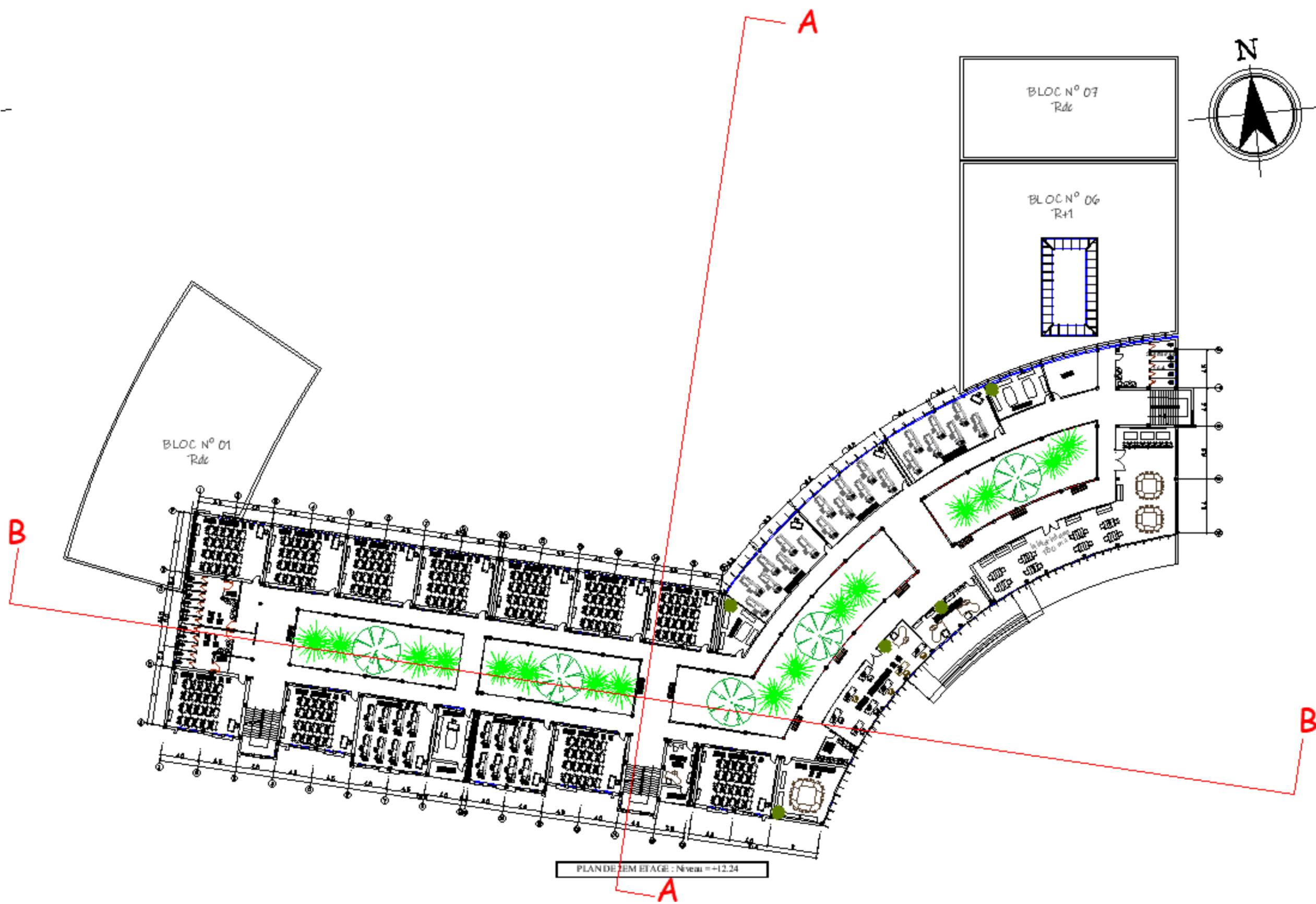
Président : Mme KHETTAB Samia (MCB).

Examineur: Mme DJEDDI Hadjer (MAB).

Année universitaire 2021/2022



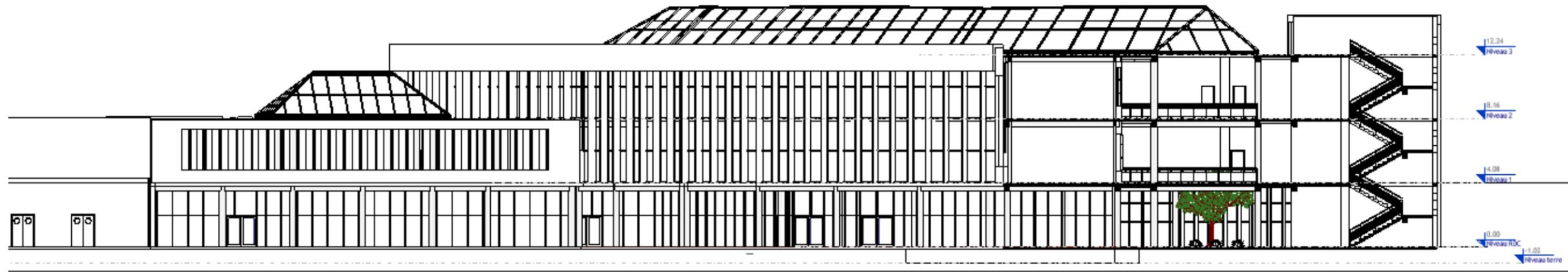
PLAN DE 1ER ETAGE : Niveau = -09.18



PLAN DE TEM ETAGE : Niveau = +12.24



Coup BB'



Coup AA'



façade sud



façade Est

3D



Perspective sur la rue intérieure bioclimatique