



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



FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE
DEPARTEMENT : D'Architecture

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par
BOUDELAA ISRA DALAL

DOMAINE : ARCHITECTURE ET URBANISME ET MITIERS DE LA
VILLE

FILIERE : ARCHITECTURE
OPTION : ARCHITECTEURE

Thème

Conception de la gare ferroviaire de Laghouat.
Application des principes de biomimétisme. étude de confort
thermique

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr Dehina Karim	MAA	Président
Mme Baali Saida	MAA	Examineur
Mr Bencheikh Abderrazak	MAA	Encadreur

Promotion : 2019/2020



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



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

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Architecture, urbanisme et métiers de la Ville

FILIERE : Architecture

OPTION : Architecture

THEME : Conception de la gare ferroviaire de Laghouat Application des principes de biomimétisme et étude de confort thermique

Présenté par :

- **BOUDELAA ISRA DALAL**

Encadré par :

- **Mr. BENCHEIKH ABDERREZZAK**

Résumé :

Le concept de l'environnement est une nécessité dans l'optique d'obtenir une construction économique, confortable et minimiser les impacts néfastes de l'acte de bâtir sur l'environnement.

Un projet d'une **gare ferroviaire**, qui répond aux besoins environnementaux de la **ville de Laghouat**, caractérisée par un **climat chaud et sec**, nécessite plusieurs précautions de conception. L'approche conceptuelle **biomimétique** permet d'adopter les techniques de la biomimétisme pour intégrer le projet dans son environnement. Dans ce projet de la gare ferroviaire de Laghouat on a utilisé les **lamelles cinétiques** et la **ouate de la cellulose** au niveau des parois extérieures, dans le but d'assurer le **confort thermique** et par extension minimiser la consommation des énergies non renouvelables.

Ces solutions sont testées et approuvées par simulation numérique à l'aide de **logiciel Rhinocéros (pulgins ladybug et honeybee for grasshopper)**.

Mots clés : Gare ferroviaire, la ville de Laghouat, climat chaud et sec, biomimétique, lamelles cinétiques, la ouate de la cellulose, confort thermique, logiciel Rhinocéros (pulgins ladybug et honeybee for grasshopper).



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



Amar Thelidji University – Laghouat
FACULTY: civil engineering and architecture

SECTOR: Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

DOMAIN: Architecture, town planning and city trades

SECTOR: Architecture

SPECIALITY: Architecture

THEME: design of a railway station in the city of Laghouat, biomimetism principals and thermal comfort study Application.

Presented by :

BOUDELAA ISRA DALAL

Supervised by:

Mr. BENCHEIKH ABDEREZZAK

Abstract :

The concept of the environment is a necessity in order to obtain an economical, comfortable construction and to minimize the negative impacts of the act building on the environment.

A **railway station** project, which meets the environmental needs **the city of Laghouat**, characterized by a **arid and dry climate**, requires several design precautions. The conceptual **biomimetic** method makes it possible to adopt biomimicry techniques to integrate the project into its environment. In this Laghouat railway station project, **kinetic lamellae** and **cellulose wadding** were used on the outer walls, with the aim of ensuring **thermal comfort** and by extension minimizing the consumption of non-renewable energies.

These solutions are tested and approved by digital **simulation** using software **Rhinoceros** (**pulgins ladybug et heneybee for gasshopper**).

Key words: Railway station, the city of Laghouat, hot and dry climate, biomimetic, kinetic lamellae, cellulose wadding, thermal comfort, simulation, software Rhinoceros (**pulgins ladybug et heneybee for gasshopper**).



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عمار تليجي الأغواط
كلية الهندسة المعمارية والمدنية
قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة ماستر

الميدان: هندسة العمارة وتخطيط المدن وتداولات المدينة
الشعبة: هندسة المعمارية
التخصص: هندسة المعمارية
الموضوع: تصميم محطة قطار في مدينة الأغواط، تطبيق مبادئ الاستوحاء من الراحة الحرارية

تقديم الطالب

بوضلة إسراء دلال

الاستاذ المؤطر

بن الشيخ عبد الرزاق

ملخص المذكرة:

تمكن أهمية البيئة البيئية ضرورة الحصول على بناء اقتصادي ومريح وتقليل الآثار السلبية لفعل البناء على البيئة. يتطلب مشروع محطة سكة حديد تلبية الاحتياجات البيئية لمدينة الأغواط، تتميز بمناخ حار وجاف، عدة احتياطات تصميمية. تتيح طريقة المحاكاة الحيوية المفاهيمية اعتماد تقنيات المحاكاة الحيوية لدمج المشروع في بيئته. في هذا المشروع الخاص بمحطة سكة حديد الأغواط، تم استخدام الرقائق الحركية وحشو السليلوز على الجدران الخارجية، وذلك بهدف ضمان الراحة الحرارية وبالتالي تقليل استهلاك الطاقات غير المتجددة.

يتم اختبار هذه الحلول اعتمادها على المحاكاة الرقمية باستخدام ladybug et honeybee for grasshopper

(Rhinceros).

الكلمات المفتاحية: محطة سكة حديد مدينة الأغواط، مناخ الحار والجاف، مقلد حيوي، صفائح حركية، حشوة السليلوز، راحة حرارية، برنامج لـ (Rhinceros) ladybug et heneybee for grasshopper.

Remerciement

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu ALLAH le tout puissant, pour m'avoir donné la force, le courage, la volonté et surtout la patience pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Mes chaleureux remerciements à mes parents pour m'avoir encouragés et permis d'entreprendre la formation en architecture, Sans eux, je n'en serai pas là.

Par la suite, je voudrai exprimer mes profondes gratitudes à mon encadreur, Mr BENCHEIKH Abderrezak pour l'aide compétente qu'il m'a apporté, pour sa patience et son encouragement. Son œil critique m'a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections.

J' exprime ma notre reconnaissance à Monsieur DEHINA Karim et Mme BAALI Saida d'avoir accepté d'examiner ce travail.

je tiens à transmettre mes remerciements à tous les enseignants du département pour leurs aides, leurs encouragements durant mon cursus universitaire qui m'ont offert tous les moyens pour réussir.

Enfin je tiens à exprimer notre reconnaissance envers mes amis et collègues qui étaient toujours présents pour m'apporter leur soutien moral dans les moments difficiles.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents et ma chère sœur Selma Khadîdja et mes frères Hicham, Abdelhamid, Ilyes et Wael qu'ils ont dépensés pour moi sans compter. Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer l'environnement affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Spécial dédicace pour mon encadreur MR BENCHEIKH Abderrazak pour ces efforts et ces conseils pendant la réalisation de ce travail.

Spécial dédicace aussi pour Mechraoui A. Dhia Eddine qui est toujours été là pour moi et pour ces efforts et son aide et son encouragement .

Spécial dédicace aussi pour ma chère señorita Bedarnia Mebarka

A tout ma famille Pour leur soutien tout au long de mon Parcours universitaire.

A l'ensemble de mes professeurs lors de mon cursus scolaire et universitaire.

À mes meilleurs Amis

Arrachi Ryma, Bouzouaid Ikram ,Benammar Manina ,Bensaad Hanane, Fortas Tiziri, Senouci Hanane.

À Benlokriichi mohammed et Bennouar Abdou

À ma deuxième famille ECOUAT

À tous ceux qui m'ont aidée à la réalisation de ce modeste mémoire.

Dalal isra

Sommaire

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER.....	I
ABSTRACT OF MASTER MEMORY.....	II
ملخص مذكرة ماستر.....	III
Remerciement.....	IV
Dédicace.....	V
Sommaire.....	VI
Liste Des Figures.....	X

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION :.....	1
Problématique :.....	2
Hypothèse :.....	2
Sous hypothèse :.....	2
Objectif :.....	3
Méthodologie de travail :.....	3

Chapitre I : Etude Thématique

Introduction :.....	6
I.1. Définitions des concepts liés à l'environnement :.....	6
I.1. L'architecture durable :.....	6
I.2. Le biomimétisme :.....	6
I.2.1. Confort :.....	7
I.3. Zones arides (à climat chaud et sec) :.....	8
I.3.1. Stratégies de durabilité dans les zones arides :.....	8
I.3.2. Implantation :.....	8
I.3.3. Orientation :.....	9
I.3.4. Forme :.....	9
I.3.5. Couleur :.....	9
I.3.6. Conception des ouvertures :.....	9
I.3.7. Enveloppe du bâtiment et matériaux :.....	10
I.3.8. Aménagement extérieure :.....	10
I.4. Stratégie de ventilation naturelle :.....	10
Les étapes pour optimiser la ventilation naturelle :.....	11

<i>I.5. Définitions des concepts liés au thème transport :</i>	<i>11</i>
<i>I.5.1. Histoire de gare ferroviaire :</i>	<i>12</i>
<i>I.5.2. Classification des gares ferroviaires :</i>	<i>13</i>
<i>I.5.3. Les espaces de la gare ferroviaire :</i>	<i>14</i>
<i>I.5.4. La structure d'une gare ferroviaire :</i>	<i>15</i>
<i>I.6. Analyse des exemples :</i>	<i>15</i>
<i>I.6.1. Exemple N1 la gare de Tanger – Maroc :</i>	<i>15</i>
<i>I.6.2. Exemple N2 la gare Napoli Afragola:</i>	<i>21</i>
<i>I.6.3. Exemple N3 la gare TGV de Lyon, de Satolas :</i>	<i>25</i>
Synthèse	

Chapitre II étude contextuelle

<i>Introduction :</i>	<i>32</i>
<i>II.1. Présentation de la Laghouat :</i>	<i>32</i>
<i>II.2. Données climatiques :</i>	<i>32</i>
<i>II.3. Site d'intervention :</i>	<i>36</i>
<i>II.3.1. Motivation du choix du site :</i>	<i>36</i>
<i>II.3.2. Situation :</i>	<i>36</i>
<i>II.3.3. Accessibilité :</i>	<i>37</i>
<i>II.3.4. Voisinage :</i>	<i>37</i>
<i>II.3.5. Morphologie du terrain :</i>	<i>38</i>
Synthèse	

Chapitre III : étude programmatique

<i>Introduction :</i>	<i>41</i>
<i>III.1. Programme qualitatif :</i>	<i>41</i>
<i>III.1.1. Espaces primaires d'une gare ferroviaires :</i>	<i>41</i>
<i>III.2. Programme quantitatif :</i>	<i>42</i>

Chapitre IV : conception architecturale

<i>Introduction :</i>	<i>45</i>
<i>IV.1. Méthodologie de genèse :</i>	<i>45</i>
<i>IV.2. Genèse du projet :</i>	<i>45</i>
<i>IV.2.1. Etat de lieux :</i>	<i>45</i>

<i>IV.2.2. Idée du projet :</i>	46
<i>IV.2.3. Développement de la forme du projet :</i>	47
<i>IV.2.4. Choix des accès :</i>	48
<i>IV.2.5. Mode d'occupation :</i>	49
<i>IV.2.4. Zoning :</i>	50
<i>IV.2.5. Conception des espaces extérieurs :</i>	51
<i>IV.2.5.1. Organisation des espaces extérieurs :</i>	51
<i>IV.3. Organisation des espaces intérieur :</i>	54
<i>IV.4. Lecture des façades :</i>	55
Synthèse	

Chapitre V : étude technique

<i>Introduction :</i>	59
<i>V.1. Choix de système constructif :</i>	59
<i>V.1.2 Matériaux de construction :</i>	61
<i>V.1.3. Confort thermique :</i>	64
<i>V.1.4. Confort visuel :</i>	66
<i>V.1.4 La gestion d'énergie :</i>	68
<i>V.1.5 La gestion de l'eau :</i>	70
<i>V.1.5 La gestion des déchets :</i>	70

Chapitre VI : partie simulation

<i>Introduction :</i>	72
<i>VI.1. Problématique :</i>	72
<i>VI. 1-1 Objectifs spécifiques :</i>	72
<i>VI.1-2 Hypothèses spécifiques :</i>	72
<i>VI.2. Définition du confort thermique :</i>	73
<i>VI.3. Les paramètres influant sur le confort thermique :</i>	73
<i>VII. 1. Facteurs liés à l'environnement :</i>	73
<i>VII. 3.2. Facteurs liés au cadre bâti :</i>	74
<i>VI. 3.3. Les facteurs liés à l'individu :</i>	76
<i>VI.4. Présentation de logiciel de la simulation :</i>	78
<i>VI.5. 1. Présentation du cas d'étude :</i>	78
<i>VI. 5.2. Présentation du cas d'étude :</i>	79

<i>VI.5.2. Simulation</i>	79
<i>VI.5.3. Présentation des corrections et amélioration</i>	83
<i>VI.5.4. Simulation de cas amélioré</i>	84
<i>VI.6. Conclusion</i>	86
<i>Conclusion générale</i>	88
<i>Bibliographie</i>	90

Liste Des Figures

Chapitre I : Etude Thématique

Figure I 1:Les échanges thermiques entre le corps et l'environnement.....	8
Figure I 2:L'implantation de bâtiment dans les zones arides	9
Figure I 3:La pénétration des rayonnements solaire.....	9
Figure I 4:Les différents effets de la végétation.....	10
Figure I 5:Les types de ventilation naturel.....	10
Figure I 6:de La Gare Tanger –Maroc.....	15
Figure I 7: la situation de la Gare de Tanger-Maroc.....	16
Figure I 8:vue de-dessus de la Gare de Tanger-Maroc.....	16
Figure I 9:la volumétrie de la Gare Tanger –Maroc	17
Figure I 10:: l'entrée principale de nouvelle Gare Tanger –Maroc.....	17
Figure I 11:l'entrée principale de l'ancienne Gare Tanger –Maroc.....	17
Figure I 12:Plan de rez-de-chaussée de la gare Tanger –Maroc.....	18
Figure I 13:Plan de l'étage de la Gare Tanger –Maroc	18
Figure I 14:schéma d'organigramme spatial de la Gare Tanger –Maroc.....	19
Figure I 15:Coupe schématique des techniques de ventilation et d'éclairage dans la Gare Tanger – Maroc	20
Figure I 16:photos de synthèse des vues intérieures dans la Gare Tanger –Maroc.....	20
Figure I 17:Photo synthèse de La Gare Napoli Afragola.....	21
Figure I 18:photo satellite de la situation de la Gare de Napoli.	21
Figure I 19:Photo de synthèse, vue de-dessus de la Gare de Napoli.	22
Figure I 20:Photo synthèse de la volumétrie de la Gare Napoli.....	22
Figure I 21: Photo des façades de la gare Napoli.	23
Figure I 22:Photo de l'une de l'entrée de la gare Napoli.	23
Figure I 23:Plan de rez-de-chaussée de la Gare Napoli.....	23
Figure I 24:Plan de premier étage de la Gare Napoli.....	24
Figure I 25:Plan de 02 ème étage de la Gare Napoli.....	24
Figure I 26:Plan de 03 ème étage de la Gare Napoli	24
Figure I 27:vue sur la gare de Napoli	25
Figure I 28:Photo synthèse de La Gare TGV Satolas –Lyon.....	26
Figure I 29:photo satellite de la situation de la Gare	26
Figure I 30:Photo de synthèse, vue de-dessus de la Gare de satolas –Lyon.	27
Figure I 31:Photo synthèse de la volumétrie de la Gare satolas.....	27
Figure I 32:Photo des piliers de la Gare satolas.....	28

Figure I 33:Photo de l'entrée principale de la Gare.....	28
Figure I 34:Plan de l'étage de la Gare	28
Figure I 35:vue de la gare satolas	29

Chapitre II étude contextuelle

Figure II. 1 Situation géographique et administrative de la ville de Laghouat.....	32
Figure II. 2:Les zones climatiques en Algérie	33
Figure II. 3:Fréquences des ciex ensoleillés, Intermédiaires et nuageux	33
Figure II. 4:courbes des ciex ensoleillés.....	34
Figure II. 5:courbes de La température annuelle moyenne.....	34
Figure II. 6:courbes de L'humidité annuelle.....	35
Figure II. 7:courbes de La précipitation	35
Figure II. 8:La situation du site du projet.	37
Figure II. 9: l'accessibilité du site du projet.	37
Figure II. 10:voisinage du site du projet.....	37
Figure II. 11:les vents dominants.....	38
Figure II. 12:l'ensoleillement du site du projet.....	38
Figure II. 13:la pente topographique.....	38
Figure II. 14:schéma de plancher solaire direct	66

Chapitre III : étude programmatique

Figure III. 2 : Les mobiliers de la gare.....	43
Figure III. 1:Les mobiliers de la gare	43

Chapitre IV : conception architecturale

Figure IV. 1 l'état de lieux.....	45
Figure IV. 2:Le criquet et le train	46
Figure IV. 3:L'abdomen de criquet.....	46
Figure IV. 4:aérodynamique des vents sur le train.....	47
Figure IV. 5:l'implantation de volume.....	47
Figure IV. 6:dégradation de volume.....	47
Figure IV. 7:appliquer des opérations géométriques sur la forme.....	48
Figure IV. 8:La volumétrie du projet.....	48
Figure IV. 9:Choix des accès	49

Figure IV. 10:retrait de projet	49
Figure IV. 11:L'implantation de volume.....	49
Figure IV. 12:Le zoning.....	51
Figure IV. 13:plan de masse	51
Figure IV. 14:les parkings solaires.....	52
Figure IV. 15:espace de loisirs.....	53
Figure IV. 16:détail de modélisation des protections.....	56
Figure IV. 18:Couvre-joint.....	60

Chapitre V : étude technique

Figure V. 1:les nœuds dans la construction en acier	60
Figure V. 2::Couvre-joint.....	60
Figure V. 3:la structure des lamelles.....	61
Figure V. 4:L'application de la Ouate de cellulose.....	62
Figure V. 5:Le vitrage intelligent	63
Figure V. 6:carrelage écologique.....	63
Figure V. 7:plafond en placo.....	63
Figure V. 8:ventilation par façade double peau	65
Figure V. 9:principe de fonctionnement Centrale double flux.....	65
Figure V. 10 : Les panneaux solaires flexibles.....	68
Figure V. 11 :power plant	68
Figure V. 12:panneaux solaires souples et flexibles.....	68
Figure V. 13:revêtement de sol qui produire électricité	69
Figure V. 14:Les détecteurs sonore et de mouvement.....	69
Figure V. 15:bicyclettes qui produire l'électricité.....	69
Figure V. 16:Principe de fonctionnement de la phytoépuration.....	70
Figure V. 17:Tri des déchets <i>Source : www.teteamodeler.com</i>	70
Figure V. 19: Courbe de température en fonction de temps de cas initial hiver.....	80

Chapitre VI : partie simulation

Figure VI. 1: Les plantes intérieure.	76
Figure VI. 2:Fonction des Atriums.....	77
Figure VI. 3:Composition de la paroi intérieure et extérieure dans le cas initial.....	79
Figure VI. 4:Courbe de température en fonction de temps de cas initial hiver	80

Figure VI. 5: Courbe de température en fonction de temps de cas initial été.....	81
Figure VI. 6: La courbe de température en fonction de temps de cas amélioré en hiver.....	84
Figure VI. 7: La courbe de température en fonction de temps de cas amélioré en été.....	85

Introduction

Générale

INTRODUCTION :

Tous les phénomènes naturels ou les activités de l'êtres humains qui se passent sur cette terre a des conséquences sur l'environnement. Les ressources naturelles ou la biosphère (plantes, animaux, êtres humains) et peut causer des problèmes environnementaux tels que : la Pollution de l'air et de l'eau, dégradation de la couche d'ozone, exploitation et consommation de ressources non-renouvelables et le réchauffement climatique. Ces risques sont liés au changement climatique à l'échelle planétaire. Dans ce cadre, la maîtrise de l'énergie est devenue une composante essentielle de la lutte contre l'effet de serre. Dans le secteur de bâtiment, ceci traduit par des mesures liées à la performance énergétique des équipements.

A travers les siècles, l'homme a toujours essayé de créer des solutions favorables pour son confort et ses activités, tout en essayant de contrôler son environnement. Parmi ces solutions le biomimétisme qui a un impact significatif dans le champ de l'architecture, où il peut conduire à des innovations pour concevoir un environnement bâti durable. En tant que champ interdisciplinaire, l'architecture est influencée par de nombreux aspects des sciences naturelles et sociales. Parmi ces influences, l'inspiration de la biologie est actuellement dominante. Le cadre de la conception biomimétique a évolué et s'est transformé en différentes approches innovantes en grande partie du fait du développement de l'informatique et de son usage en architecture.

Le développement des transports en commun urbain (bus, tramway, train...) a permis de rendre les citoyens moins dépendants de la voiture. Les horaires de bus sont rares et mal adaptés aux besoins des gens. Le transport ferroviaire peut se présenter comme une alternative très sérieuse à l'automobile. En plus de réduire le problème de circulation et maîtrise du temps de déplacement, le train peut aussi être un facteur important pour développer l'attractivité d'un territoire.

L'Algérie dispose d'infrastructures de transport et de communication ainsi que des services associés. Toutefois, leur organisation doit maintenant être en cohérence avec les besoins de l'économie et la mondialisation. L'extension et la mise en réseau des infrastructures ainsi qu'un profond renouvellement des services et des démarches de planification associés apparaissent nécessaires pour appuyer la compétitivité et l'attractivité du territoire¹. Dans ce

¹ (13 Dhou El Kaada 1431

sens l'Algérie à programmer plusieurs stations de gare ferroviaire au niveau du territoire, parmi les villes concernées par la programmation la ville de Laghouat.

Problématique :

La conception des gares ferroviaires nécessite des normes et de recommandations appropriées parce qu'elle reçoit un grand nombre de publique ce que nécessite plusieurs précautions de sécurité et de confort.

Le climat de Laghouat, est caractérisé par un contexte climatique chaud et sec ; Ce qui nécessite une conception appropriée pour s'adapter à ses conditions. Sur terrain le modèle de projet inadapté avec le contexte climatique de la ville rend le bâtiment très énergivore pour offrir un niveau de confort intérieur acceptable sur tout en période estivale. C'est pour cette raison, notre travail vise à concevoir une gare ferroviaire durable compatible avec le contexte climatique aride de la ville de Laghouat, qui respecte l'environnement.

Afin d'atteindre notre objectif d'étude, on pose les questions suivantes :

- A travers le biomimétisme, Comment peut-on concevoir une gare ferroviaire dans le contexte climatique chaud et sec de la ville de Laghouat qui puisse assurer un confort thermique favorable et s'intégrer dans son environnement ?

Hypothèse :

- l'utilisation des techniques inspirées de l'environnement et de la biomimétisme pourrait aider à créer un environnement thermique confortable dans le projet de la gare ferroviaires.

Sous hypothèse :

-l'orientation de projet vers les zones agricoles pourrait aider a minimisé le problème de surchauffe dans notre projet.

- l'utilisation des lamelles cinétiques au niveau des façades pourrait améliorées les conditions thermiques par la ventilation naturelle.

- utilisation de la ouate de cellulose pour l'isolation thermique et acoustique pourrait réduire les déperditions et le gain thermique.

- L'utilisation de l'atrium avec la végétation pour humidifier l'environnement intérieur par conséquent améliorer les conditions thermiques.

Objectif :

Notre travail vise à :

- Concevoir une gare ferroviaire durable dans le climat chaud et sec de la ville de Laghouat, à l'aide des stratégies de durabilité dans les zones arides, et l'intégration des systèmes passifs de chauffage et de climatisation (effet des lamelles).
- Ce projet participe à la protection de l'environnement.
- Découvrir les principes de conception des gares ferroviaires appropriées à la région de Laghouat.

Méthodologie de travail :

Afin de répondre aux objectifs ciblés, l'étude doit confirmer ou infirmer les hypothèses à travers une méthodologie de recherche qui s'articule autour de deux parties, la première théorique et annalistique et la deuxième c'est la conception et le travail de simulation :

La partie théorique constitue l'état de l'art, elle est divisée en trois axes.

Chapitre I étude thématique : Consiste en une recherche bibliographique et documentaire, ayant pour objectif de cerner et de comprendre les éléments théoriques de base, qui ont en relation avec le sujet de recherche : le transport, puis l'analyse des exemples des gares ferroviaires durable, pour connaître les aspects environnementaux, le principe de fonctionnement et une partie qui consiste à une recherche documentaire sur l'architecture durable et biomimétique, et les stratégies de durabilité dans les zones aride.

Chapitre II étude contextuelle : Consiste en une analyse contextuelle de la ville de Laghouat, et une analyse de site d'intervention.

Chapitre III étude programmatique : Consiste à élaborer le programme quantitatif et qualitatif qu'on va utiliser dans notre projet.

L'achèvement de cette partie nous permet de passer à la deuxième partie. Cette dernière est divisée en trois tâches ; conception architecturale, détail technique et simulation.

Chapitre IV étude architecturale : La partie architecturale, présente la conception architecturale de notre projet.

Chapitre V partie technique : Présente les solutions environnementales adaptées dans notre Projet.

Chapitre VI partie simulation : Présente la vérification de degré de confort dans notre projet a l'aide de logiciel de simulation.

Conclusion générale : Cette partie se fera pour quantifier les résultats obtenus, et exposés les problèmes et les recommandations qu'on a appliqués pour des futures recherches.

Chapitre I

Etude thématique

Chapitre I : Etude Thématique

Introduction :

Quand on parle de l'environnement et l'architecture, on parle de la relation entre l'architecture et les conditions climatiques, entre l'ensembles des relations existantes d'une communauté d'être vivants et sa nature. Dans ce chapitre nous avons défini le concept de l'architecture durable et les différentes stratégies de durabilité qui peuvent acquérir le confort aux usagers d'un édifice construit dans un contexte climatique aride tel que de la région de Laghouat. On va aussi présenter un ensemble des concepts et de connaissances relatives au thème de transport. La nécessité de ce chapitre est de se familiariser avec le sujet de transport et de démontrer la spécificité des gares ferroviaires à travers des exemples qui nous permettent de faire une bonne conception architecturale de ce genre des projets.

I.1. Définitions des concepts liés à l'environnement :

I.1. L'architecture durable ¹:

L'architecture durable est une notion utilisée pour toute construction assurant le confort et la santé des utilisateurs, et limiter les impacts sur l'environnement. En cherchant à s'intégrer le plus respectueusement dans l'environnement et en utilisant les ressources naturelles, renouvelables et locales. (FFB., ,2017)

I.2. Le biomimétisme :

Définition I

Selon l'AFNOR² : « Philosophie et approches conceptuelles interdisciplinaires prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable (social, environnemental et économique) ».

Définition II

Selon Otto schmitt et Janine Benyus : (mots grecs bios, signifiant la vie, et mimesis, signifiant imiter) est une nouvelle science qui étudie les meilleures idées de la nature et imite alors ses conceptions et processus pour résoudre des problèmes humains. L'étude d'une feuille pour

¹ Fédération Française du Bâtiment

² AFNOR - Association française de normalisation

inventer une meilleure cellule solaire est un excellent exemple. Dans ce contexte, Benyus (1997) a dit : « *Je le considère comme l'innovation inspirée par la nature* ».

❖ **Le biomimétisme en architecture¹ :**

Les créations de la nature constituent une quasi perfection, elles constituent alors une grande source d'inspiration pour les architectes. Par le passé, de nombreux architectes se sont inspirés de la nature pour en reproduire les formes, mais de nos jours les concepteurs vont plus loin de l'esthétique de la nature, mais plutôt de ses fonctionnalités et bien d'autres dimensions environnementales tel qu'un bâtiment produisant de l'énergie grâce à la copie de la nature. L'architecture biomimétique est loin d'être considérée en « tant qu'un simple courant, il se perçoit véritablement comme une démarche de conception écologique. Quatre approches fondamentales (niveaux de conception) sont mises en relief à travers le bio mimétisme architectural :

- L'approche formelle : peut-être présenter sous trois dimensions « esthétique, structure et matériaux ».
- L'approche fonctionnelle : l'optimisation des formes provient de l'inspiration de mécanisme de croissance en biologie et de la minimisation des contraintes
- L'approche écosystémique : il s'agit en ce sens de répliquer les principes des écosystèmes naturels
- La bio assistance : il s'agit d'utiliser les organismes eux même

I.2.1. Le confort :

Définition :

- ❖ Ensemble des commodités, des agréments qui produit le bien-être matériel ; bien-être en résultant : Hôtel qui a tout le confort.
- ❖ Tranquillité psychologique, intellectuelle, morale obtenue par le rejet de toute préoccupation.

• Le confort thermique et hygrothermique :

La sensation du confort thermique est l'expression du bien-être d'un individu résultant d'échanges hygrothermique équilibrées avec son environnement. La température du confort est la température moyenne entre la température de l'air et la Température des parois pour une

¹ journals.openedition.org

vitesse d'air inférieure à 0.2m/s et une hygrométrie comprise entre 30% et 70% (Liébard, A. et De Herde, A, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, Le Moniteur, 2005, page 223

Les paramètres du confort thermique :

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

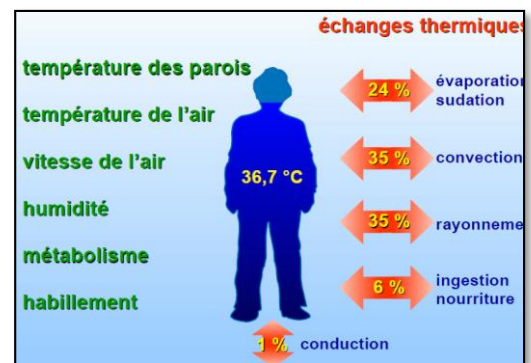


Figure I 1: Les échanges thermiques entre le corps et l'environnement
Source : (Liébard, A. et De Herde, A., 2005)

I.3. Les zones arides (à climat chaud et sec) :

Les zones arides se caractérisent par une chaleur excessive, une longue période chaude et une précipitation insuffisante et variable ; on y trouve cependant des contrastes climatiques. Ceux-ci résultent en général des différences de température, de saison des pluies et de degré d'aridité. Lorsqu'on décrit la zone aride, on distingue trois grands types de climats : le climat méditerranéen, le climat tropical et le climat continental¹. On Algérie cette zone s'étale sur la majorité du territoire au sud saharienne.

- La problématique de cette zone est d'assurer le confort thermique pendant la période estivale, tout en gardant les conditions de confort visuel.

I.3.1. Les stratégies de durabilité dans les zones arides :

Pour amener le confort aux usagers d'une conception construite dans une zone aride à climat chaud et sec, on a les stratégies suivantes :

I.3. 2.L'implantation:

Le choix d'implantation doit être bien pensé, car il influe directement sur le confort thermique et visuel du bâtiment, à cause de son incidence sur le rapport au soleil et aux vents dominants. Elle détermine l'éclairement, les apports solaires, les déperditions et les possibilités d'aération. (Liébard, A. et De Herde, A., 2005)

¹ Foresterie en zones arides - Guide à l'intention des techniciens de terrain

I.3.3.L'orientation :

Une orientation Nord-Sud apporte un éclairage naturel satisfaisant, et permet un meilleur ensoleillement en hiver car la hauteur du soleil peu élevé, et une réduction des apports solaires en été car la hauteur du soleil plus élevé qu'en hiver.

- l'orientation Est -Ouest peut entraîner d'importantes surchauffes l'été.



Figure I 2:L'implantation de bâtiment dans les zones arides

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

I.3. 4. La forme :

La forme compacte du bâtiment minimise les surfaces en contact avec l'extérieure, donc Limite les déperditions thermiques.

I.3. 5. La couleur :

Des couleurs extérieures claires pour réfléchir la majorité des rayons solaires surtout pendant la période estivale. Concernant les surfaces intérieures le choix des couleurs est lié à la qualité d'éclairage nécessaire, parce que la réflectivité des surfaces intérieures contribue largement à la qualité de l'environnement lumineux ; 75 % à 90 % pour les plafonds, une réflectivité d'au moins 60 % pour les murs (CIBSE, 1994)¹.

I.3.6. La conception des ouvertures :

- Dans le contexte climatique aride, des ouvertures étroites sont recommandes, car ils minimisent le gain solaire en été qui crée l'effet de serre.
- L'utilisation de la protection solaire tel que les brises solaires, les auvents et les stores.

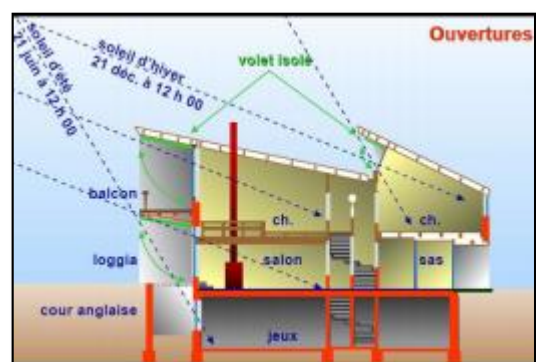


Figure I 3:La pénétration des rayonnements solaire

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

¹ CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS., 1994 "Code for interior light", London.

I.3.7. L'enveloppe du bâtiment et matériaux :

- Le matériau de construction: dans le cas de la ville de Laghouat dans un climat aride, les matériaux de forte inertie thermique fonctionnent comme des masses d'accumulation de chaleur servant à retenir l'énergie incidente reçue pendant la journée et la restituer la nuit.
- L'utilisation d'isolation intérieure pour minimiser les déperditions thermiques des parois.

I.3.8. L'aménagement extérieur :

- Les végétaux à feuilles caduques offrent un ombrage apprécié l'été, tout en profite d'ensoleillement l'hiver.
- La présence d'eau humidifier et rafraîchir l'air par l'évaporation.

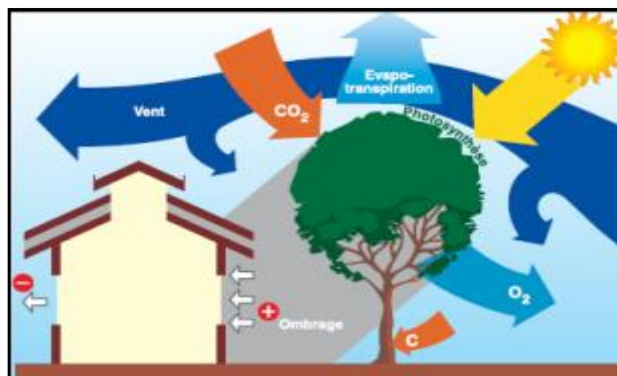


Figure I 4: Les différents effets de la végétation

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

I.4. La stratégie de ventilation naturelle :

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

- ❖ Types de ventilation naturelle :
 - Ventilation simple exposition
 - Ventilation transversale (double exposition)
 - Ventilation par tirage thermique

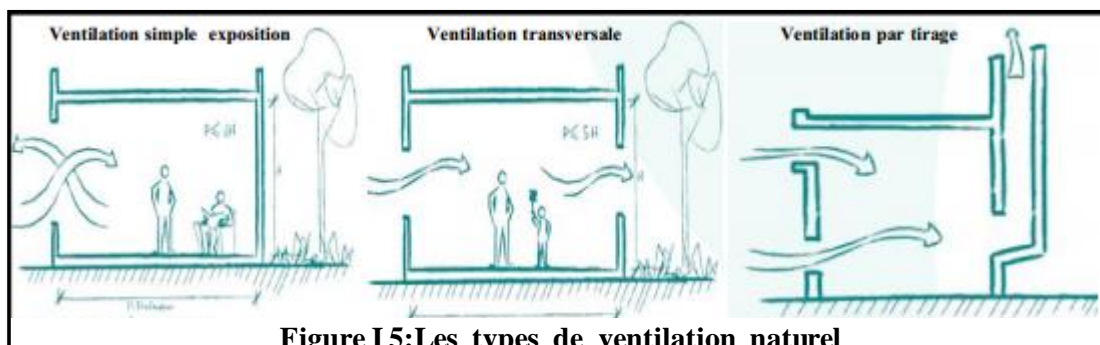


Figure I5: Les types de ventilation naturelle

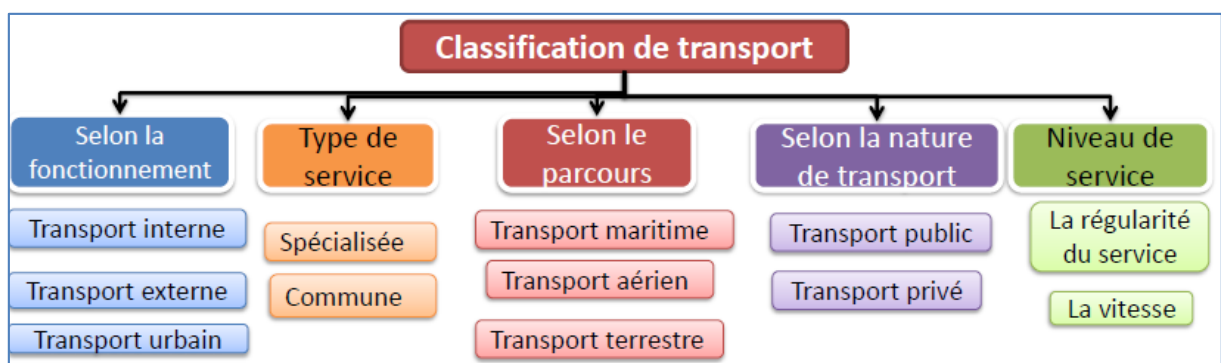
Source : iceb., 2012

Les étapes pour optimiser la ventilation naturelle :

- L'orientation des ouvertures aux vents et au mouvements d'air surtout pour la ventilation nocturne.
- Protéger les ouvertures aux rayonnements solaires.
- Dimensionner les ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieurs.
- Anticiper l'aménagement intérieur pour une bonne circulation d'air.
- La forme fluide et arrondie qui assurant une ventilation intérieure et extérieure naturel.

I.5. Définitions des concepts liés au thème transport¹ :

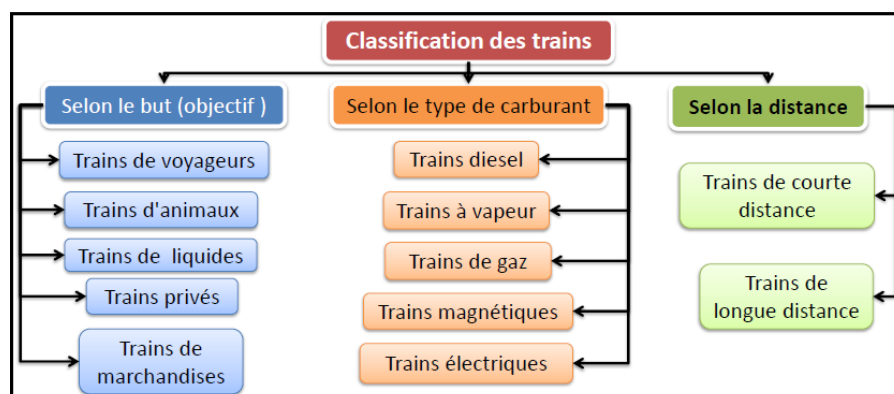
Le transport : Opération qui consiste à porter d'un lieu à un autre ; moyen d'y parvenir.



Le transport ferré : C'est un mode de transport pour les hommes et/ou la marchandise grâce aux trains.

Définition de train :

Convoi de chemin de fer en ordre de marche constitué par un ou plusieurs engins moteurs (locomotives, automotrices, etc.), remorquant ou non un ou plusieurs véhicules ; moyen de transport ferroviaire.



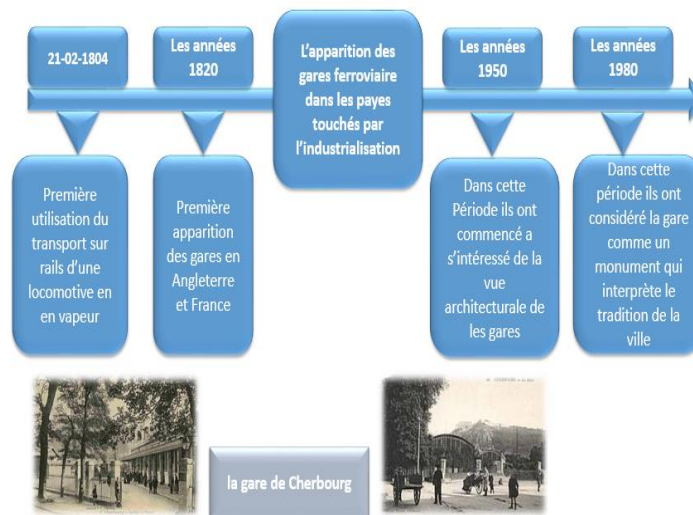
¹ transporteca.fr

Une gare ferroviaire ¹:

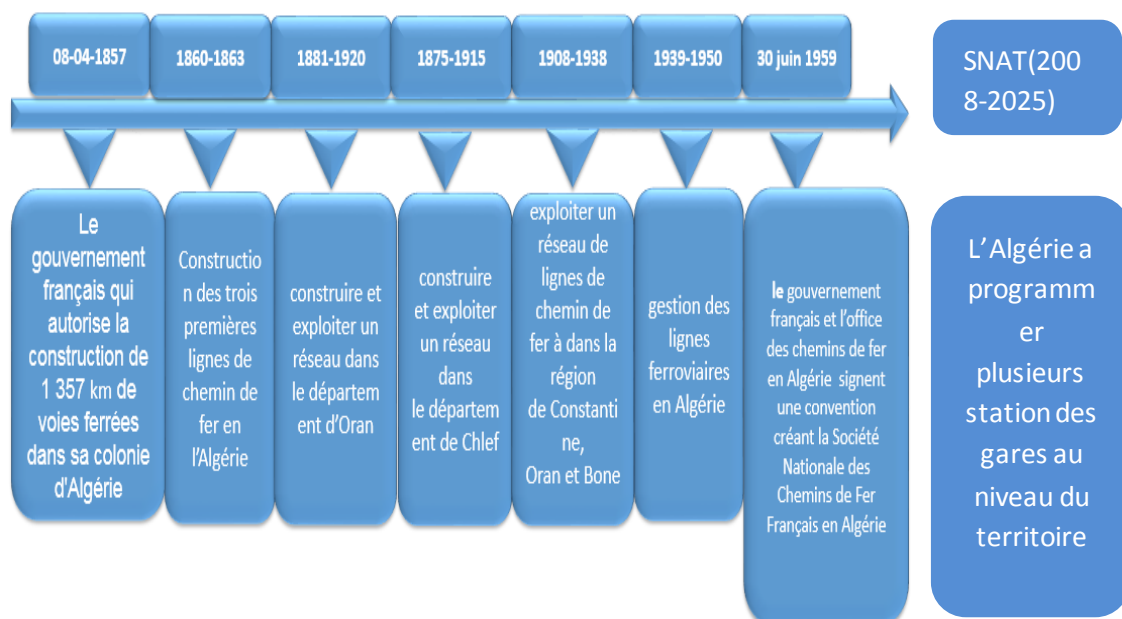
Est le lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises et pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

I.5.1. Histoire des gares ferroviaires :

Les gares ont progressivement acquis une importance historique, sociologique et esthétique qui dépasse largement leur simple fonction technique.

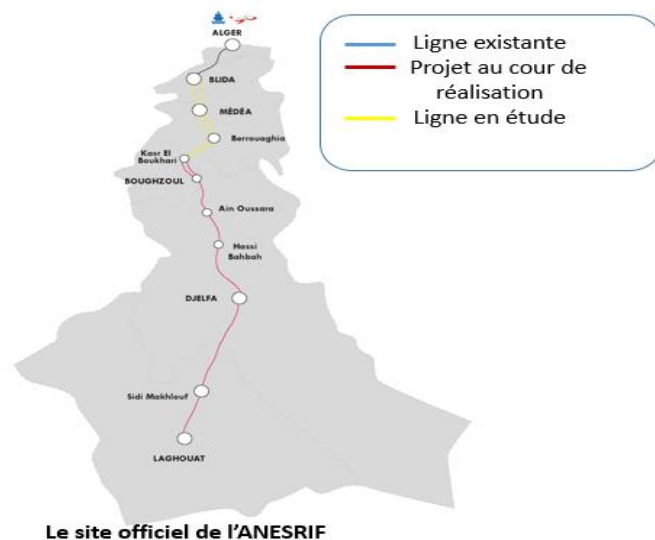


La révolution du réseau ferroviaire en Algérie :



¹ file:///C:/Users/PCexpress/Downloads/Ing.Arch.Kadi.pdf

Pénétrante Centre



I.5.2. Classification des gares ferroviaires :

Gare Terminus :

Ces gares se situent en fin de ligne. Les trains entrent et sortent du même côté, et peuvent donc bloquer ou être bloqués par des trains quittant la gare ou y entrant

Gare RO-RO :

Dans les gares Ro-Ro (Roll-On, Roll-Off), les trains entrent par un côté et ressortent par l'autre.

Gare avec voie d'évitement :

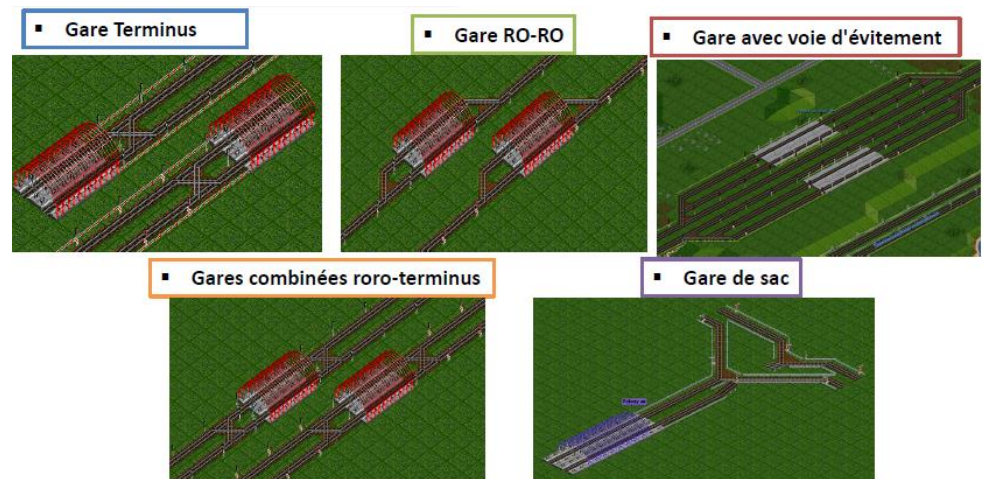
Une simple gare avec une, ou plusieurs, voie d'évitement.

Gares combinées roro-terminus :

Les trains peuvent entrer dans la gare et la quitter dans les deux sens.

Gare de sac :

Les trains entreront en gare, feront demi-tour, quitteront la gare et continueront dans la même direction.



Classification des gares ferroviaires

Selon le nombre des voyageurs :

- type 1 : 50000 voyageurs par jours
- type 2 : 30000 voyageurs par jours
- type 3 : entre 10000 et 30000 voyageurs par jours
- type 4 : 10000 voyageurs par jours

I.5.3. Les espaces de la gare ferroviaire :**Les abords :**

- Les abords des gares, qu'ils en fassent partie (certains parvis) ou non, sont le premier élément fonctionnel de la gare.

- Ils facilitent le passage du voyageur au transport ferroviaire. On y trouve donc :

1. Des parcs de stationnements pour les utilisateurs de voitures particulières (parc relais).

2. Des gares routières.

3. Des stations de taxis

4. Des stations de tramway ou de métro dans des villes de taille importante.

5. Des parkings à vélos... L'intégration de ces diverses fonctions aboutit à la conception d'un pôle d'échanges ou pôle intermodal.

Bâtiment voyageurs : Le bâtiment voyageur (BV) est l'élément central de gares voyageurs. On distinguera deux types de gares de voyageurs :

Les gares terminus : Le bâtiment est généralement au bout des quais, il est composé symétriquement : un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.

Les gares de passage : Le bâtiment est généralement le long des voies, du côté orienté vers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain. Il arrive qu'il soit placé au-dessus des quais.

Quais et voies : Un quai est un aménagement parallèle à la voie ferrée et permettant l'accès aux voitures. Généralement, les gares possèdent au moins un quai, les plus grandes en ayant de nombreux.

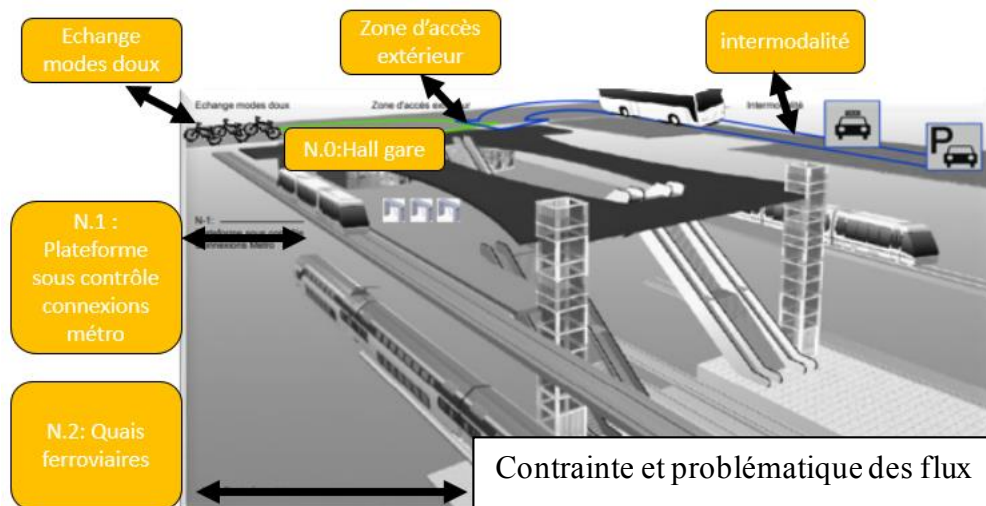
Halte ferroviaire : Les haltes sont des points d'arrêt dépourvus de bâtiment voyageurs et de présence permanente de personnel ; les infrastructures ferroviaires y sont généralement très réduites. L'arrêt peut être matérialisé par une simple pancarte ou un petit abri.

Gare marchandise : Les gares de marchandises assuraient la totalité du traitement du trafic de marchandises. Le trafic, assuré essentiellement selon le principe du wagon isolé, passait par le relais des gares de triage.

Hall d'accueil : une grande salle servant d'entrée dans les gares ferroviaires, un espace de regroupement ou de dégagement organisateur.

I.5.4. La structure d'une gare ferroviaire :

Dr, Guillaume



I.6. Analyse d'exemple :

Pour mieux comprendre le fonctionnement des gares ferroviaires, et le principe d'un projet durable, et pour approfondir la réflexion sur notre projet on a essayé d'analyser trois exemples.

I.6.1. Exemple N1 la gare de Tanger – Maroc :

Critère de choix

- projet d'une gare ferroviaire.
- climat similaire au climat locale (aride).
- l'utilisation de système de ventilation naturelle.

Fiche technique :

- *Lieu :* Tanger-Maroc.
- *Bureau d'étude de :* YUCEF MELEHI
- *Inaugurée le* 27 août 2003.
- *Situation géographique :* Longitude : -5.75°
Est Latitude : 35.8° Nord et Altitude : 139m
- *La gare Tanger-Ville comprend :*
 - un bâtiment voyageur : 1 880 m².
 - un centre polyvalent : 2 700 m².
 - 3 quais voyageurs.
 - 4 abris voyageurs.
 - un parking : 3 200 m²



Figure I 6: de La Gare Tanger –Maroc
Source : www.cyberarchi.com

Situation et accessibilité :

La nouvelle gare TGV est située à la partie sud de ville de Tanger (nouvelle extension). Sa situation à l’intersection de deux voies (route national 16 et la route de l’abattoir) assure une bonne accessibilité et fluidité des flux de toutes les parties de la ville.



Figure I 7: la situation de la Gare de Tanger-Maroc

Source : Google earth.

Plan de masse :

La gare de TGV de Tanger occupe la majorité du terrain et l’espace vert se limite en bande au bordure du projet. Elle possède deux accès sur la même façade; une pour l’ancienne gare et le deuxième pour la nouvelle. En plus, elle contient autres bâtiment : tour des bureaux, centre commercial, tour hôtel et centre de loisirs. Le parking est accessible du côté sud -ouest où se trouve la dépose rapide et les stations des taxis.

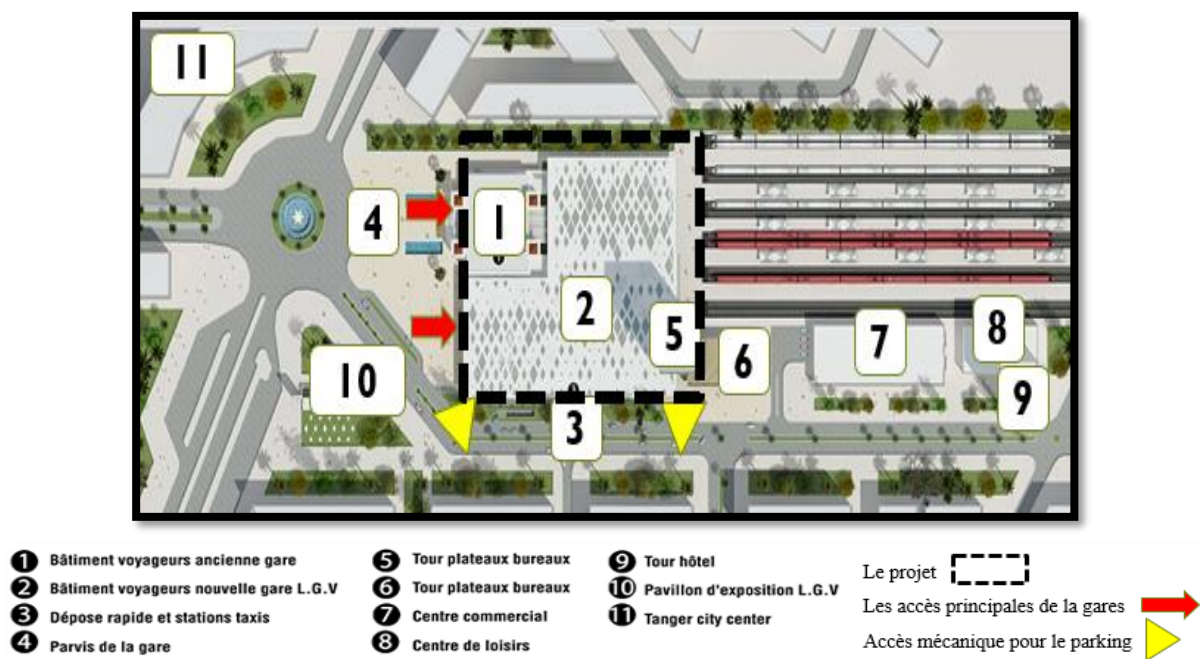


Figure I 8:vue de-dessus de la Gare de Tanger-Maroc

Source : www.cyberarchi.com

La volumétrie :

Le bâtiment de l'ancienne gare est en forme parallélépipède à base carré marqué par quatre minarets de style traditionnel. Le nouveau bâtiment est emboîté avec l'ancien et se prolonge horizontalement jusqu'à la tour des bureaux au côté sud.



Figure I 9: la volumétrie de la Gare Tanger –Maroc

Source : www.cyberarchi.com

Les façades :

La façade de la gare composée de deux parties différentes, une pour l'ancienne gare et la deuxième pour la nouvelle gare.

- L'ancienne gare : sa façade est caractérisée par un style traditionnel. L'entrée est marquée par deux minarets articulés par un auvent (d'un canopée) en pilotis. La façade est en couleur blanche et les ouvertures habillées par des moucharabihs de motif traditionnel islamique.
- La nouvelle gare : sa façade est caractérisée par :
 - L'accès principal est marqué par un panneau opaque beige élégant.
 - La façade vitrée pour créer une continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieur.
 - Le verre est décoré par des éléments répétitifs inspirés de l'ancienne gare.
 - L'utilisation des couleurs claires tel que le blanc, le beige, le gris et le marron.



Figure I 10: l'entrée principale de l'ancienne Gare Tanger –Maroc

Source : www.amush.org.



Figure I 11: l'entrée principale de nouvelle Gare Tanger –Maroc

Source : www.amush.org.

Les espaces intérieurs :

La gare est composée en deux niveaux pour l'ancienne et la nouvelle gare. La distribution des espaces des deux parties de la gare ancienne et nouvelle est en parallèle, où on trouve l'accueil et le hall d'embarquement juste après l'entrée principale. Le rez-de-chaussée est réservé pour l'accueil, la restauration, le service et l'administration et l'étage pour la restauration et un espace de détente.

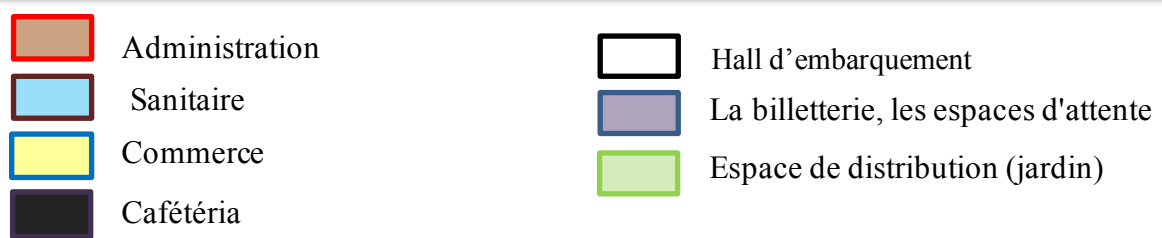
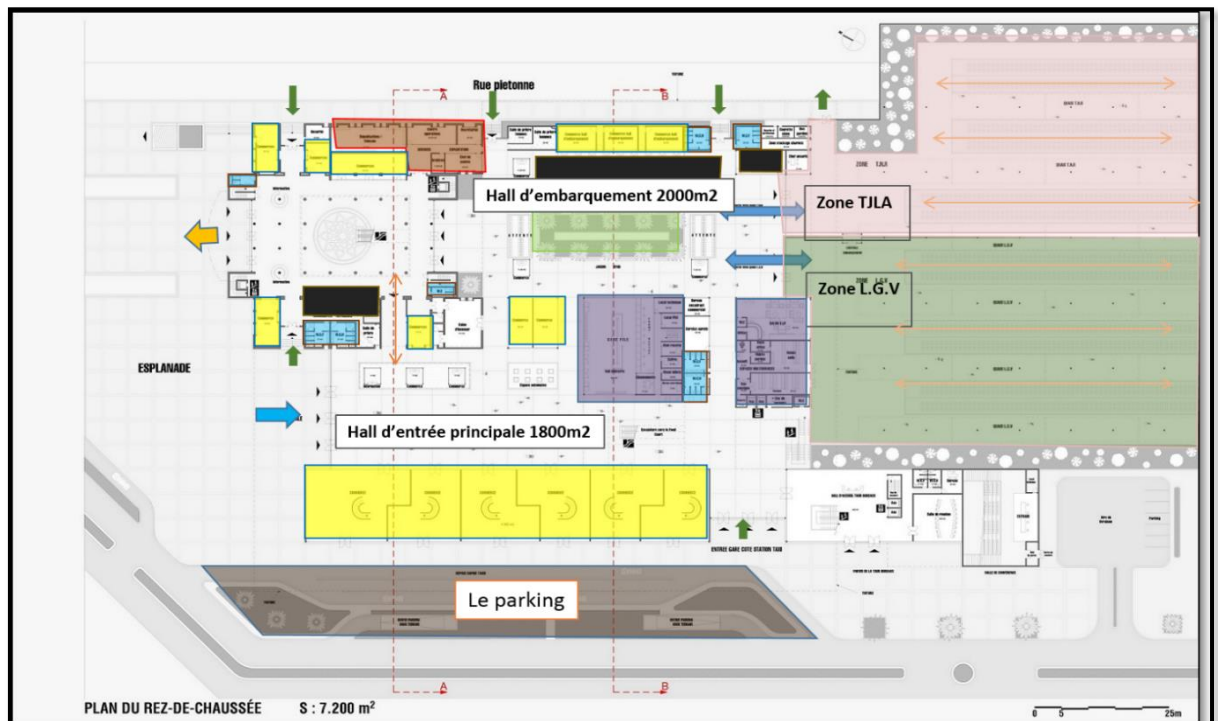


Figure I 12: Plan de rez-de-chaussée de la gare Tanger –Maroc

Source : www.amush.org.



Figure I 13: Plan de l'étage de la Gare Tanger –Maroc

Source : www.amush.org.

Organigramme spatial :

L'organigramme spatial de la gare démontre la hiérarchie des espaces et fonctions de l'entrée principale jusqu'à la zone de départ, le passage se fait d'une façon droite ce qui facilite le déplacement, le contrôle et la gestion des flux des passager et services.

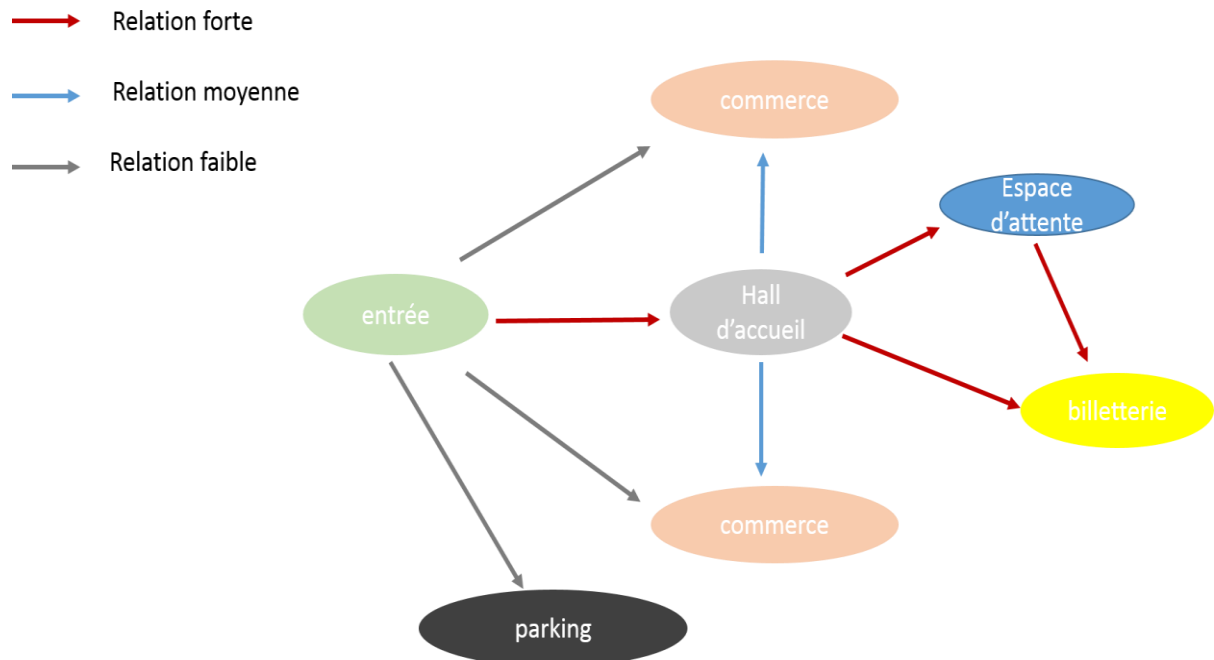


Figure I 14: schéma d'organigramme spatial de la Gare Tanger – Maroc
Source : Auteur

Les stratégies de durabilité dans le projet :

Au niveau de ce projet deux stratégies ont été utilisées :

1. La réduction de la consommation d'énergie avec l'utilisation des techniques de chauffage, ventilation, refroidissement et d'éclairage passifs (toit ventilé et végétaliser, éclairage zénithal, ventilation transversal).
2. La production d'énergie renouvelable par les panneaux photovoltaïques.

Concernant la forme et le traitement du volume et façades, Le bâtiment prend une forme compacte pour minimiser les pertes thermiques. Les façades transparentes (Nouvelle gare), des couleurs claires et la toiture blanche reflète les rayons solaires (ancienne gare).

Pour la ventilation et le renouvellement d'air, le bâtiment capte les vents frais du nord-est et l'évacuation d'air se fait à travers le double toit avec des ouvertures contrôlables. En plus la végétation intérieure humidifier l'air des vents chauds.

Pour l'éclairage, la gare est éclairée naturellement à travers les façades vitrées où les moucharabihs aident à occulter les rayons solaires directe, et à travers les ouvertures au niveau du toit équipées par des brises soleil mobiles.

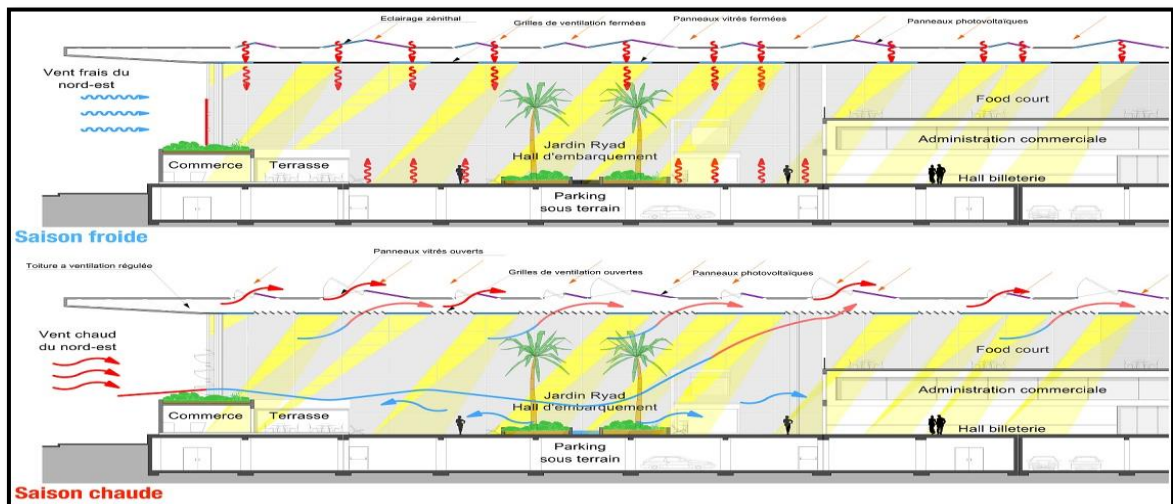


Figure I 15: Coupe schématique des techniques de ventilation et d'éclairage dans la Gare Tanger – Maroc
 Source : www.amush.org.



Figure I 16: photos de synthèse des vues intérieures dans la Gare Tanger – Maroc
 Source : www.amush.org.

I.6.2. Exemple N2 la gare Napoli Afragola:

Critère de choix :

- l'utilisation des techniques environnementales.
- l'utilisation de système de ventilation naturelle.

Fiche technique :

- - **Lieu** : 80026 Casoria, métropole de Naples, Italie.
- - **Architectes** : Zaha Hadid Architectes
- - **Inaugurée** le 27 août 2003.
- - **Surface** : 30000,0 m².
- **Année de projet**: 2017.
- **Situation géographique**:
Latitude: 40.9054, Longitude: 14.2901
40° 54' 19" Nord, 14° 17' 24" Est.
- Conçue **comme un pont public urbanisé** reliant les communautés des deux côtés de la voie ferrée



Figure I 17:Photo synthèse de La Gare Napoli Afragola
Source : www.archdaily.com

Situation et accessibilité :

La gare se situe dans le nouveau corridor ferroviaire nord / sud de l'est de la grande région métropolitaine de Napoli. Sa situation à l'intersection de deux voies principales assure une bonne accessibilité et fluidité des flux de toutes les parties de la ville.



Figure I 18:photo satellite de la situation de la Gare de Napoli.

Source : Google earth.

Plan de masse :

La gare de Napoli se trouve dans un milieu urbain. Elle occupe le milieu du terrain. Elle est limitée par l'espace vert et un grand parking. Elle possède plusieurs accès. 02 au côté Est et les 02 autres à l'Ouest.

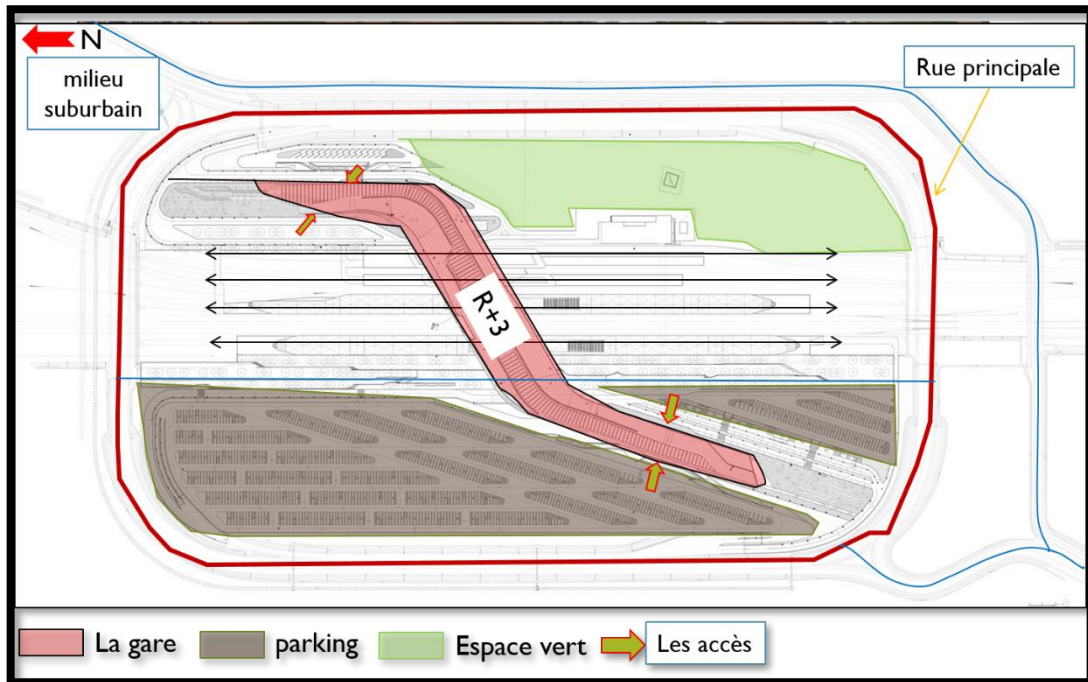


Figure I 19:Photo de synthèse, vue de-dessus de la Gare de Napoli.
 Source : www.archdaily.com

La volumétrie :

Le bâtiment prend une forme fluide et compacte.

Cette forme dévier les vents, et permet par sa fluidité.



Figure I 20:Photo synthèse de la volumétrie de la Gare Napoli

Source : www.archdaily.com

Les façades :

La façade caractérisée par l'équilibre entre le plein et le vide, avec des fenêtres verticales.

- La couleur blanche et grise domine les façades.
- Revêtement lisse.
- Les vitres sont placées pour éclairer toute la surface, et une continuité visuelle entre l'intérieur et l'extérieur.



Figure I 22:Photo de l'une de l'entrée de la gare Napoli.

Source : www.archdaily.com



Figure I 21: Photo des façades de la gare Napoli.

Source : www.archdaily.com

Les espaces intérieurs :

La gare est composée en trois niveaux. Le RDC est occupé par les différents services tel que la billetterie et les magasins. Les grandes entrées situées aux deux extrémités de la gare accueillent et guident les visiteurs vers les zones publiques surélevées bordées de magasins et autres commodités.

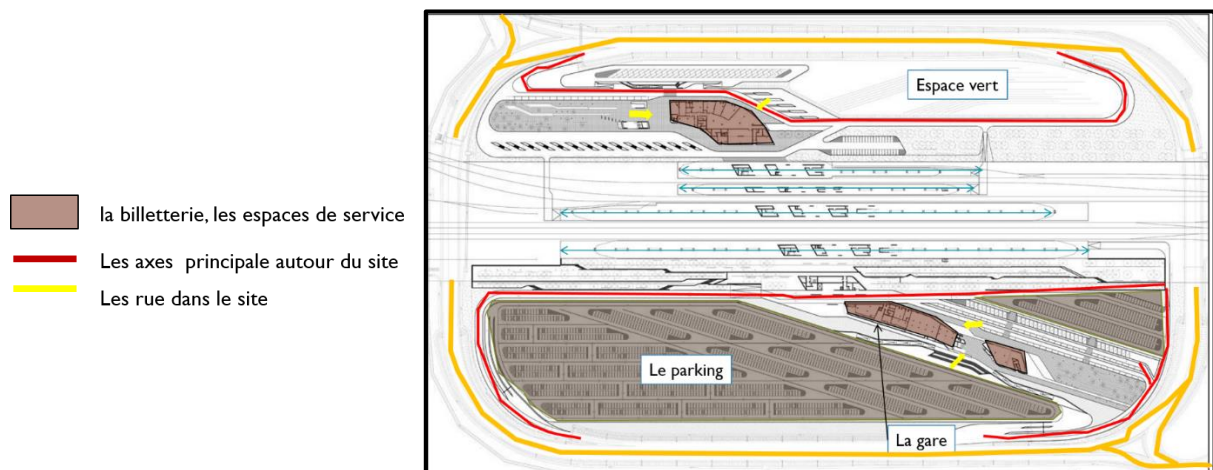


Figure I 23:Plan de rez-de-chaussée de la Gare Napoli

Source : www.archdaily.com

Le 1^{er} étage est réserver pour l'administration, la billetterie et les autres services.

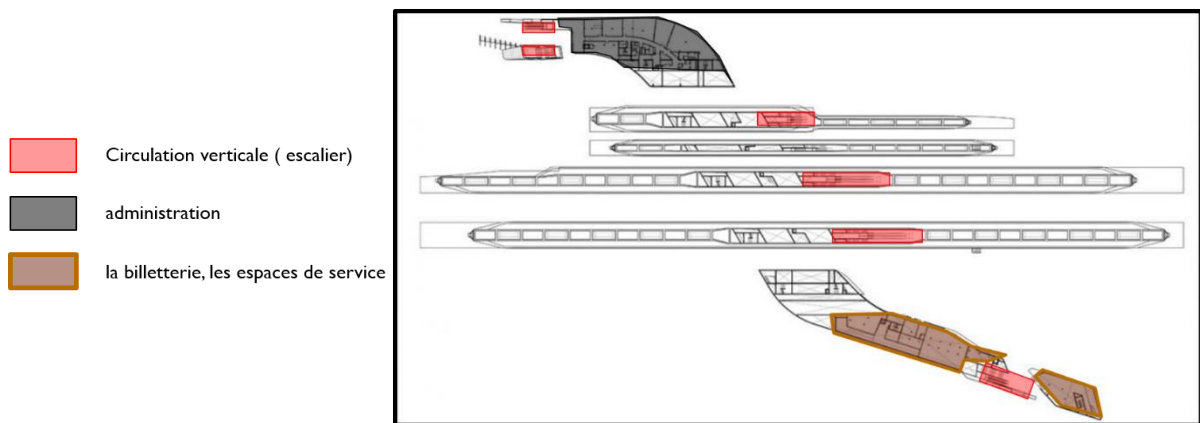


Figure I 24: Plan de premier étage de la Gare Napoli
 Source : www.archdaily.com

Le 2^{ème} étage est réservé pour les commerces, les espaces d'attente et un atrium. Cet atrium central au-dessus de la voie ferrée est un nouvel espace public indispensable pour Afragola et le hall principal où les passagers des chemins de fer descendent vers les quais.

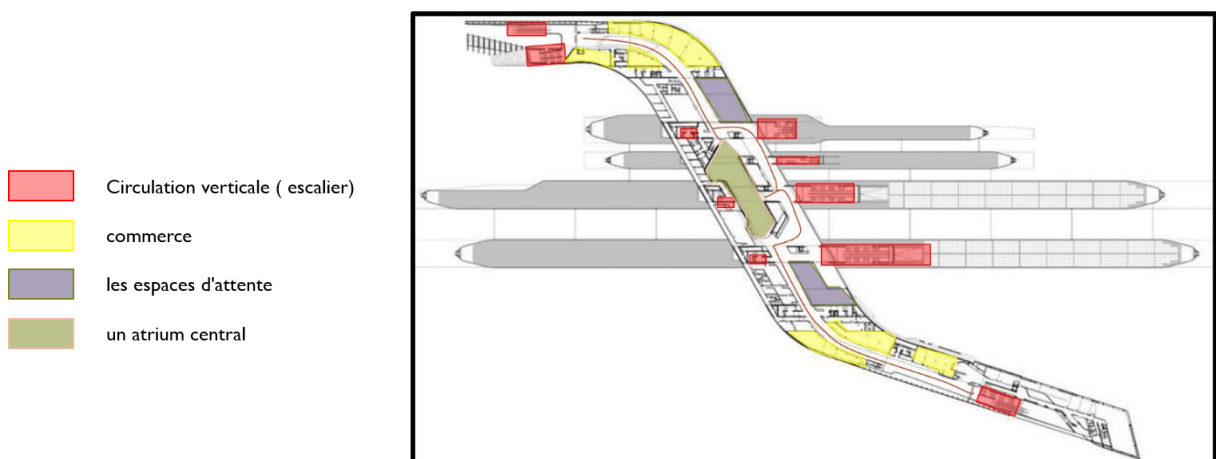


Figure I 25: Plan de 02^{ème} étage de la Gare Napoli.
 Source : www.archdaily.com

Le 3^{ème} étage est occupé par le commerce et une cafétéria.

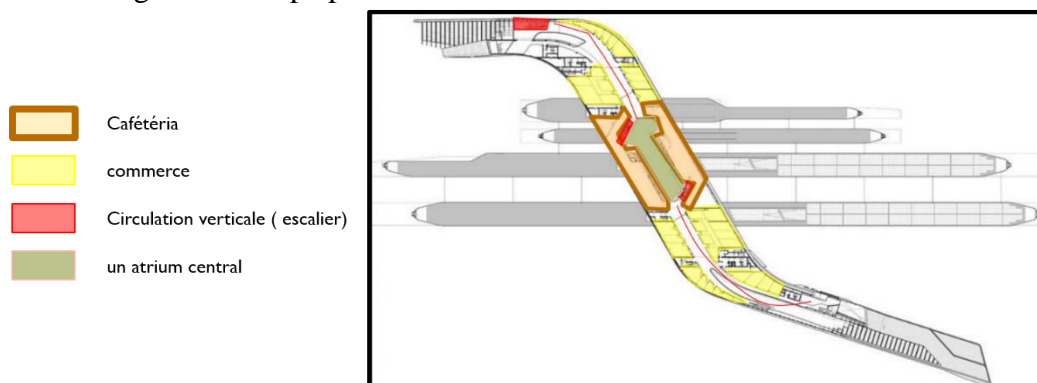


Figure I 26: Plan de 03^{ème} étage de la Gare Napoli
 Source : www.archdaily.com

Les stratégies de durabilité dans le projet :

Au niveau de ce projet trois stratégies ont été utilisées :

1. Le hall principal de la station est orienté de manière à favoriser la durabilité écologique du bâtiment.
2. Des panneaux solaires intégrés dans le toit, combinés à la lumière naturelle et à la ventilation
3. Ainsi que des systèmes de refroidissement / chauffage au sol, permettront à la station de minimiser la consommation d'énergie.

L'implantation selon la direction Nord-Sud :

L'orientation Nord Sud de la gare permet de profiter de 75% d'éclairage naturel pendant la journée, donc minimise la consommation d'énergie pour l'éclairage artificiel.

La ventilation naturelle :

- La ventilation transversale à l'intérieur des espaces.

Pour l'éclairage, la gare est éclairée naturellement à travers les façades vitrées.

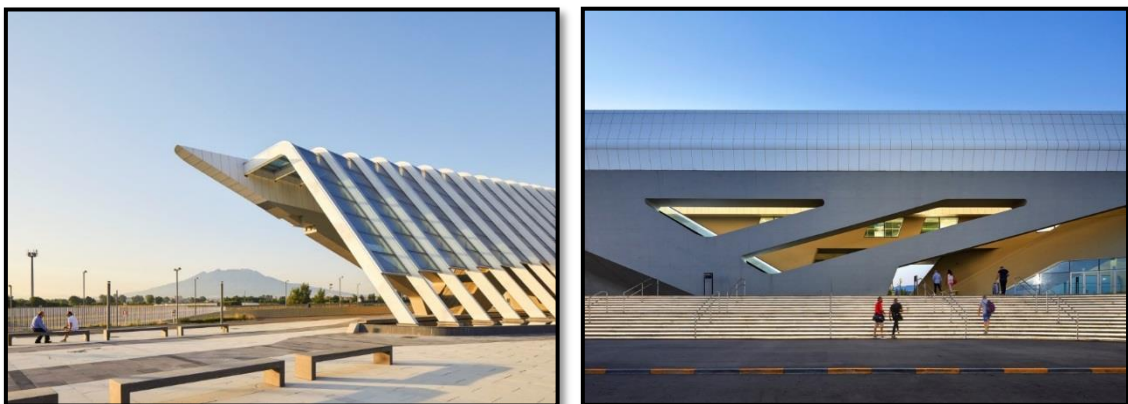


Figure I 27:vue sur la gare de Napoli

Source : www.archdaily.com

I.6.3. Exemple N3 la gare TGV de Lyon, de Satolas :

Critère de choix

- implantée dans une zone de bruit.
- contient les espaces nécessaires de la gare.
- un système constructif léger avec l'impact environnemental.

Fiche technique :

- **Lieu** : Située à 20 kilomètres du centre-ville de Lyon France.
- **Architectes** : Santiago CALATRA.
- **superficie** : 5600 m²
- **Dessinée en** 1989
- **Inaugurée le** 3 juillet 1994.

La gare comprend :

- 12 trains quotidiens.
- annuellement (491 579) voyageurs.
- Le toit de 1300 tonnes du hall central mesure 120x100m et possède une travée maximale de 53 m .



Figure I 28:Photo synthèse de La Gare TGV Satolas –Lyon.

Source : www.archdaily.com

Situation et accessibilité :

La gare est située sur le territoire de la commune de Colombier-Saugnieu (à 20 km de Lyon). est l'une des trois gares de la ville Lyon. Elle se situe en dehors du centre-ville.

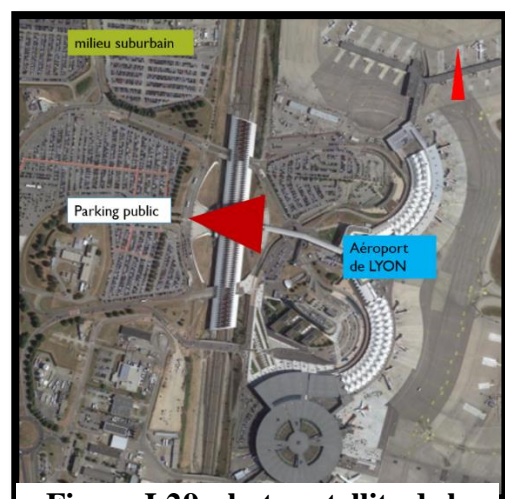
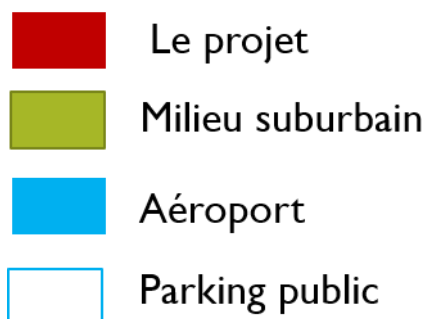


Figure I 29:photo satellite de la situation de la Gare

Source : Google earth.

Plan de masse :

La gare TGV de satolas prend une forme compacte avec un gabarit de R+1 implantée au milieu de terrain orienté nord sud.

La gare possède deux accès une principale et l'autre pour l'administration, le parking est situé à côté de la gare.

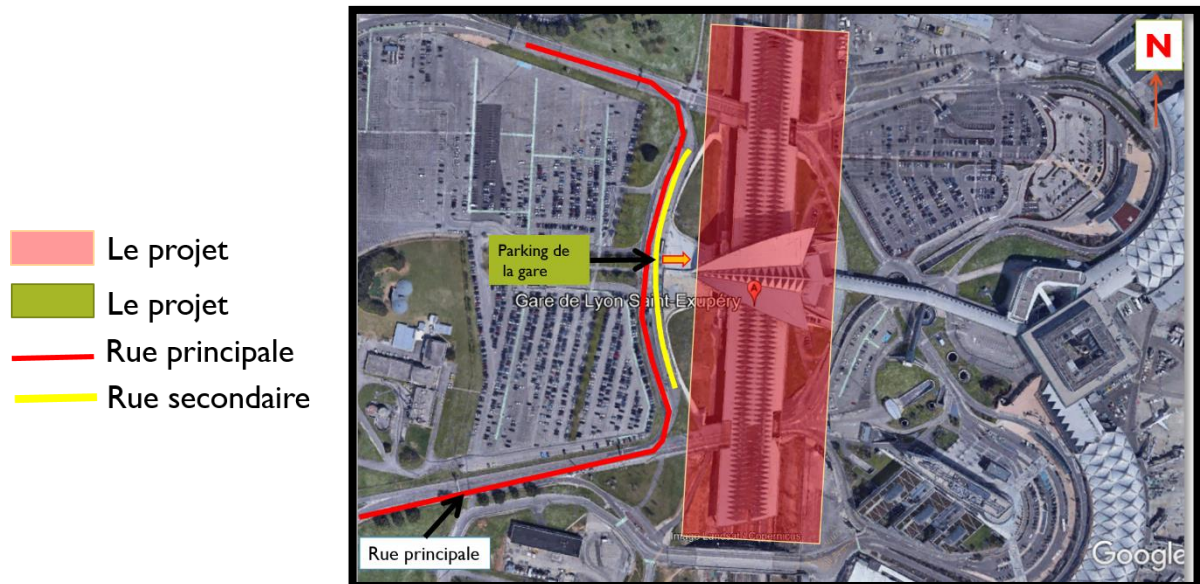


Figure I 30:Photo de synthèse, vue de-dessus de la Gare de satolas –Lyon.

Source : www.cyberarchi.com

La volumétrie :

La gare, symbolisant un oiseau prenant son envol, apparaît comme une forme emblématique donnant à l'aéroport et à la station de train l'identité dont elle avait besoin à titre de porte de la région.

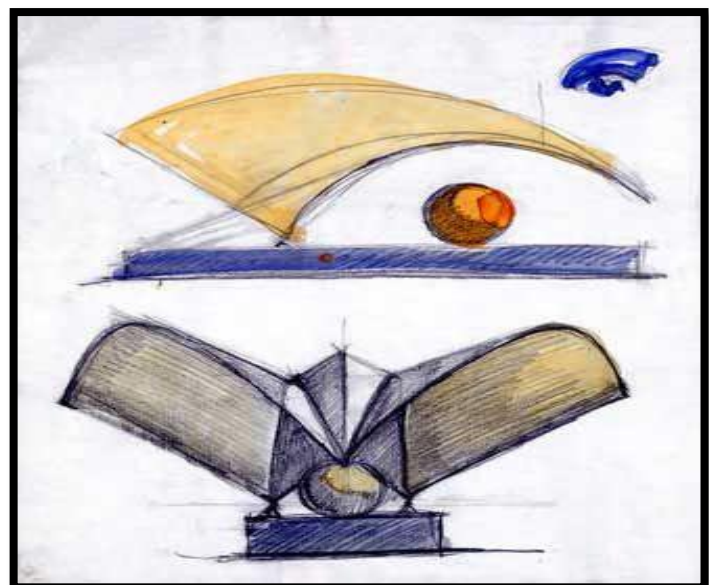


Figure I 31:Photo synthèse de la volumétrie de la Gare satolas.

Source : www.archdaily.com

Les façades :

- Les deux principaux arcs de métal convergent vers le même point et forment
- Ainsi le bec de l'oiseau pour marquer l'entrée principale.
- L'utilisation des couleurs tels que le blanc, le gris et le noir.
- L'utilisation de l'acier et le verre.
- L'utilisation des piliers en forme de triangle.
- Un équilibre entre le plein et le vide.
- La toiture inclinée pour dévier les vents.

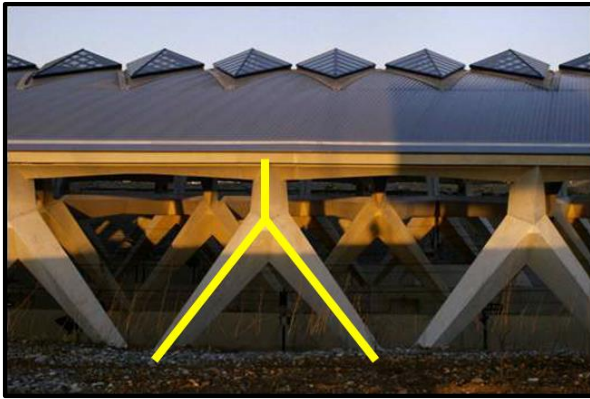


Figure I 33:Photo des piliers de la Gare satolas

Source : www.archdaily.com.

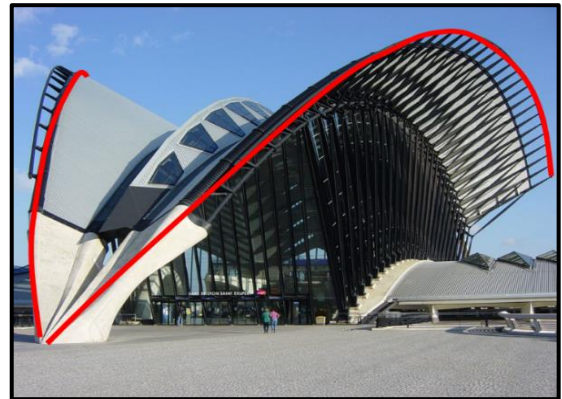


Figure I 32:Photo de l'entrée principale de la Gare

Source : www.archdaily.com.

Les espaces intérieurs :

La gare est composée un seul niveau, elle occupe les espaces suivants : l'administration, le hall d'embarquement, les quais, la billetterie et les blocs sanitaires.

Le hall : Il est enjambé d'une manière d'un pont de chaque côté 25 poutres s'appuient sur des arcs de béton pour constituer le hall, pas question de remplir le hall de ce qu'il comble ailleurs, Calatrava a bâti pour maintenir le hall vide, offrir aux voyageurs le seul luxe d'aujourd'hui c'est l'espace.

Le quai : au niveau de sol, la gare comprend 06 voies en tranchant, s'étend sur 500 m de longueur et 50 m de largeur.

Terrasses : Ces terrasses intérieures sont sous forme des portes à faux, « c'est quelque chose qui va se maintenir portée comme une manière très élémentaire exprime un porte à faux » déclare T il.

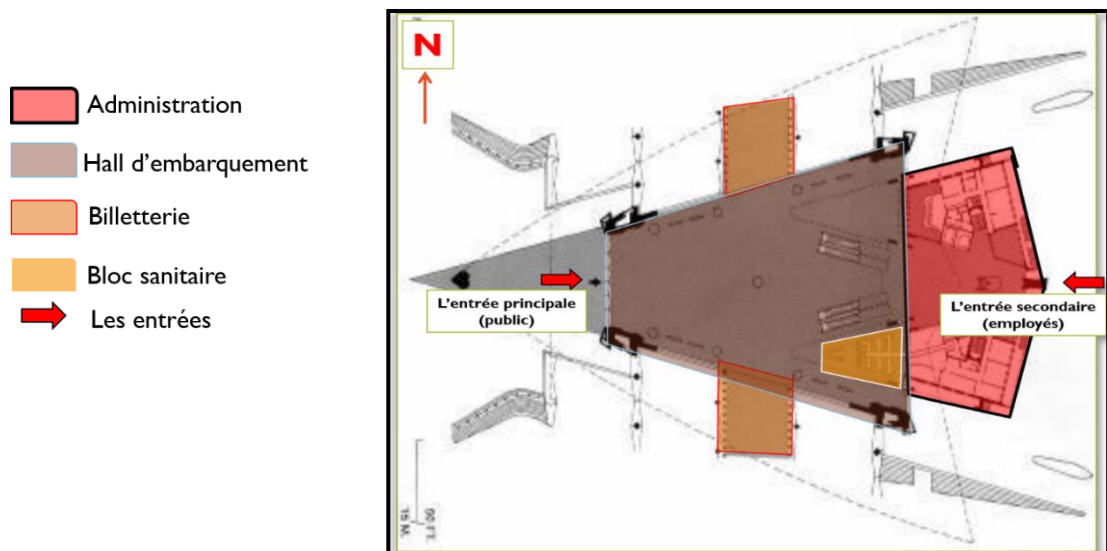


Figure I 34: Plan de l'étage de la Gare
Source : www.archdaily.com.

Les stratégies de durabilité dans le projet :

1. Le projet a une meilleure orientation : allongé sur l'axe est ouest.
2. La toiture inclinée pour dévier les vents et assurer une ventilation naturelle.
3. L'utilisation des matériaux de grande inertie pour réduire la température.

Concernant la forme et le traitement du volume et façades, Le bâtiment prend une forme compacte pour minimiser les pertes thermiques. Les façades transparentes et les couleurs claires et la toiture reflète les rayons solaires.

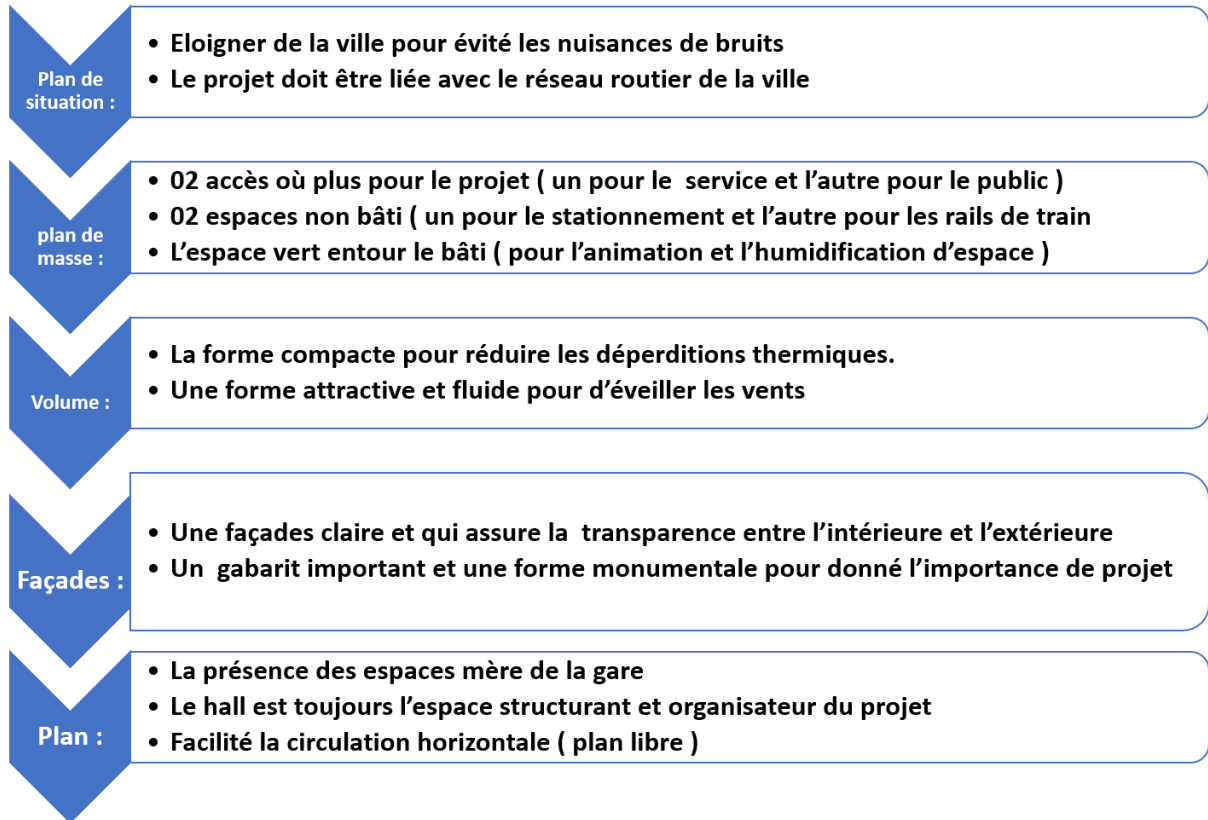
Pour l'éclairage, la gare est éclairée naturellement à travers les façades vitrées.



Figure I 35: vue de la gare satolas
Source : www.archdaily.com.

Synthèse :

D'après l'analyse des exemples on a conclu que la gare, doit répondre à plusieurs critères au niveau architectural tel que :



Chapitre II

Etude Contextuelle

Chapitre II étude contextuelle :**Introduction :**

L'étude contextuelle est une étape nécessaire pour connaître les caractéristiques de la zone dans laquelle nous voulons construire notre projet, et nous permet de connaître les éléments du climat dont nous pouvons bénéficier, et les éléments qui doivent en être protégés. Elle nous permet aussi de déterminer le choix de site et le choix adéquat de la stratégie de durabilité appropriée au contexte climatique de la ville de Laghouat.

II.1. Présentation de la Laghouat :

Laghouat est située au centre de l'Algérie, au pied de l'Atlas saharien, sur l'intersection de deux axes structurants la RN1 et la RN 23, à 400 km au Sud de la capitale Alger, et sur 760 m d'altitude.

Elle est définie par les coordonnées astronomiques suivantes : 33 ° 45' N de latitude et 2° 49' E de longitude.

Elle est limitée administrativement par les wilayas suivantes :

- La wilaya de Tiare au Nord.
- La wilaya de Ghardaïa au Sud.
- La wilaya de Djelfa à l'Est.
- La wilaya El-Bayad à l'Ouest.

La commune de Laghouat est limitée par :

- Au Nord-Est tadjmout.
- Au Sud-Est el khneg.
- A l'Est el assafia.
- Au sud nacer ben chouhra.

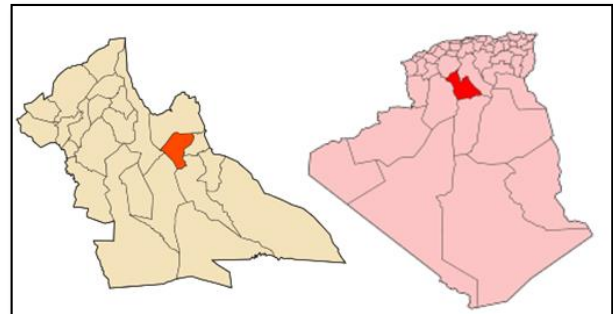


Figure II. 1 Situation géographique et administrative de la ville de Laghouat

Source : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

II.2. les données climatiques :

La ville de Laghouat se trouve dans la zone D de la carte climatique de l'Algérie (zone pré Sahara et Sahara) cette zone climatique se caractérise par une faible pluviométrie, un hiver très froid et un été très chaud (climat aride).



Figure II. 2: Les zones climatiques en Algérie
 Source : <https://docplayer.fr/35295322-Magistere-en-architecture.html>

Type de ciel :

Laghouat se caractérise par un ciel clair presque au cours de toute l’année. Cependant les jours nuageux sont rares. Le soleil dominant a un impact majeur sur les aspects lumineux, thermique et énergétiques.

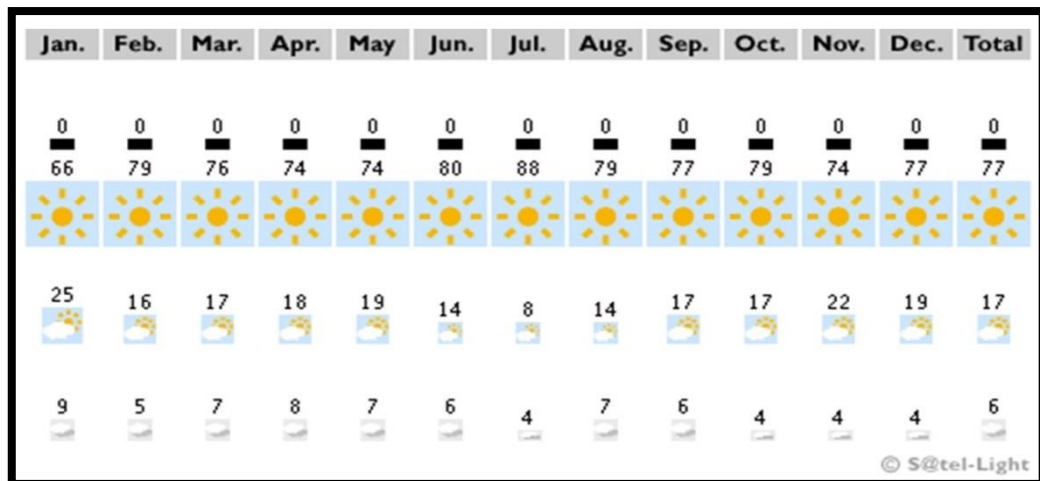


Figure II. 3: Fréquences des ciels ensoleillés, Intermédiaires et nuageux
 Source : Thèse Mokadem, M., 2012

Le climat lumineux :

Laghouat se caractérise par un éclairage lumineux horizontal moyen égal à 35 kilo lux et la dominance du ciel clair

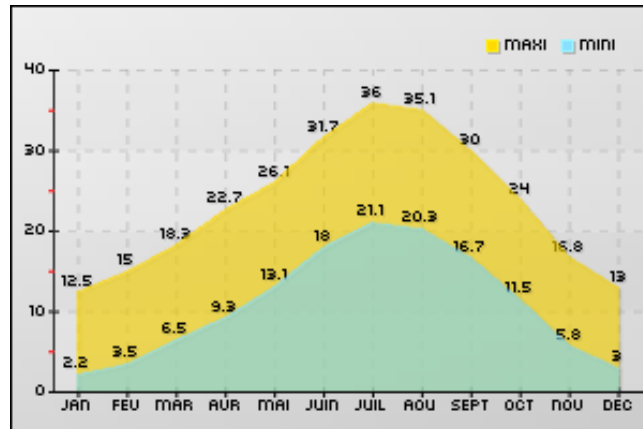


Figure II. 4: courbes des cieux ensoleillés

Source : la station météorologique de Laghouat 2018

La température :

Laghouat est connue par un été très chaud avec des températures moyennes maximales pouvant atteindre jusqu'à 34.3°C en période estivale, et un hiver très rigoureux, la température moyenne minimale descend jusqu'à 8.6°C.

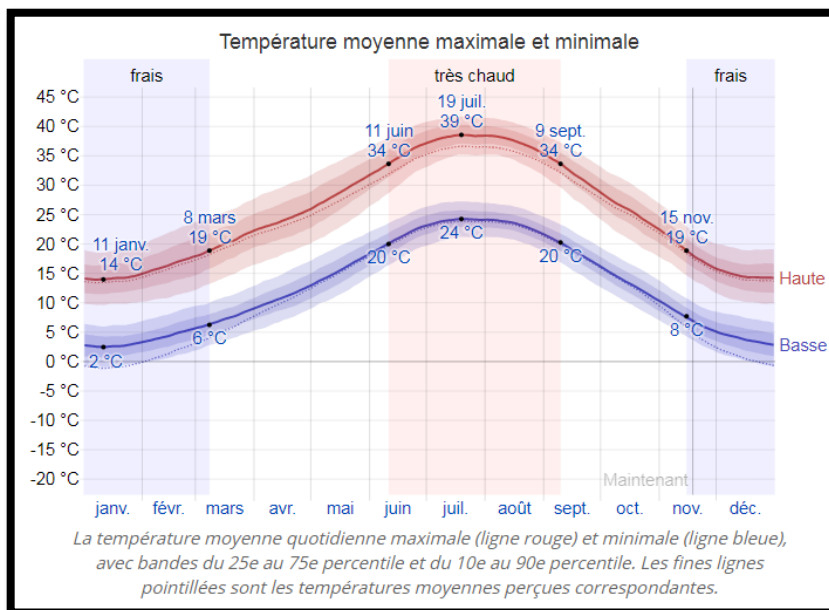


Figure II. 5: courbes de La température annuelle moyenne.

Source : la station météorologique de Laghouat 2018

L'humidité :

Une humidité faible, dans le mois de décembre on enregistre le taux d'humidité relative le plus élevé (61%), et le plus bas (18%) pendant le mois de juillet.

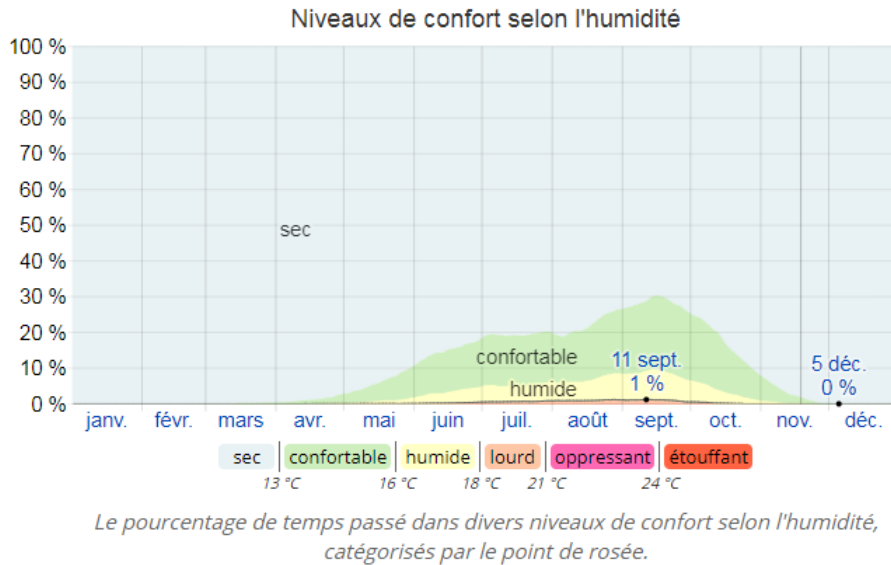


Figure II. 6: courbes de L'humidité annuelle.
 Source : la station météorologique de Laghouat 2018

La précipitation :

Le climat est de type saharien et aride, les précipitations sont faibles et irrégulières (Précipitation annuelle : 124.2mm/an).

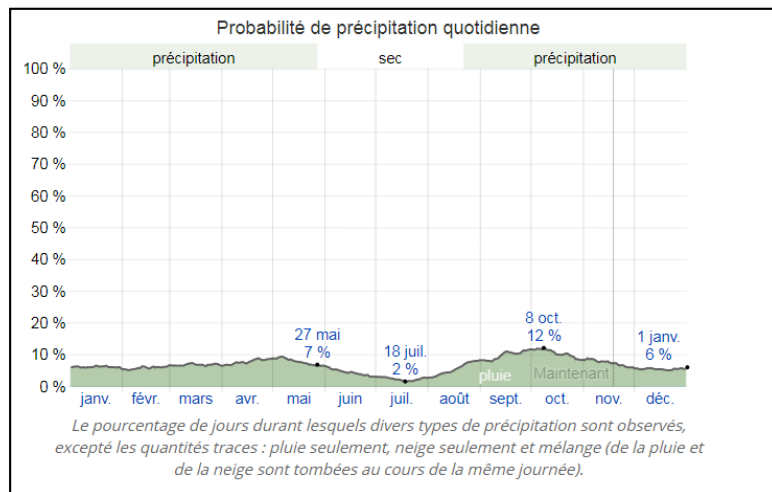


Figure II. 7: courbes de La précipitation
 Source : la station météorologique de Laghouat 2018

Les vents :

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

La vitesse des vents est de : fréquence :150jours /vitesse :50 km/h

Tableau III-1 classification des vents à Laghouat, élaborer selon les données de site tameteo.com.

Source : station mythologique de Laghouat

Type des vents	Le saison	La direction
Le Chehili	été	Sud
	automne	Sud- ouest
le Sahraoui	Hiver	Nord-Ouest
	Printemps et été	Sud-est
le Bahri	hiver	Est-Ouest

II.3. Le site d’intervention :

II.3.1. Motivation du choix du site :

Nous avons choisi ce site du projet pour les raisons suivantes :

- Le choix du POS (site programmé) : le document technique nous permet de choisir une assiette pour le projet destiné TGV.
- Le site se trouve dans une zone éloignée de la ville pour éviter les nuisances de bruit.
- Une superficie suffisante pour recevoir un tel projet (gare ferroviaire ; routière).

II.3.2. La situation :

Le site de notre projet est situé a la proximité de la nouvelle extension de la ville.



Figure II. 8: La situation du site du projet.
Source : google earth.

II.3.3. L'accessibilité :

Le site est accessible par une voie secondaire articulée avec une voie mécanique qui mène vers la route N1 et la route de lekhneg.

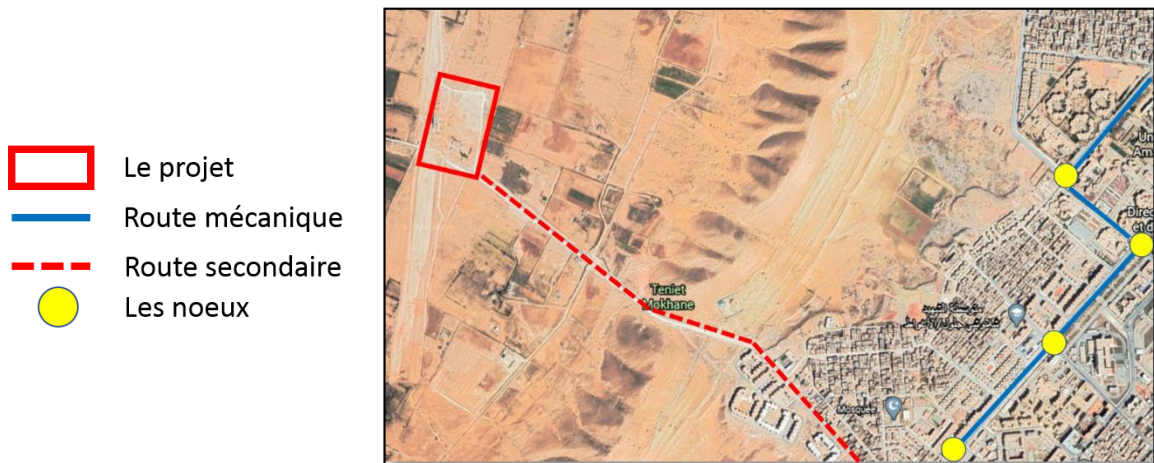


Figure II. 9: l'accessibilité du site du projet.
Source : google earth.

II.3.4. Voisinage :

Le site est entouré par des montagnes de côté Sud et par des zone agricole de cotés Nord , Est et Ouest .



Figure II. 10: voisinage du site du projet.

Source : google earth.

II.3.5. La morphologie du terrain :

- La forme géométrique : presque rectangulaire.
- La superficie : 37159m² (site programmer).
- La topographie : le terrain est relativement plat.

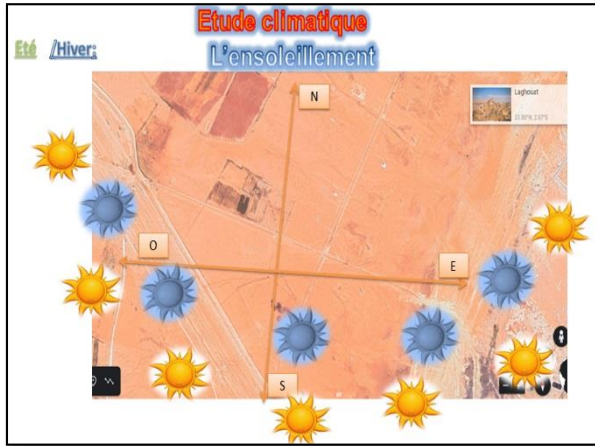


Figure II. 12:l'enseillement du site du projet.
 Source : google earth.

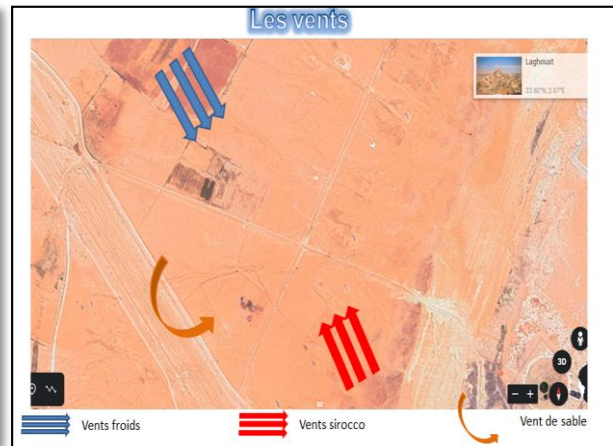


Figure II. 11:les vents dominants.
 Source : google earth.



Figure II. 13:la pente topographique.
 Source : google earth.

Synthèse :

Après l'étude contextuelle de la ville de Laghouat, et l'analyse du site du projet, on a conclu que notre projet doit reprendre aux points suivants :

- Point d'articulation entre la ville et les visiteurs
- Le retrait du projet par rapport la voie mécanique
- Intégrer le projet avec son environnement naturel de point de vue formelle et climatique.

Température(confort) :

- Utilisation des matériaux a haute inertie thermique.
- Création d'un micro climat par l'atrium.
- L'utilisation des points d'eau pour l'humidification de l'air.
- L'utilisation de la végétation pour rafraichir l'air.

L'enseillement :

- Le projet doit être orienté vers les vents désirables frai venant de côté Nord-ouest
- L'utilisation des brises soleil pour protéger et contrôler la pénétration des rayons solaires.

- L'utilisation des doubles toitures pour minimiser l'exposition aux rayons solaires directs

Vent :

- L'orientation des ouvertures (les lamelles) vers les vents dominants pour favoriser la ventilation naturelle.
- L'utilisation des écrans végétaux pour filtrer et rafraîchir les vents.

Chapitre III

Etude

Programmation

Chapitre III : étude programmatique :

Introduction :

La programmation nous permet de fixer les exigences, la nature et les caractéristiques fonctionnelles de chaque un des espaces que nous avons identifiés dans l'analyse des exemples.

Dans ce chapitre nous avons élaboré un programme qualitatif et quantitatif, basé sur les normes et les exigences de conception des gares ferroviaires en Algérie, puis on a proposé une améliore de ce programme par l'ajout d'autre espaces, qui nous permet d'entamer une conception qui contribue à l'épanouissement, la réussite et le développement de la conscience environnementale chez les voyageurs.

III.1. le programme qualitatif :

Le programme qualitatif nous permet de mieux comprendre la nature des espaces, se s exigences et ses normes spécifiques.

Le type de la gare : gare passagère d'une capacité de 3000 voyageurs/jrs

III.1.1. les espaces primaires d'une gare ferroviaires :

Accueil	-Billetterie -Attente + garde bagage -Contrôle
COMMERCE	-Boutiques
SERVICE	-Agences bancaire -Agence voyage -Location voiture -Agence d'assurances -Restauration -Bureau des objets trouvée /perdue -Service de nettoyage /locaux techniques
Culture	-Galerie d'art
Loisir	-Salle de jeux d'enfant -Vidéo et jeux
ADMINISTRATION	-Bureau de directeur -Secrétariat -Bureau personnel -Archive Comptabilité gestion Sanitaire

III.2. Le programme quantitatif :

Sans compte le nombre des pièces :

Fonction	Espace	Sous espace	Surface	Exigences
Accueil et réception	Hall d'accueil	Salle d'attente Bureau d'information Bureau de sécurité Espace de soigne Espace de billetterie Sanitaires	300 m ²	Grande hauteur matériaux luxueux et un coin d'attente Meublé et bien aérée
Commerce	Boutiques		25 m ²	De luxe
Restauration	Pizzeria	Espace de préparation	15 m ²	le réfectoire doit présente un aménagement confortable et la disposition des tables doit permet la circulation des usagers Confort d'ambiance :Température 16°C Eclairage 200 - 300 lux
		Espace de stockage	10 m ²	
		Espace de consommation	35 m ²	
	Restaurant	cuisine	60 m ²	
		Espace de stockage	20 m ²	
		salle de consommation	120 m ²	
		Sanitaire	10 m ²	

	Cafeteria	Espace de préparation	10 m ²	Exigences Elle doit fournir un sentiment de confort et permet de créer une atmosphère plus conviviale propice à l'achat et au bien-être par la conception de bon design , l'utilisation des meubles luxes , la propreté de l'espace Le réfectoire peut être divisé en zones selon le sex (homme ou femme)
		Espace de stockage	10 m ²	
		Salle de consommation	120 m ²	
		Sanitaire	8 m ²	
Service		Agence bancaire	20 m ²	Occupe tout les besoins de l'utilisateur Fonctionnel Contiens des espaces d'attente
		Agence publicitaire	20 m ²	
		Agence d'assurance	30 m ²	
		Sanitaire H +F	30 m ²	Ils doivent être accessibles facilement de l'extérieur et l'intérieur. Une séparation H / F est nécessaire pour l'intimité. Diriger vers le qibla /Une séparation H / F
		Salle de prière	20 m ²	

Fonction	Espace	Sous espace	Surface	Exigence
Administration	Bureaux	-Bureau de directeur	20 m ²	Il doit permettre d'accueillir au minimum 2 à 3 visiteurs Les fenêtres donnent sur le hall et l'entrée de la gare de façon à contrôler les entrées et sorties des voyageurs. C'est un bureau a la proximité du bureau de directeur pour l'arrangement de l'entrée et la sortie des visiteurs Les autres bureaux Séparation entre H/F
		-Secrétariat	15 m ²	
		-Bureau personnel	15 m ²	
		-Archive	20 m ²	
		-Comptabilité	20 m ²	
		-Gestion	20 m ²	
		-Sanitaire	18 m ²	

Les

meubles de la gare :

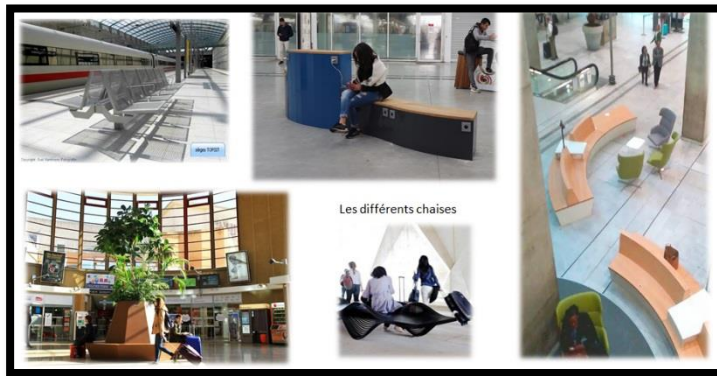


Figure III. 1 : Les meubles de la gare

Source : www.pinterest.com



Figure III. 2: Les meubles de la gare

Source : www.pinterest.com

Chapitre IV

CONCEPTION

Architecturale

Chapitre IV : conception architecturale :

Introduction :

Le projet architectural est le résultat d'une conciliation entre les différentes données obtenues par les chapitres précédents à savoir : l'étude thématique et l'analyse des exemples, l'étude contextuelle, l'étude bioclimatique et l'étude programmatique.

De ce fait, la conception architecturale de notre gare ferroviaire est basée sur une réflexion

Capable de mettre en interaction les trois dimensions suivantes :

- Le thème du projet qui est le transport, le programme élaboré et ses exigences.
- Le site du projet et ses caractéristiques.
- Les références architecturales et techniques.

La dimension de biomimétisme est présente dans toutes les étapes de l'élaboration de l'idée, et la conception du projet.

IV.1. Processus de conception :

La genèse du projet c'est l'ensemble des étapes de conception du projet :

À travers la recherche thématique et l'analyse des exemples nous permettent de tirer les principes de base de la conception de la gare, pour arriver l'objectif à un projet avec une approche de biomimétisme.

IV.2. La genèse du projet :

IV.2.1. L'Etat de lieux :

Notre site caractérisé par un terrain plat limité par des terrains agricoles. Le site est exposé à trois types des vents : vents chauds au côté sud ; vent froid au côté nord et le sirocco au côté sud-ouest.

. Il occupe une surface de 37159m².

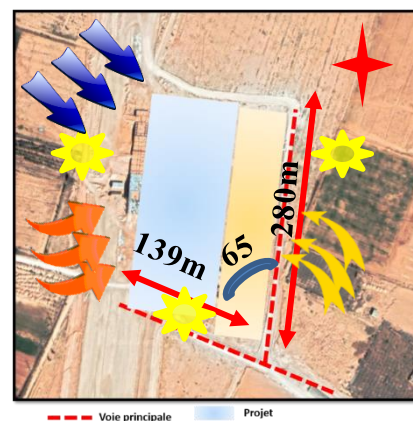


Figure IV. 1 l'état de lieux
Source : Auteur

IV.2.2. L'idée du projet :

1- les criquets se déplacent d'un espace à un autre avec une vitesse importante et une direction déterminée c'est tout à fait comme le train.

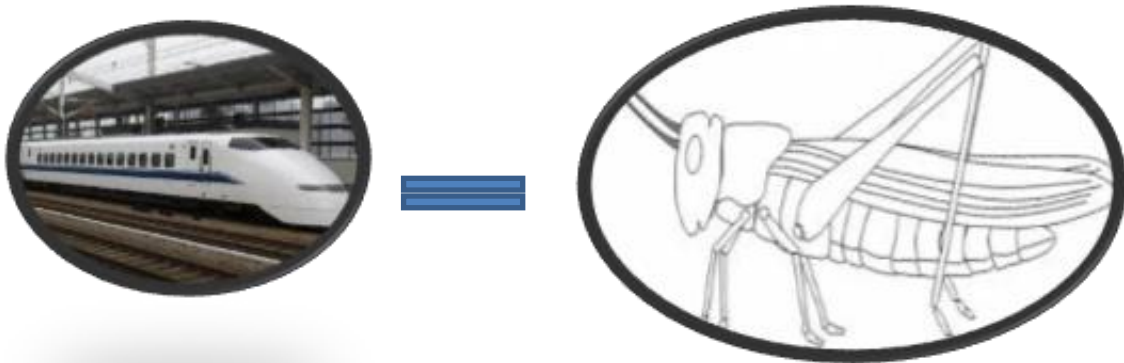


Figure IV. 2: Le criquet et le train

Source : Auteur

2- les criquets ont des ailes qui comporte des orifices ont la capacité de s'ouvrir et de se fermer automatiquement pour régler la température intérieure, ce processus naturel est notre source d'inspiration.

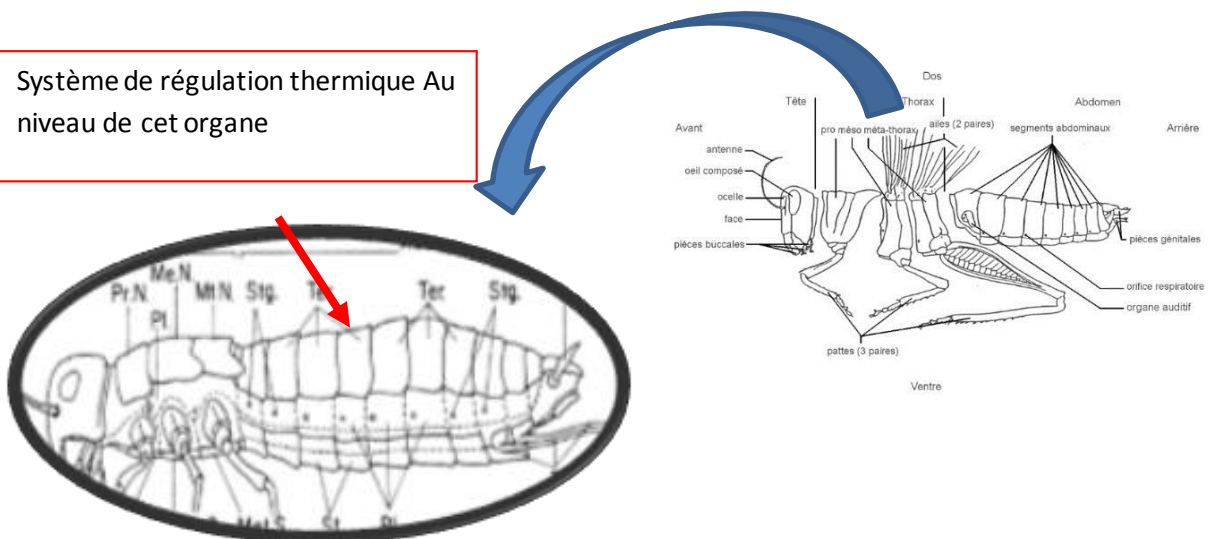


Figure IV. 3: L'abdomen de criquet

Source :

http://locust.cirad.fr/tout_savoir/taxonomie/taxons_5.html

3- d'un autre côté on a inspiré l'enveloppe par le mouvement des vents pour l'attractivité du projet et à faire dévier l'air dû au déplacement du train a fin d'assuré une aérodynamique homogène

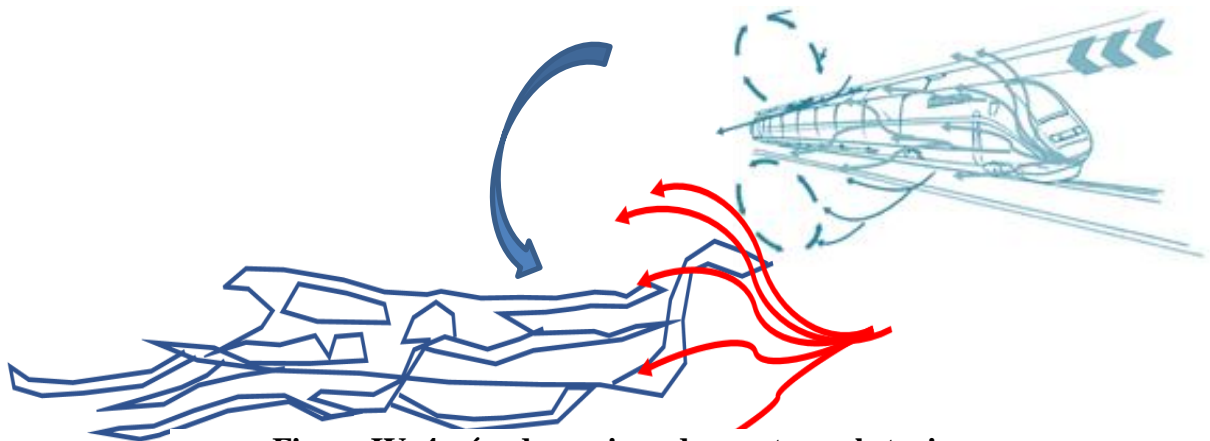


Figure IV. 4: aéro dynamique des vents sur le train

Source : Auteur

Alors on à utilisé deux approches architecturales de biomimétisme :

- **Coté formelle :** le volume de base est t'inspirer par les segments abdominaux des criquets. Et l'enveloppe par le mouvement de l'air.
- **Coté fonctionnel :** les lamelles sont t'inspirer par les orifices respiratoires de criquet qui représente un synthèse régulateur thermique.

IV.2.3. Le développement de la forme du projet :

On a l'intention de créer un volume compact fluide inspiré par les abdomens du criquet basé sur le principe de la juxtaposition des entités. Pour minimise les déperditions thermiques, et aussi pour crée un ensemble d'espaces rapprochés.

a) L'implantation :

L'implantation du premier volume qui exprime

Les entités primaires de la gare avec une forme fluide

Compacte sur l'axe majeur de composition.

Les façades les plus longues de notre projet suivent

L'axe climatique et sont orientées nord-Est

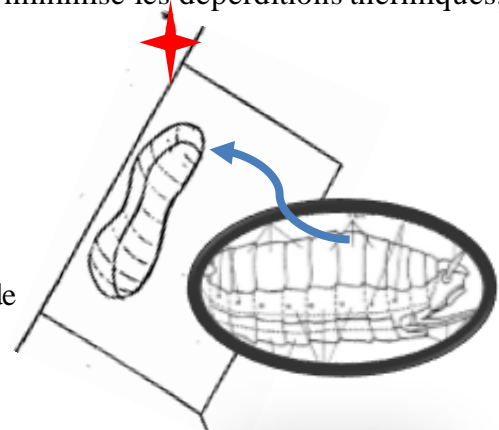


Figure IV. 5: l'implantation de volume.

Source : Auteur

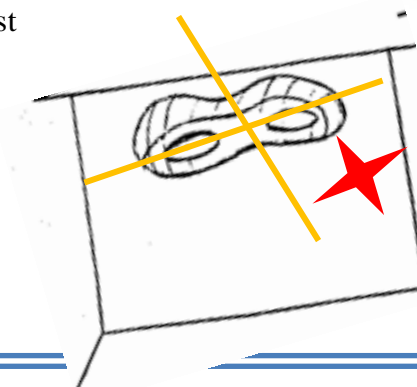


Figure IV. 6: dégradation de volume

Source : Auteur

b) Evolution formelle :

La forme sera dégradée pour créer un volume

Cinétique conçu suivant un mécanisme rétractable

Par la création des lamelles bifonctionnelles

Qui pourront changer de peau en fonction

De l'air et de la lumière pour assurer un confort

Thermique et une ambiance lumineuse aussi

(Ventiler l'intérieur du projet tout en

Contrôlant la quantité du lumière).

On a fait une soustraction au niveau de la façade

Principale pour marquer l'entrée et donner

une importance au projet et aussi pour montrer les lamelles

Puis on a ajouté une addition du l'enveloppe qui prend la forme de mouvement de l'air.



Figure IV. 7:appliquer des opérations géométriques sur la forme

Source : Auteur

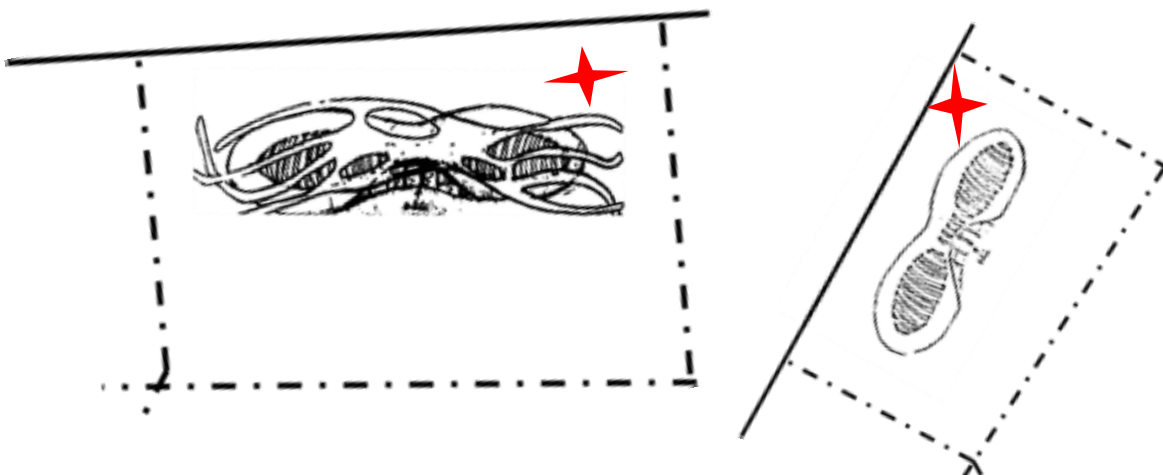


Figure IV. 8:La volumétrie du projet.

Source : Auteur

IV.2.4. Le choix des accès :

Puisque nous avons deux entités principales (d'accueil + de service). On a créé plusieurs accès pour notre projet.

- L'accès principal de la gare est implanté sur la tracée de la voie mécanique la plus fréquentée.

- L'accès administration est implanté sur le côté nord de la parcelle.
- L'accès de parking loin des accès piétons pour la sécurité des usagers.

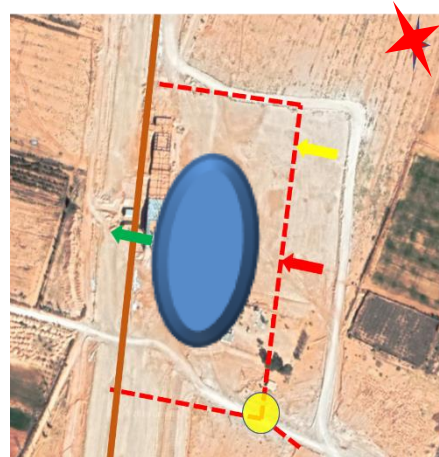
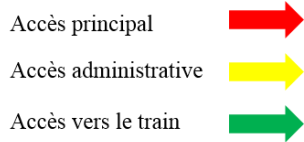


Figure IV. 9: Choix des accès
Source : Auteur

IV.2.5. Le mode d'occupation :

a) Un retrait pour :

Un projet d'une gare nécessite des espaces extérieurs de regroupement et d'évacuation des flux et des distances de servitude.

- La sécurité des voyageurs.
- Mettre la valeur du projet.

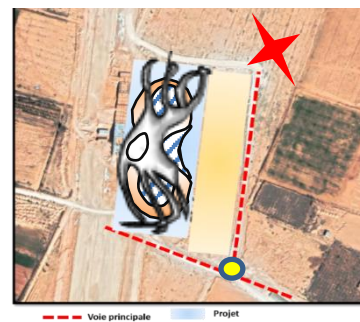


Figure IV. 10: retrait de projet
Source : Auteur

b) implantation du volume :

Implantation du volume au Sud-ouest du terrain, et le prolongement de sa forme parallèlement à la voie ferrée pour la sécurité des usagers.

- Cette implantation du volume permet de favoriser la ventilation naturelle (créer par les terrain agricole).

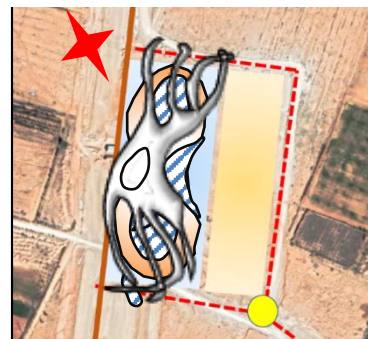



Figure IV. 11: L'implantation de volume
Source : Auteur


IV.2.4. Le zoning :

La distribution des entités et des activités au niveau de notre gare s'appuie le principe de la hiérarchie de publique vers le privé et la gestion de flux entre les différents types de parcours, afin d'assurer le bon fonctionnement et la fluidité.

-  Accueil : le hall d'accueil est au centre pour regrouper
Les autres entités.

-  Service : se localise dans les 2 cotés nord et sud du projet
Afin d'évité l'encombrement.

-  Salle d'exposition : se localise à la proximité de service.

-  Loisir :se localise à l'extérieur du projet.

-  Administration : se localise au-dessus d'entités service et de culture.

-  Gestion : se localise au côté Nord du projet pour la sécurité.

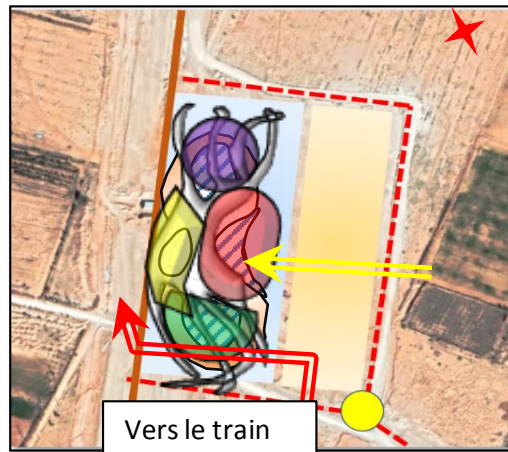


Figure IV. 12:Le zoning

Source : Auteur

IV.2.5. La conception des espaces extérieurs :

IV.2.5 .1. Organisation des espaces extérieurs :

Pour répondre au programme nous avons ajouté des volumes afin d’abriter Les entités secondaires tout en gardant l’aspect formel globale du projet :

- gestion.
- l’espace de jeux.
- espace de location voiture.



Figure IV. 13:plan de masse

Source : Auteur

Au niveau de plan de masse le bâtiment principal s'inscrit bien dans le terrain parallèlement au voie férie, en forme fluide et compacte, avec une implantation et orientation favorables pour faire profiter notre projet des conditions climatique de la région.

L'implantation et l'orientation du projet offrent impérativement une possibilité d'accès au projet à travers les diverses voies qui l'entourent ; il est desservi par 3 voies mécaniques.

Deux parkings à l'extérieur réservés au public (taxi et bus), un parking pour les voitures de location.



Figure IV. 14:les parkings solaires

Source : Auteur

Un Autre parking situé au côté nord pour l'administration.

Deux aires : loisir et d'attente au côté Nord et Sud

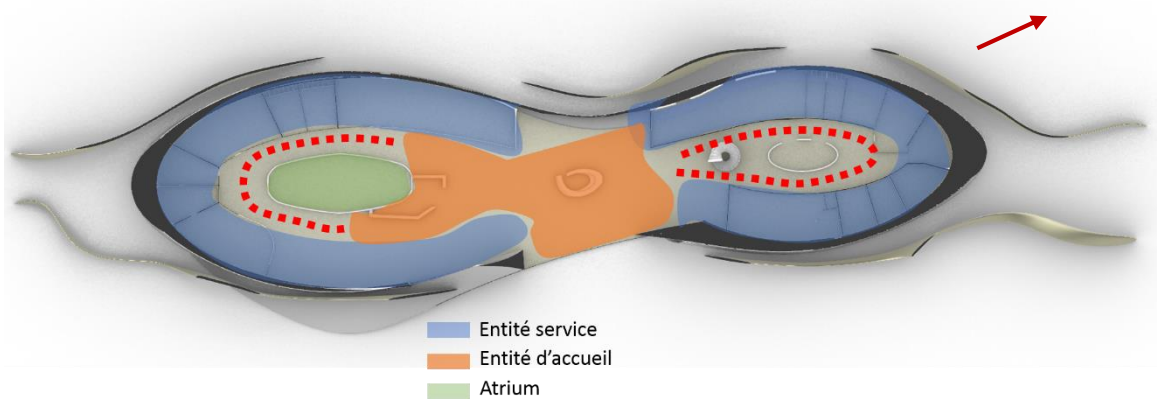


Figure IV. 15:espace de loisirs
Source : Auteur

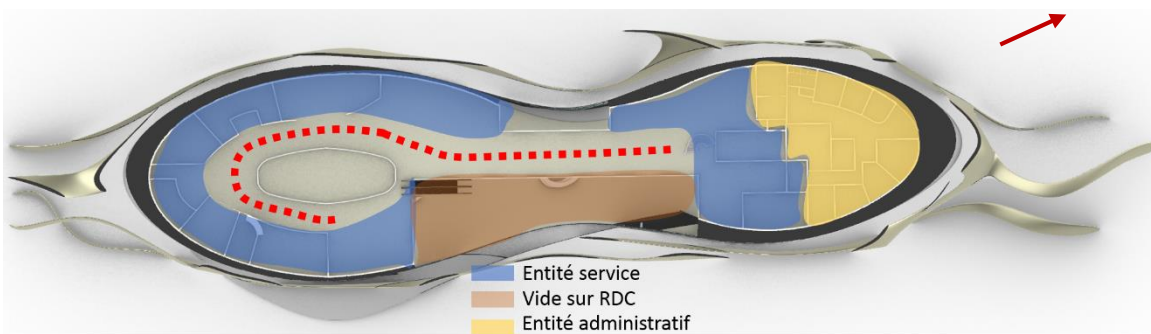
IV.3. Organisation des espaces intérieur :

La gare ferroviaire comporte :

- Un bâtiment de RDC ; un atrium qui assure l'éclairage naturel pour les espaces intérieurs, le principe d'organisation adopté est une organisation centrale qui assure la hiérarchie des espaces horizontalement et verticalement



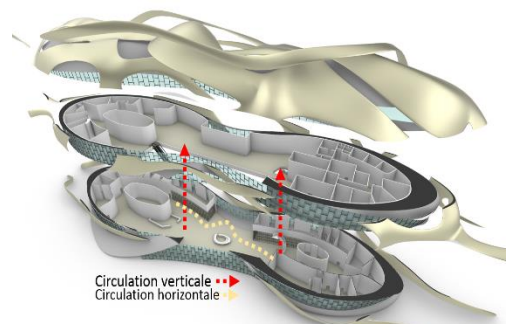
- Un bâtiment R+1 dont son rdc est libéré (plan libre) afin de faciliter les circulations horizontales il comporte le hall d'embarquement, les différents services de restauration, les boutique et les salles d'attente.



- Le R+1 se constitué l'administration au côté Nord et au côté sud les boutiques, salle de prière Un restaurant et un espace d'attente

Circulation Verticale horizontale :

- Circulation verticale par escalier
- Circulation verticale par escalator
- Circulation horizontale par les couloires



IV.4. Lecture des façades :

Une façade dynamique cinétique avec des lamelles qui ont la capacité de s’ouvrir et de se fermer tout on contrôle la quantité de l’air et de lumière pénétrée avec l’utilisation des nouveaux matériaux (polymère renforcé de fibre de verre).

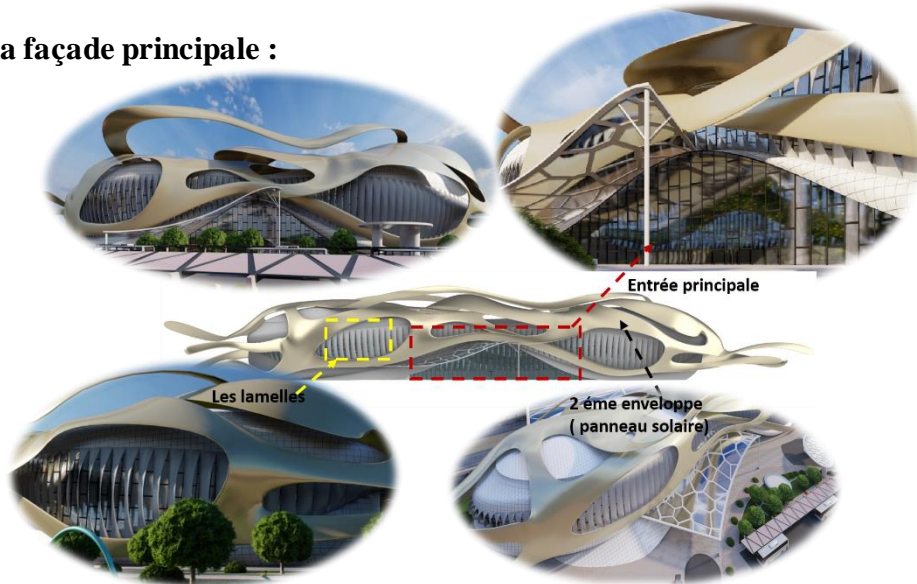
Le choix du type de façade doit répondre :

- **Exigence de la durabilité :** Pour Répondre efficacement à la performance énergétique et au confort souhaité dans les conditions climatiques de la ville de Laghouat où la période estivale est plus longue et très chaude.



- **Exigence pour les usagers :** La transparence assure la continuité visuelle entre intérieur et l’extérieur ce qui répond au besoin des usager (relation avec l’environnement extérieur).
- **Couleur :** utilisation des couleurs claire beige et blanc (couleur des criquets saharien)

La façade principale :



La façade postérieure :

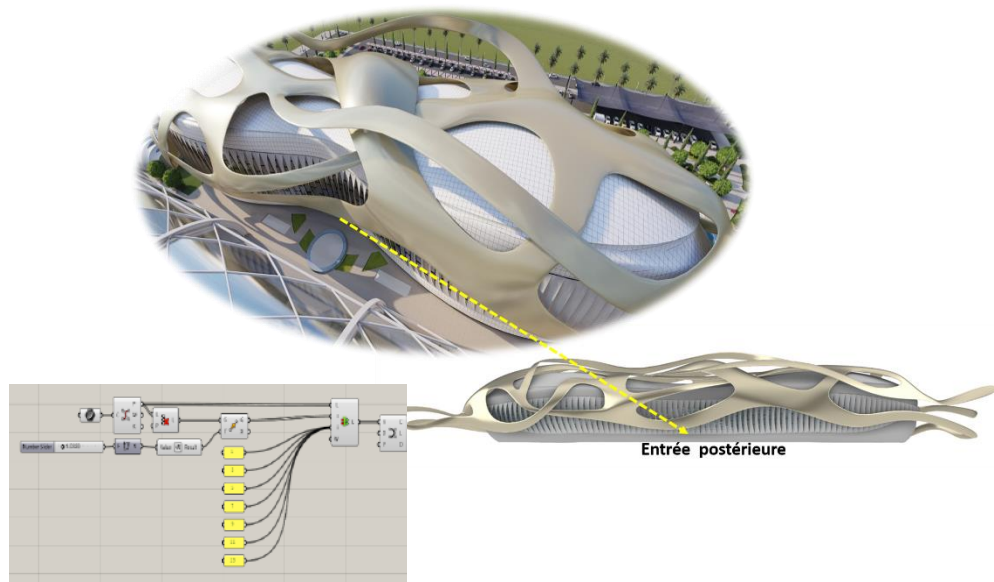
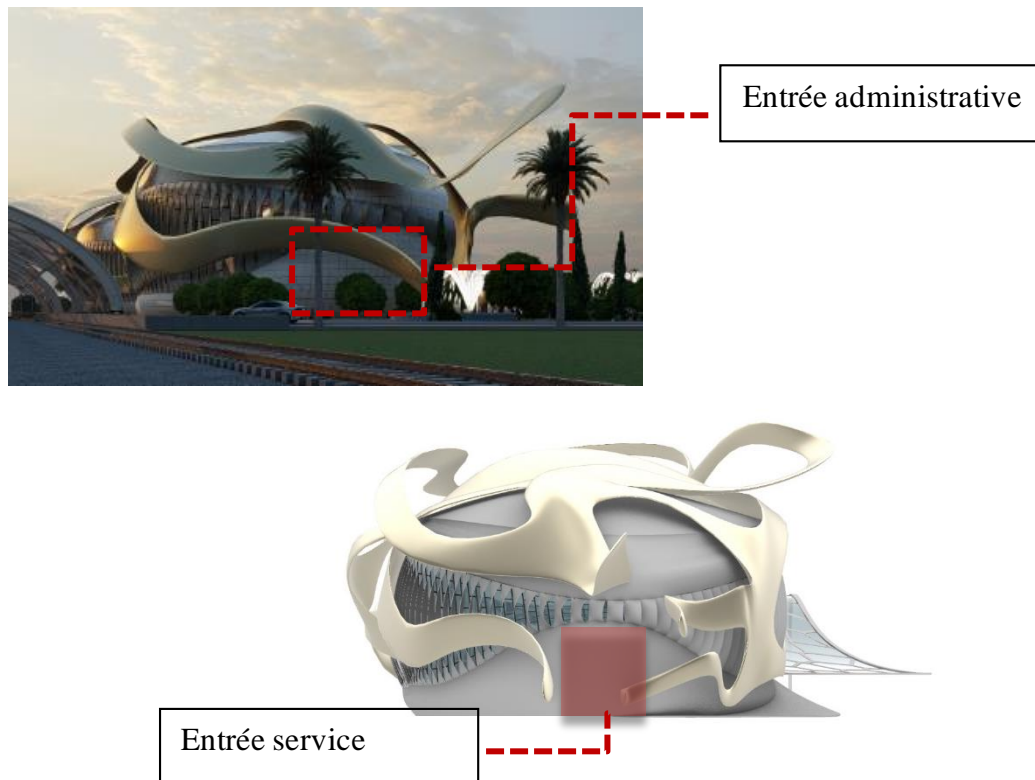


Figure IV. 16: détail de modélisation des protections Solaires paramétriques (GRASSSHOPPER)

Les deux façades latérales :



Toiture : Le toit est incliné pour l'intégration avec le contexte de la ville est conçu pour résister aux vents.

Un atrium et des puits de lumières pour L'éclairage et la ventilation naturelle.
Des panneaux photovoltaïques pour profiter du rayonnement solaire.



Synthèse :

A travers l'idée de conception on a essayé d'intégrer plusieurs aspects et paramètres afin de concevoir une gare ferroviaire durable d'une manière harmonieuse avec les potentialités et les caractéristiques du site d'intervention (l'orientation Nord Est, le climat aride, la forme compacte fluide...etc.), sans omettre les critères et les exigences conceptuelles et fonctionnelles de conceptions des gares , pour créer un milieu confortable aux usagers qui favorise la facilité de circulation.

La dimension environnementale est prise en considération dès la première étape du processus de conception et l'élaboration de l'idée du projet.

Chapitre V

Etude technique

Chapitre V : étude technique

Introduction :

Ce chapitre est structuré par des différents aspects et techniques liés à la dimension environnementale utilisée dans notre projet, Nous avons expliqué le système constructif, le principe de fonctionnement des systèmes utilisés pour procurer le confort thermique aux usagers, et le système de gestion d'énergie.

V.1. Le choix de système constructif :

Le choix structurel dépend aux points suivants :

- Les possibilités techniques et formelles quelle offre.
- Une structure légère, flexible et résistante et un espace libre.
- Structures mixtes permettent de nombreuses variations architecturales pour combiner les différents types d'éléments composites.
- L'utilisation des lamelles fabriquées en polymère renforcé de fibre de verre.

Choix de la structure mixte¹ :

Aspects architecturaux :

- ✓ Plus longue portée.
- ✓ Colonnes mixtes plus élancées.
- ✓ Plus de possibilité dans la conception.

Aspects équipement et flexibilité :

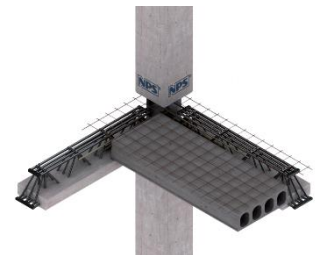
- ✓ Structures adaptables.

Eléments de construction de la structure mixte²

La Figure montre les principes de la méthode de la

Construction mixte.

- Poteaux mixtes
- Poutres mixtes
- Plancher mixte



¹ Cours de Stabilité : les constructions mixtes dans les bâtiments

² Cours de Stabilité : les constructions mixtes dans les bâtiments

Poteau mixte :

Dans notre projet on a choisi :

- Un poteau mixte de section circulaire avec profilés totalement enrobé de béton.

Poutre mixte¹ :

Dans notre projet on a choisi :

Poutre mixte cellulaire (alvéolaire précontrainte)



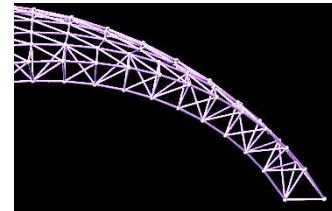
Planchers Mixtes :

On a choisi :

Plancher collaborant avec dalles en précontrainte alvéolaire.

La toiture :

Dans notre projet on a choisi :



Les doubles nappes tridimensionnelles

Figure V. 1:les nœuds dans la construction en acier

Source: Auteur

Le revêtement de structure (l'enveloppe) :

Le revêtement de la structure métallique se fait par le matériau : Polyester renforcé de fibre de verre

Joints :

Les couvre joints :

Gamme de couvre-joint en aluminium

- L'installation se fait en quelques instants sur tous les types de plancher.



Figure V. 2::Couvre-joint
Source : <http://www.c-sgroup.eu>

¹ www.archiexpo.fr

V.1.2 Les matériaux de construction :

Les lamelles :

Elles sont fabriquées en Polyester renforcé de fibre de verre.

Les lamelles de la façade cinétique contrôlent l'apport d'énergie solaire. Des panneaux solaires sur le toit fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement des installations d'ingénierie de service. Les conditions climatiques intérieure ont été analysées en profondeur et simulées par ladybug et honeybee for grasshopper for Rhinocéros afin de réduire la consommation d'énergie et d'augmenter l'efficacité.

Les lamelles allant de 10 à 30 mètres de long, permettent de ventiler naturellement l'intérieur du bâtiment et de contrôler la quantité de lumière qui le pénètre.

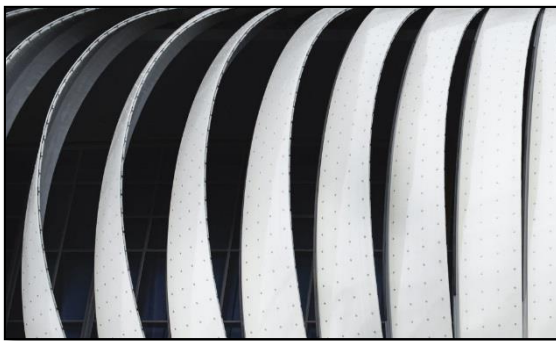


Figure V. 3:la structure des lamelles

Source : yeosu expo2012 korea

Conception climatique des lamelles :

Les lamelles ont été orientés dans la direction des vents et le mouvement d'air pour créer des courants d'air., l'air va être diffusé à travers le plancher, afin de réduire la quantité de volume d'air climatisé. Pendant la journée, les lamelles cinétiques sont utilisées pour contrôler la quantité de lumière. Ces lamelles seront activées grâce à l'énergie générée par des panneaux solaires sur le toit. La performance énergétique de la gare été analysée par des simulations détaillées pour réduire la consommation d'énergie et augmenter l'efficacité.

L'effet visuel du mouvement de lamelles :

Il est accentué par des barres linéaires constituées de LED, qui sont situés sur le côté intérieur du bord avant de la lamelle. La lamelle en position ouverte, ces LED peuvent éclairer la lamelle voisine en fonction de l'angle d'ouverture.

La paroi opaque :

Pour renforcer l'inertie de la paroi extérieure, nous avons choisi l'isolation par la ouate de cellulose, dans le vide d'air d'épaisseur 5

entre les parois du mur extérieur. Elle est fabriquée à partir du recyclage de papier journaux donc sa matière première est d'origine végétale.

Nous choisissons la ouate de cellulose car elle possède plusieurs avantages :

- Hautes performances thermiques :
Elle a une capacité thermique 6 fois supérieure en été aux isolants classiques.
- Excellentes performances acoustiques :
Les ondes « du son » sont amorties par la texture de la ouate.
- Régulation hygrométrique :
Elle peut capter jusqu'à 30% d'humidité par rapport à son poids sans se dégrader ni pourrir.
- Etanchéité à l'air : elle s'infiltré dans les interstices de la structure et limite ainsi les infiltrations d'air.
- Excellent déphasage thermique :
Le coefficient de déphasage est 4 fois supérieur à celui des laines minérales.
- Une empreinte carbone limitée : le bilan carbone de la ouate de cellulose -10.
- Un matériau d'isolation écologique, sain, 100% recyclable et résistante au feu.



Figure V. 4: L'application de la Ouate de cellulose

Source : www.lameilleureisolation.com

Le vitrage intelligent à l'extérieur :

Double vitrage à faible émissivité :

Le vitrage intelligent, le revêtement de dioxyde de vanadium ultra-mince

est capable de réagir automatiquement au rayonnement solaire, bloquant la chaleur en été et la tenant en hiver

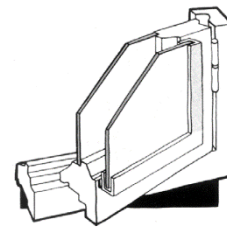


Figure V. 5:Le vitrage intelligent
 Source : www.mediachie.org

Revêtements des sols :

Le revêtement de sol doit répondre aux exigences suivantes :

Confort et sécurité, Hygiène et durabilité, Durée de vie et rentabilité. Esthétique.

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

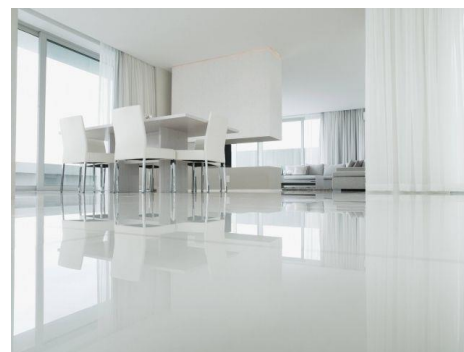


Figure V. 6:carrelage écologique
 Source : les-matériaux-de-construction-innovants.ecotra.be

Les faux plafonds :

Pour le projet on utilise deux types de faux plafond selon la fonction des espaces :

-Un plâtre antichoc et antipollution renforcé avec des fibres de bois, le Placo Impact Activ'Air est 4 fois plus résistant qu'une plaque de plâtre standard.



Figure V. 7:plafond en placo
 Source : les-matériaux-de-construction-innovants.ecotra.be

Il possède surtout des vertus dépolluantes :

un composant spécifique,

incorporé à hauteur de 0,2% dans le plâtre,

capte 80% des composés organiques volatils (COV) et les transforme en composés inertes.

-Les locaux humides nécessitent un faux plafond en PVC.

V.1.3. Confort thermique :

Techniques passives :

Végétation :

On a utilisé la végétation à l'intérieur du projet pour créer un micro climat.

Ventilation par la façade :

Façade cinétique pour donnant une impression de mouvement. Dont Les lamelles permettent de ventiler naturellement l'intérieur du bâtiment (les lamelles portent des filtres contre les vents de sables) et de contrôler la quantité de lumière qui le traverse.

Cloison :

Pour intérieur des panneaux de d'isolation thermique en polyuréthane (cet isolant offre une haute performance d'isolation thermique).

Ventilation par atrium :

L'atrium crée une ambiance aéraulique :

En hiver, l'air est chauffé par la chaleur cumulé dans l'atrium ce qui créer une différence de pression avec le reste du projet ce phénomène créer un mouvement d'air entre les deux zones , l'air du bâtiment est ainsi recyclé avec des filtres placés au niveau des ouvertures de l'atrium. Ce système doit être prévu dès la conception et suivre des règles de sécurité strictes.

En été, grâce au mouvement de l'air traversant de l'extérieur vers l'atrium et de l'effet de cheminée, l'atrium est refroidi. La ventilation est possible si des ouvertures sont créées au niveau du sol et de la toiture.

Double vitrage renforcée par gaz d’argon :

C’est un type de vitrage doublé à isolation renforcée avec Argon. L’isolation renforcée consiste en l’ajout d’une couche d’oxydes métalliques sur l’une des faces intérieures du vitrage, qui permet de limiter la pénétration des rayons de soleil l’été et de réduire les pertes de chaleur vers l’extérieur l’hiver.

Façade double peau ventilée :

La façades double peau offre une ventilation naturelle et une isolation phonique et acoustique, ses panneaux jouent le rôle d’une protection solaire et minimiser les pertes thermiques.

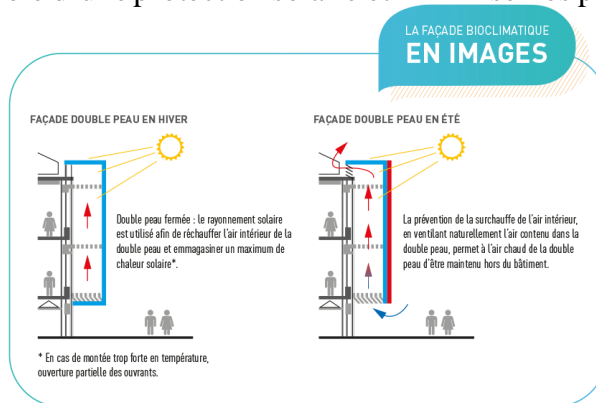


Figure V. 8:ventilation par façade double peau

Source : tellierbrisesoleil.com

Techniques actives :

- ✓ Système de la climatisation et du Chauffage :
- ✓ Centrale de traitement d'air (CTA) :

Centrale double flux :

La centrale de traitement d’air double flux favorise tous les assemblages possibles entre l’air neuf, l’air traité, la reprise d’air, l’air rejeté, en fonction de la configuration.

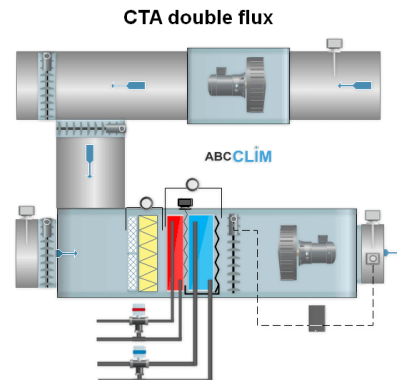


Figure V. 9:principe de fonctionnement Centrale double flux

Source : www.abcclim.net

Le plancher solaire direct est un système de chauffage solaire qui est essentiellement alimenté par l'énergie du soleil grâce à des panneaux solaires thermiques.

Le plancher solaire direct (PSD) est une solution qui permet d'allier confort thermique, économies d'énergie et respect de l'environnement.

Le système est composé de capteurs solaires, du plancher chauffant, d'un Ballon d'eau chaude solaire et d'un Liquide caloporteur.

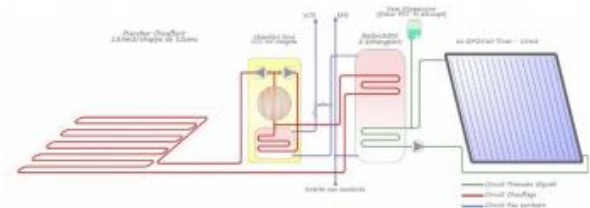


Figure II. 14:schéma de plancher solaire direct
 Source :www.apper-solaire.org

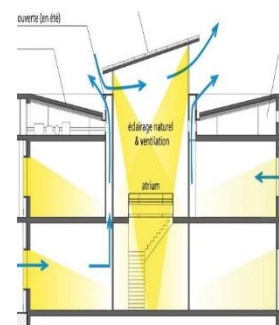
V.1.4. Confort visuel :

L'orientation du projet :

Le projet orienté au sud-ouest selon l'axe climatique pour profiter l'éclairage naturel pendant toute la journée.

Atrium :








L'intérêt premier d'un atrium par l'importance de sa surface vitrée zénithale est l'utilisation de l'éclairage naturelle. Une grande ouverture zénithale permet aux espaces adjacents comme des bureaux, de bénéficier aussi de la lumière naturelle.



Les puits de lumière :

Un type d'éclairage zénithale a travers une ouverture dans le toit qui travers un ou plusieurs niveaux. Elle permet de distribuée la lumière dans les espaces.

Eclairage artificiel :

Espace	Types	modèle
Halle d'embarquement	Aura Concelo est un luminaire LED éco énergétique.	
Les boutiques	Jupiter 3 LED asymétrique	
Restaurant et cafeteria	MINI CONTUNUM LED II (CONCORD) : Suspension architecturale LED 26W(1), modulable pour la réalisation de lignes continues.	
Les couloirs et autres espaces	SYL-LIGHTER LED II (LUMIANCE) : Downlight LED fonctionnel 15W avec diffuseur en polycarbonate,	
administration	Luminaire encastré pour plafond	
sanitaire	INSAVER HE TOPPER LED (LUMIANCE) : Downlight LED fonctionnel 9W avec détection de présence intégrée.	
Espace extérieur	INVERTO LED DIRECT (LUMIANCE) : Luminaire LED 16W à installer en saillie, en extérieur sous auvent.	

Structure et système de fixation de vitrage de l'atrium :

Le type de vitrage a son impact direct sur les ambiances thermiques dans le bâtiment, et par conséquent sur la consommation de l'énergie. Le types de verre utilisés dans l'atrium de notre projet est avec une double couche de verre transparent (model (2)).

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

Tableau V. 1 : La performance énergétique des modèles testés dans chaque climat par rapport à leur performance énergétique dans un climat tempéré à l'aide de verre double vitrage avec un taux de vitrage de 80%.

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

V.1.4 La gestion d'énergie :

Panneaux photovoltaïques organique flexibles :

Nous avons intégré des panneaux photovoltaïques organique flexibles au niveau de 2^{-ème} enveloppe qui prend la forme de mouvement de l'air pour la production de l'électricité (au niveau de toit dans la partie sud.)



Figure V. 10 : Les panneaux solaires flexibles

Source : eco-energie-montreal.com

Parking solaire :

Des panneaux photovoltaïques qui seront placés dans les parkings du projet (parking solaire). Une surface de stationnement protégée ainsi qu'une production d'électricité photovoltaïque.

Power plant :

Produire de l'énergie par vent faible ; Plus efficace ;

Production à faible coût fabriqué à partir

de matériaux recyclés Peut être modifié

par les besoins et les goûts utilisateurs et

respectueux des oiseaux.



Figure V. 11:power plant

Source : auteur

Bio lampe :

Un ventilateur aspire l'air à l'intérieur - qui se déverse dans le liquide à base d'algues. Ce liquide circule dans un système en spirale grâce à une pompe qui aide les algues à mieux absorber le CO₂. Dans l'autre tuyau (pipe2), cette progression s'arrête. Si nous laissons le liquide en position debout, il passe l'oxygène. Grâce à la fréquence des réverbères, l'épuration de l'air est plus efficace.

Récupérer L'énergie de la marche (cinétique) :

Marcher, sauter, taper du pied...

Autant de mouvements qui dégagent

de l'énergie. Plusieurs projets s'attellent à

la récupérer pour la convertir en électricité.

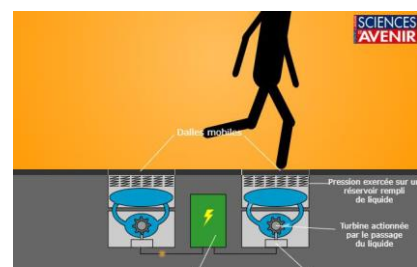


Figure V. 12:panneaux solaires souples et flexibles

Source : www.wattuneeed.com

Revêtement de sol qui produire électricité(cinétique) :

Ce revêtement de sol transforme

la pression des pas en électricité

qui alimente des ampoules à basse

consommation LED.

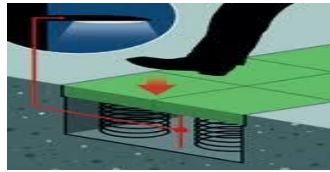


Figure V. 13:revêtement de sol qui produire électricité

Source : www.wattneed.com

Les détecteurs sonores et de mouvement qui produisent électricité :

Au niveau des rails et le sonore (capte la force de son) au niveau de couverture des quais.

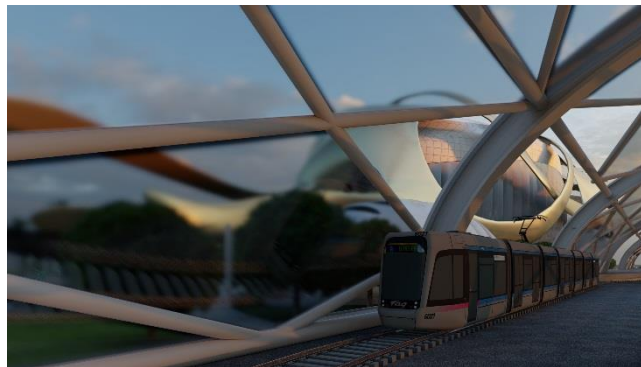


Figure V. 14:Les détecteurs sonore et de mouvement

Source : auteur

Les bicyclettes qui produire l'électricité :

Quelque bicyclette fixe au niveau de parking des bicyclettes raccordés avec un générateur (dynamo).



Figure V. 15:bicyclettes qui produire l'électricité

Source : auteur

V.1.5 La gestion de l'eau :

Récupération des eaux usées :

La phytoépuration :

Les systèmes de phytoépuration dirigent les eaux usées vers des filtres plantés d'espèces végétales soigneusement sélectionnées et capables d'absorber les polluants tels que les nitrates ou les phosphates.

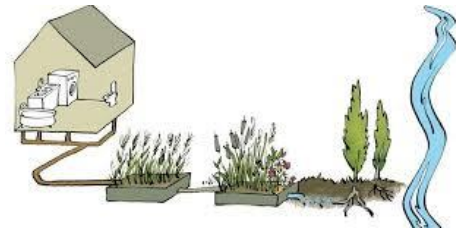


Figure V. 16:Principe de fonctionnement de la phytoépuration

Source : www.ies-geneve.ch

On utilise souvent des plantes persistantes émergentes.

V.1.5 La gestion des déchets :

Tri des déchets :

Tri des déchets au niveau de l'intérieur et l'extérieure de projet.



Figure V. 17:Tri des déchets Source : www.teteamodeler.com

Synthèse :

L'analyse sur les différents procédés techniques nous a donné un éclaircissement et une meilleure connaissance afin de bien étudier l'aspect technique du projet quel que soit le système constructif, les matériaux de construction et les différents corps d'état qui visent à donner et assurer l'encrage nécessaire du projet.

Chapitre VI

Partie Simulation

Chapitre VI : partie simulation thermique

Introduction :

Le confort est une exigence très importante pour la conception des bâtiments, c'est un ensemble de sensations et un état d'équilibre entre l'occupant, le bâtiment et l'environnement extérieur. Il comprend le confort thermique, le confort visuel, le confort acoustique et le confort respiratoire.

L'importance du confort thermique sur la productivité des de la gare, nous allons essayer d'évaluer le niveau du confort thermique dans le projet de vérifier l'efficacité des lamelles cinétique qui contrôle l'air transmis vers l'intérieur (inspiration biomimétique) et l'isolation thermique par la ouate de cellulose dans le contexte climatique aride de la ville de Laghouat.

VI.1. Problématique :

Les conditions de confort thermique des gares ferroviaire dans un climat spécifique tel que la ville de Laghouat doit être impérativement maîtrisées. Ces espaces sont particulièrement sensibles car les voyageurs présentent une sensibilité accrue aux effets de froid et de chaleur, alors :

Quel est l'impact de l'isolation thermique par lamelles cinétique (inspiration biomimétique) et l'isolation thermique par la ouate de cellulose sur le confort thermique dans la gare à la ville de Laghouat ?

Pour répondre à ces questions on a choisi d'utiliser la méthode de prédiction par simulation, en utilisant le logiciel (ladybug et honeybee for grasshopper for Rhinocéros). Ce logiciel nous permet de vérifier la marge de confort thermique dans la gare et de proposer les corrections et les scénarios pour la rattraper s'ils sont nécessaires.

VI. 1-1 Objectifs spécifiques :

Cette étude mette l'accent sur la régulation thermique dans les espaces de la gare, précisément sur l'impact des lamelles sur le Confort thermique dans la gare.

VI.1-2 Hypothèses spécifiques :

- ✓ A travers l'orientation vers les vents dominant et la conception des lamelles (orientation, dimension et position ...) le confort thermique pourrait être atteint et permettent de contrôler le rayonnement solaire.

- ✓ A travers l'utilisation de l'isolant la ouate de la cellulose le confort thermique pourrait être atteint et permettent de contrôler le rayonnement solaire.

VI.2. Définition du confort thermique¹ :

Le confort thermique peut être défini comme :

Définition 1 :

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

Définition 2 :

Givoni le définit comme étant l'absence de gêne ou d'inconfort dû à la chaleur ou au froid, ou alors, comme un état engendrant le bien être thermique.

VI.3. Les paramètres influant sur le confort thermique :

Le confort thermique dépend des facteurs suivants :

VII. 1. Facteurs liés à l'environnement :

a) La température de l'air :

Elle intervient dans les échanges par convection et par évaporation. Le rôle de l'enveloppe est d'assurer une homogénéité de la température intérieure du local, malgré la fluctuation de la température extérieur.

b) La température radiante moyenne :

Elle intervient dans les échanges par rayonnement. De façon simplifier la température de confort ressentie appelée encore température opérative ou température résultante sèche, est défini comme étant la moyenne entre la température de l'air ambiant et la température

c) L'humidité de l'air :²

L'humidité relative est le rapport entre la quantité de l'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur, à la température ambiante, et la quantité maximale qu'il peut contenir. Plus il y a d'humidité dans l'air, plus il est difficile d'évaporer la sueur et de respirer.

¹ Liébard, A. et De Herde, A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Le moniteur, 2005, page 27

² Saddok Amel, Mémoire de magister, Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies, université de mouloud mammeri de tizi-ouzou ,20016, page 75.

d) La vitesse de l'air :¹

Elle intervient dans la convection et l'évaporation, elle détermine l'échange de chaleur convectif du corps puis elle affecte la capacité d'évaporation de l'air et par conséquent agit sur la production de la sueur.

e) L'enseillement :²

Le taux d'enseillement dépend du rayonnement solaire, de la durée d'exposition au soleil, de l'altitude et des conditions locales de nébulosité, la pureté de l'air, du vent et enfin de la saison et de l'heure de la journée.

La température d'un bâtiment augmente en deux manières : lorsque le rayonnement solaire atteint l'enveloppe externe d'un bâtiment, il augmente la température des surfaces externes, ces dernières la transmettent à l'intérieur du bâtiment. Et aussi, lorsque le rayonnement solaire passe à l'intérieur à travers le vitrage, ou une grande partie de l'énergie est piégée par le processus d'effet de serre.

f) Le vent :

Le vent est le déplacement horizontal d'air, d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Les échanges convectifs entre les surfaces externes des parois et l'air et le taux de renouvellement de l'air dans un local sont dépend de la vitesse du vent.

VII. 3.2. Facteurs liés au cadre bâti :**a) L'implantation et l'orientation :**

Le choix du site d'implantation et l'orientation du bâtiment influe directement sur son rapport avec le soleil et les vents dominants. Une insertion parfaite du bâtiment dans le site revient à profiter de son potentiel comme le relief, le milieu urbain, les caractéristiques du terrain, la végétation et le vent.

¹ Benhouhou Med Naim, Mémoire de magister, L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger ,2012 , page 22

² Givoni B, L'homme l'architecture et le climat, Le Moniteur Paris ,1978

b) La forme architecturale :

La forme influe sur le bilan énergétique du bâtiment, la forme compacte est plus efficace qu'une forme éclatée puisque les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur.

c) L'enveloppe du bâtiment :

L'enveloppe d'un bâtiment est le siège d'un flux de chaleur entre le climat extérieur et l'ambiance intérieure. La quantité de flux dépend de l'épaisseur des matériaux et leurs propriétés thermo physiques.

La Paroi opaque :

L'exposition aux rayons solaires directs permet la transmission de la chaleur, quand le rayonnement solaire chauffe la face extérieure, la chaleur résultante chauffe la masse du mur puis elle se transmet vers la surface intérieure.¹

- Effets de l'inertie thermique :

L'inertie thermique d'un matériau mesure sa capacité à accumuler la chaleur et à en différer la restitution après un certain temps, c'est le temps de déphasage.

-Effets de l'isolation thermique :

Une grande partie des déperditions thermiques se produit au niveau de l'enveloppe de la construction, à cause des ponts thermiques (joints entre paroi) Le rôle de l'isolation est de préserver le confort en diminuer les échanges thermiques à travers les joints entre paroi.

Dans les caractéristiques des isolants, deux principaux paramètres thermo physiques interviennent :

- La conductivité thermique (λ) (W/m. K) : elle indique la quantité de chaleur qui se propage par conduction thermique en 1 seconde, à travers une surface de 1 m² du matériau, épais d'un 1 m, lorsque la différence de température entre les deux faces est de 1°C. Plus elle est faible, plus le produit est isolant.

- La résistance thermique (R) (m² °C/W) : elle traduit la capacité d'un matériau à empêcher le passage de la chaleur pour une épaisseur donnée. Elle correspond au rapport de l'épaisseur d'un

¹ Liébard, A. et De Herde, A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Le moniteur, 2005, page 133

matériau à sa conductivité thermique. Plus R est élevée, la performance d'isolation est meilleure.

Paroi vitrée :

Par le processus d'effet de serre, une surface vitrée exposée directement au soleil provoque une élévation des températures intérieures supérieures à celles que pourra provoquer par une fenêtre ouverte.¹

La quantité d'énergie solaire susceptible pénétrer dans le bâtiment dépend des paramètres suivants :

- Les dimensions de la paroi vitrée.
- La durée réelle de l'ensoleillement
- L'orientation : elle détermine la durée d'ensoleillement et la répartition diurne, et annuelle de l'énergie incidente.
- Le type du vitrage utilisé : il influe sur la quantité d'énergie transmise à l'intérieur en fonction du rayonnement incident.

VI. 3.3. Les facteurs liés à l'individu :

a) Le métabolisme :

Une condition propre à l'individu pour assurer ses fonctions vitales. La production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. On distingue trois niveaux de métabolisme : métabolisme de base (75W), métabolisme de repos (105W) et métabolisme de travail (entre 105W à 140W).²

b) L'habillement :

Les vêtements constituent une sorte de résistance thermique aux échanges de chaleur qui ont lieu entre la surface de la peau et l'ambiance extérieur. Elles maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables pendant toute l'année.

Les protections intérieures :

La protection végétale :

Par la végétation (arbre à feuille caduque, plantes autour du



Figure VI. 1: Les plantes intérieure.
Source : www.pinterest.fr

¹ Givoni B, L'homme l'architecture et le climat, Le Moniteur Paris ,1978.

² Benhouhou Med Naim, Mémoire de magister : L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger, 2012, page 23.

bâtiment) on peut se protéger des rayonnements solaires et leur feuillage persistant interceptent le rayonnement solaire et les empêchent d'atteindre les façades.

De plus elle se comporte comme humidificateur réduisant la température de l'air par évaporation.

En hiver, ce type d'arbre perd leur feuillage et laisse pénétrer le rayonnement solaire.

L'atrium :

Fonction des atriums :

Sur le plan de l'éclairage naturel : Il est à première vue évident que l'importante surface vitrée zénithale, qui caractérise un atrium est essentiellement destiné à l'éclairage naturel.

Sur le plan thermique : La couverture vitrée ne permet pas seulement l'éclairage naturel

Le rayonnement solaire qui la traverse fait s

puisque sa température d'air est souvent plus chaude qu'à l'extérieur.

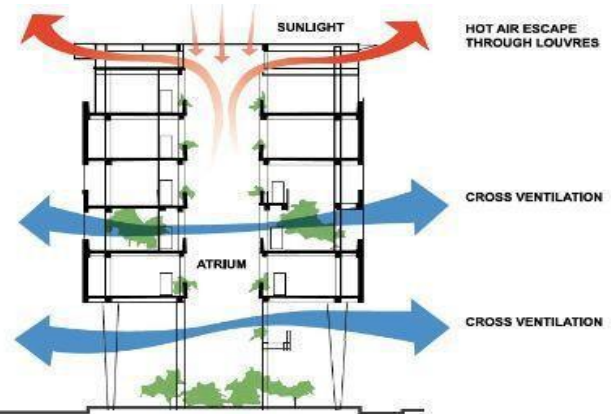


Figure VI. 2: Fonction des Atriums.

Source : www.ipinimg.com

VI.4. Présentation de logiciel de la simulation :

ladybug et honeybee for grasshopper for Rhino:

Ladybug et Honeybee sont des plug-ins environnementaux pour Grasshopper pour aider les concepteurs à créer une conception architecturale respectueuse de l'environnement. Ils ont été initialement développés par Mostapha Sadeghipour Roudasri mais sont open-source et maintenus par plusieurs personnes, compris Chris Mackey.

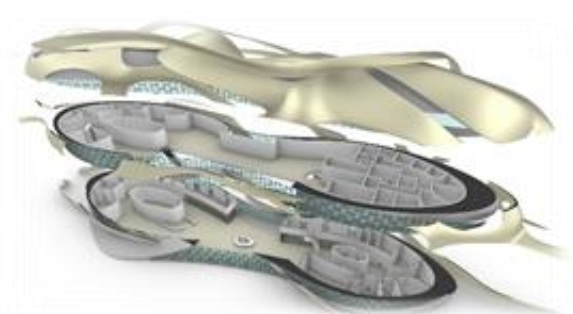
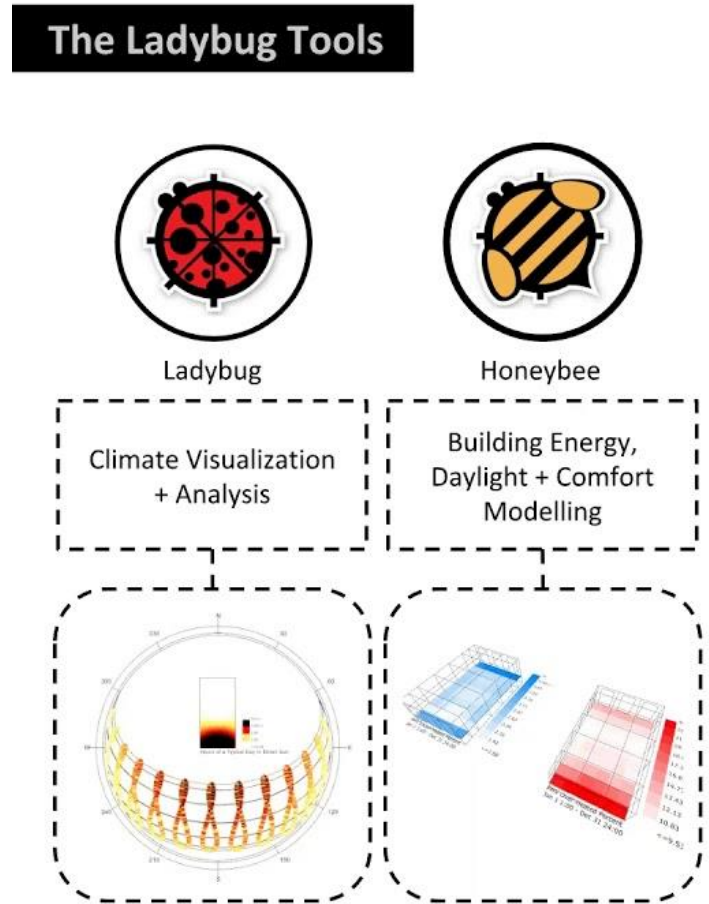
Etude de cas : vérification du confort thermique d'une gare ferroviaire.

VI.5. 1. Présentation du cas d'étude :

Dans cette partie expérimentale, on va simuler toute la gare pour vérifier les conditions thermiques, la gare est on forme compacte en deux niveaux avec une orientation principale Nord-Ouest

Dimension et forme :

- Surface : 7000m²
- Hauteur de la gare : 45m
- Hauteur de lamelles : de 10 à 30 m
- Type de ventilation : diurne et nocturne
- Orientation des ouvertures :
 - Façades principale Nord - Ouest
 - Façades latérale Sud - Est
- Forme des fenêtres : irrégulière
- Nombre de voyageurs :3000 voyageurs.
- Forme : fluide.



VI. 5.2. matériaux du cas d'étude :

1. Le système constructif (structure mixte) et la dalle précontrainte alvéolaire.
2. Utilisation du briques creusé comme matériaux de construction pour les murs extérieurs et en polyuréthane pour l'intérieurs.
3. L'enveloppe est en double cloison de briques de 10 cm et brique de 15 cm séparées par l'âme d'air.
4. Utilisation de 02 types de vitrage intelligent : (vitrages à couche de dioxyde de vanadium et à gaz d'argon).

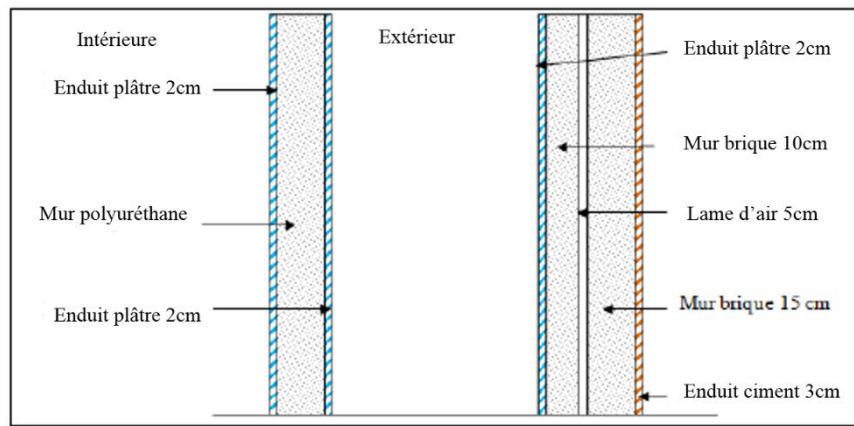


Figure VI. 3:Composition de la paroi intérieure et extérieure dans le cas initial

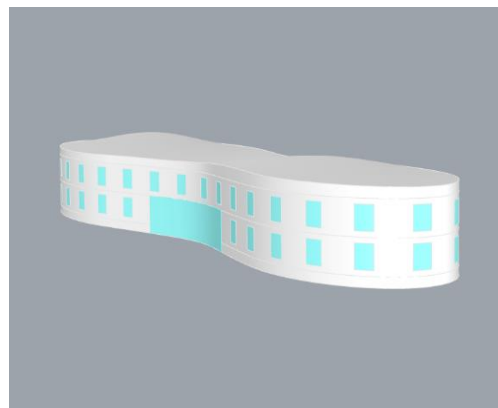
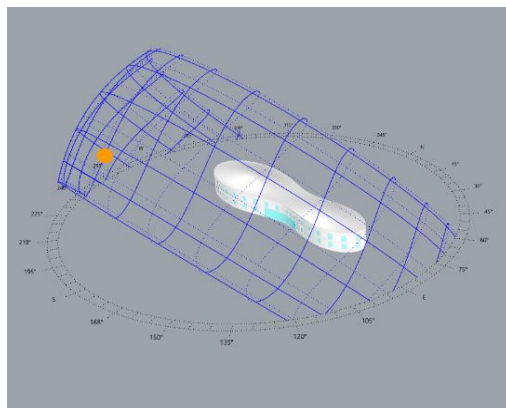
VI.5.2. Simulation :

La simulation a été faite pour la journée la plus froide (21 février) et la journée la plus chaude (21 Juillet) selon les données climatologiques de la wilaya de Laghouat en 2018.

Le jour : 21 Juillet
 Température maximale Tmax : 37.2 C
 Température range : 30 C

Le jour : 21 Février
 Température maximale Tmax : 8.8 C
 Température range : 5.5 C

a) Température intérieure en hiver :



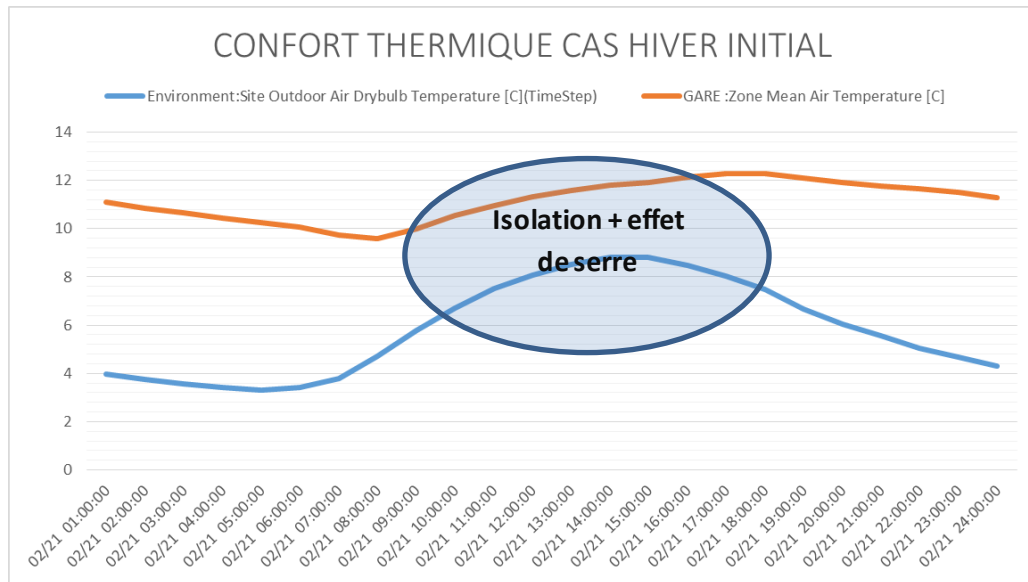


Figure VI. 4: Courbe de température en fonction de temps de cas initial hiver

Source: Auteur

b) Description des résultats :

- Le graphique ci-après présente les variations de température de l'air pendant la journée type hiver, la lecture de ce dernier démontre que la température de l'air intérieur fluctue entre 9°C et 12°C, sa valeur maximale est atteinte à 18 :00h tandis que celle minimale est obtenue à 09 :00h. En revanche, les températures extérieures démontrent une forte fluctuation, ces dernières oscillent entre 3°C Et 9 °C.

En comparaison avec les températures extérieures, la température ambiante de l'espace sont supérieures, jour comme nuit, avec un écart moyen de 7°C et cela grâce à l'effet de serre diurne et à l'enveloppe du bâtiment qui permet de limiter les déperditions thermiques.

En effet, la plage de confort thermique est limitée entre 18 et 25 sur la base de cette dernière, l'environnement thermique de la gare est considéré inconfortable, une amélioration a été proposée afin d'améliorer le confort thermique hivernal par l'ajout d'une technique et d'une isolation a permis d'augmenter la température intérieure dont une différence de 5 °C

- La température intérieure suit les variations de la température extérieure avec une différence de 9°C à 8h, 12°C à 15h, 11°C à 1h.

- La température intérieure enregistrée n'est pas stable, elle est variée de 9°C à 12°C.

- La température intérieur dépasse la température extérieure, mais elle reste loin de la zone de confort, alors on ajoute l'isolation pour améliorer les résultats (effet de serre).

En hiver on a une température intérieur inconfortable la solution est d’exploiter l’effet de serre (façades et atrium) et de renforcé l’isolation thermique par la ouate de cellulose (minimiser déperdition thermique).

c) Température intérieure en été :

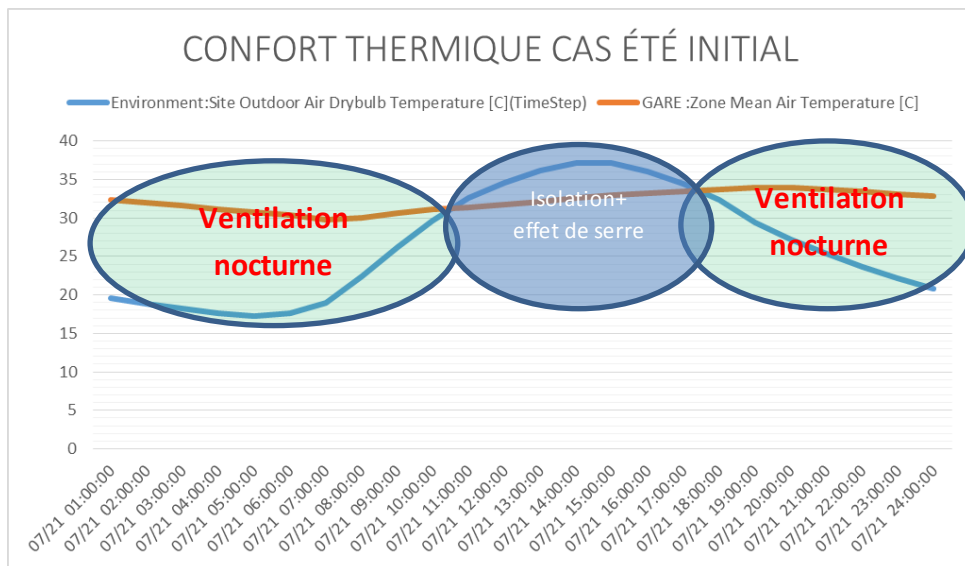
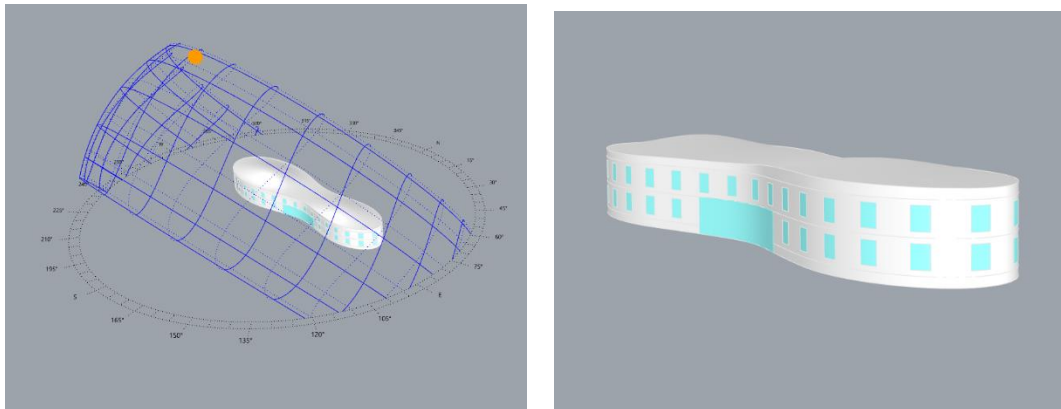


Figure VI. 5: Courbe de température en fonction de temps de cas initial été

Source : Auteur

d) Description des résultats :

- Le graphique ci-après présente les variations de température de l'air pendant la journée en été, la lecture de ce dernier démontre que la température de l'air intérieur fluctue entre 29°C et 34°C, sa valeur maximale est atteinte à 20 :00h tandis que celle minimale est obtenue à 08 :00h. En revanche, les températures extérieures sont entre 17°C Et 36°C.

En comparaison avec les températures extérieures, celles de l'espace sont supérieures de 0h :00 à 10h :00 et de 18h :00 à 0h :00, et inférieures de 10h :00 à 18h :00 et cela grâce à l'effet de serre et à l'enveloppe du bâtiment qui emprisonne la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

- en effet, la plage de confort thermique est limitée entre 25 et 30 sur la base de cette dernière, l'environnement thermique de la gare est considéré inconfortable, une amélioration a été proposée afin d'améliorer le confort thermique estival. L'ajout d'une technique (ventilation) et d'une isolation a permis d'abaisser la température intérieure dont une différence de 5 °C

- De 10h – 18h la température intérieure augmente de 30°C à 35°C, à cause des apports extérieurs (phénomène d'ensoleillement et effet de serre). Lorsque le rayonnement solaire atteint l'enveloppe externe, il augmente la température des surfaces externes, ces dernières la transmettent à l'intérieur de la gare.

- De 18h à 10h la température intérieure varie de 35°C à 30°C, parce que la chaleur stockée à l'intérieur de la gare durant les heures d'ensoleillement est restituée le soir.

- La surchauffe à l'intérieur de la gare est causée par le phénomène de l'effet de serre induit par la surface vitrée des fenêtres.

En été on a une température intérieure inconfortable par contre la température extérieure est confortable avant 10 :00 et après 18 :00 la solution est d'utiliser la ventilation naturelle surtout nocturne. Pendant la période de 10 :00 à 18 :00 on stoppe la ventilation et on utilise la végétation et l'eau pour rafraîchir l'air intérieur. Dans cette période la ventilation sera limitée par les ouvertures de niveau inférieur orientés vers les terrains agricoles et aussi l'isolation par la ouate joue un rôle important pour limiter la chaleur transmise à l'intérieur dans notre projet.

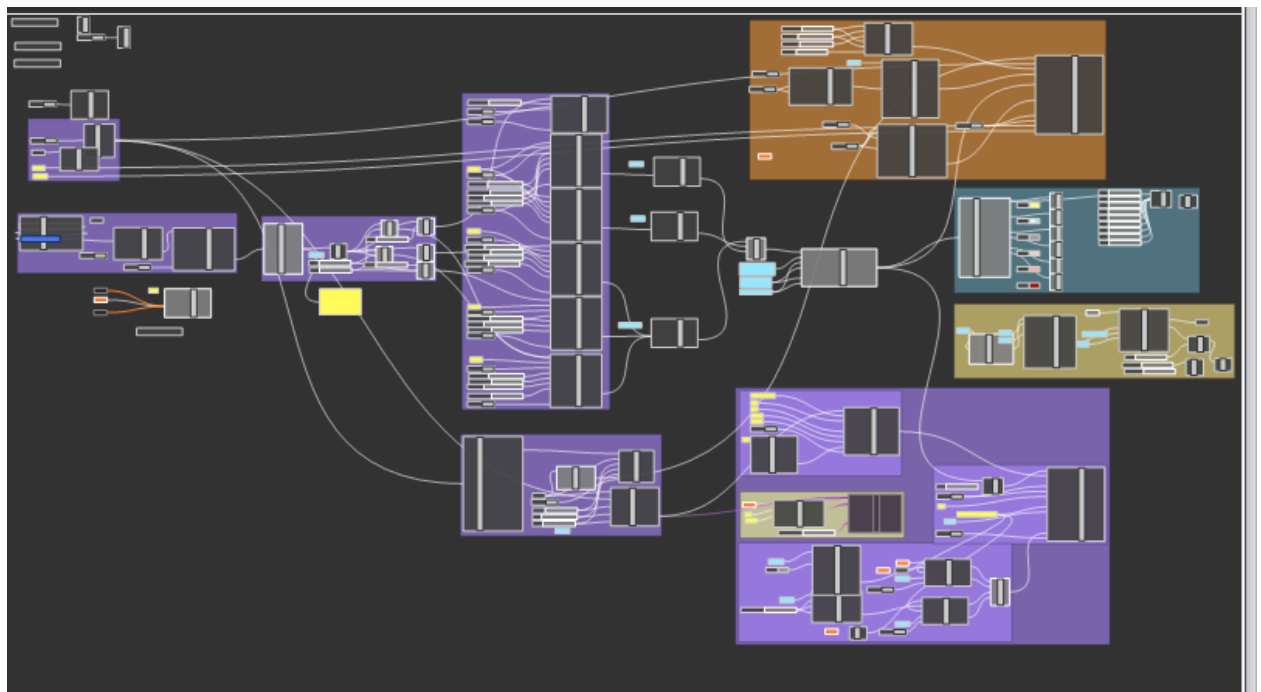
VI.5.3. Présentation des corrections et amélioration :

Pour l'amélioration des conditions climatiques, on a utiliser une technique de travail des lamelles équipées par des capteurs a chaleur qui mesure la température intérieure, cette solution est renforcée par l'utilisation de la ouate de cellulose dans la paroi extérieure, pour minimiser les échanges thermiques avec l'environnement extérieur.

Propriétés	Chaleur Spécifique massique (J/kg. K)	Masse Volumique (Kg/m3)	Conductivité Thermique
La ouate de cellulose	1600-2000	32	0.039

Tableau VI. 1:les caractéristiques thermo -physique de matériaux de construction utilisée

Source : document technique réglementaire DTR Algérie



Le fonctionnement des lamelles par logiciel (système électrique commander)

Source : base des données de honeybee et ladybag

VI.5.4. Simulation de cas amélioré :

a) Température intérieure en hiver :

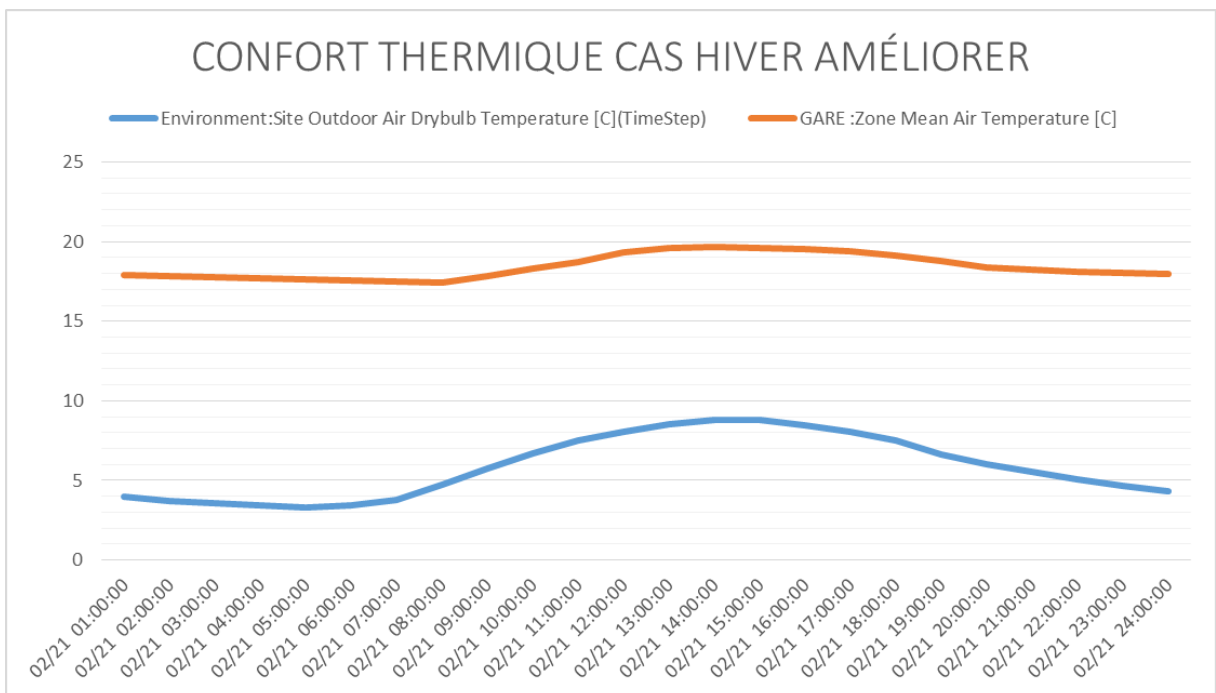
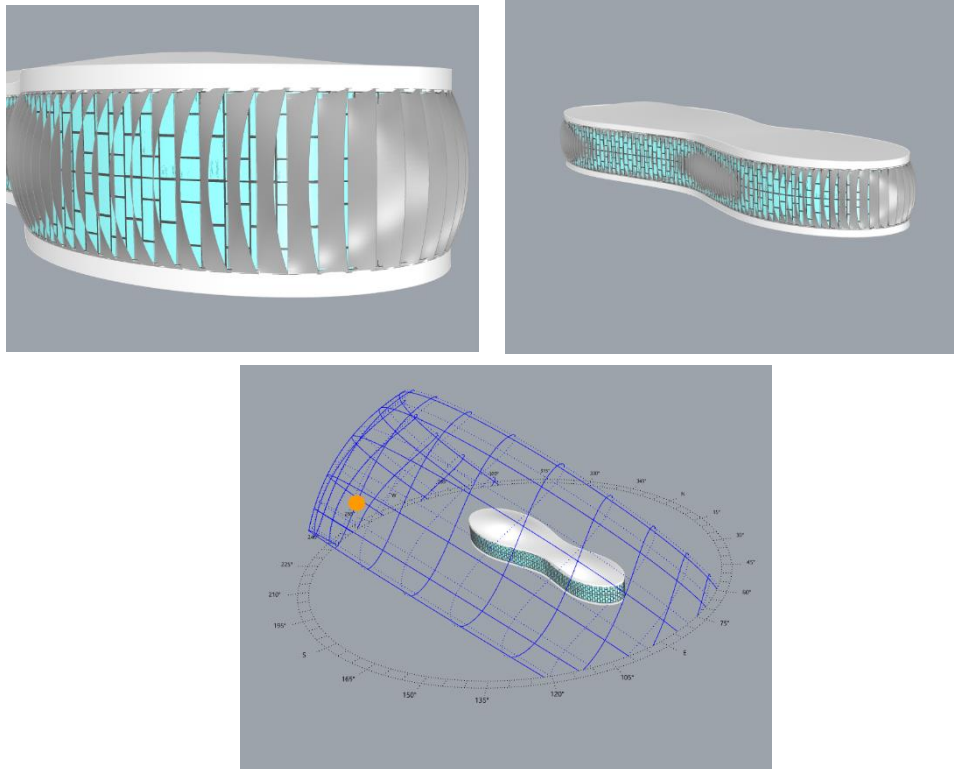


Figure VI. 6:La courbe de température en fonction de temps de cas amélioré en hiver

Source : Auteur

b) Description des résultats :

- La température intérieure suit les variations de la température extérieure avec une différence de 8c° à 8h, 8c° à 15h, 7c° à 1h. (par rapport le cas initial)
- La température intérieure enregistrée est variée de 17c° à 20c°.
- On remarque une amélioration au niveau de la température intérieure, une augmentation de 7 à 8c° après l'effet des lamelles sur la gare et aussi d'après l'isolation par la ouate de cellulose, justifié par la minimisation des déperditions thermiques par la paroi extérieure.

c) Température intérieure en été :

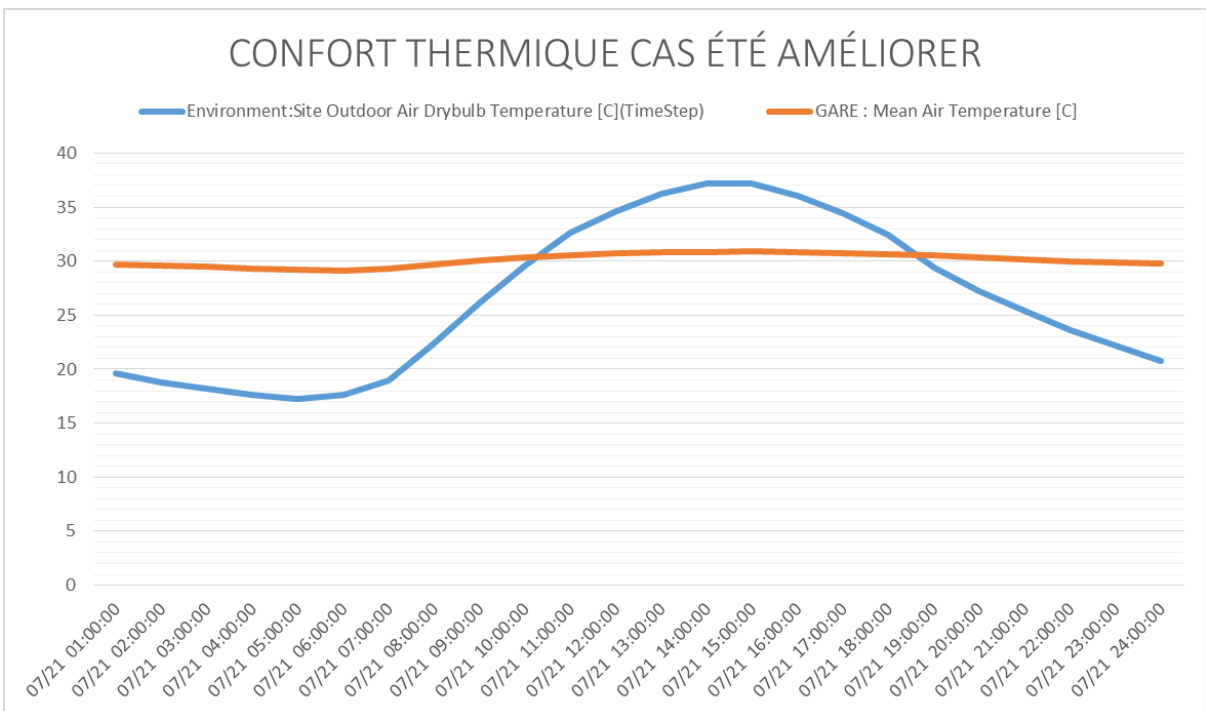
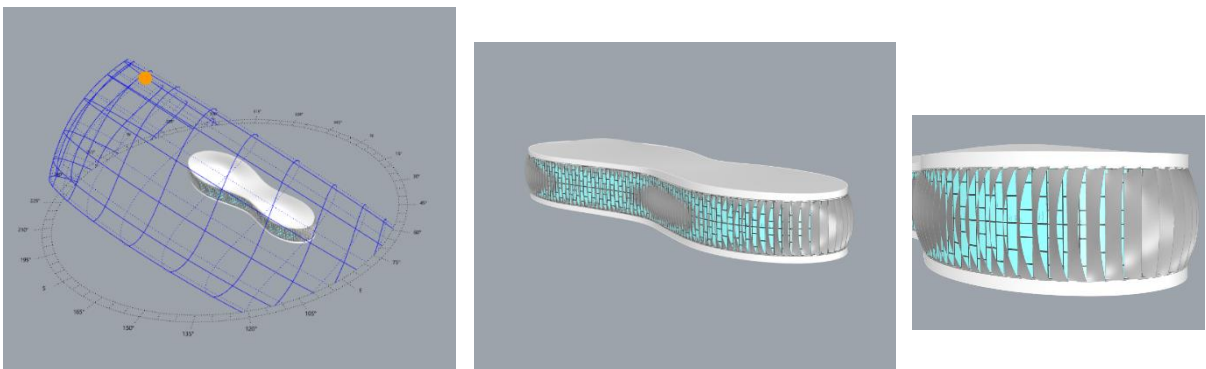


Figure VI. 7:La courbe de température en fonction de temps de cas amélioré en été.
 Source : Auteur

d) Description des résultats :

- De 1h à 14h une variation de la température intérieure entre 28c° et 30c°.
- On remarque une amélioration au niveau de la température intérieure, la température intérieure est abaissée de 5c°.
- Après l'isolation nous avons atteint le niveau de confort recommandé dans la gare de 1h à 15h.

VI.6. Conclusion :

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés par l'effet de l'isolation thermique des lamelles et la paroi extérieure par la ouate de cellulose sur le confort thermique à l'intérieur de notre projet. D'après la simulation et l'interprétation des résultats obtenus des deux cas, le cas initial sans isolation, et le cas amélioré avec l'isolation, en été (21 juillet) et en hiver (21 février) on a observé qu'il y a une amélioration sur le confort thermique (5c° en été, 7 à 8c° en hiver).

Après cette simulation on a conclu l'importance de l'isolation thermique par le système des lamelles et par la ouate de cellulose dans le climat aride de la ville de Laghouat pour minimiser les déperditions thermiques.

Une amélioration de 5c° (en été) dans plusieurs constructions à Laghouat a un impact économique et permet de réduire la consommation énergétique.

Conclusion

générale

Conclusion générale :

L'architecture biomimétique est une démarche qui cherche des solutions pour la durabilité dans la nature, il donne une naissance à une architecture bioclimatique qui cherche la passivité du projet, et qui procure le confort et bien être aux utilisateurs prenant en considération l'équilibre entre la consommation énergétique et la préservation de l'environnement.

La dimension environnementale ne se limite pas à des technique et stratégies rajoutée au projet, mais la solution c'est de concevoir en harmonie avec les conditions climatiques de la région dès les premières étapes de la conception architecturale du projet. Elle commence par le choix du site jusqu'au le choix des matériaux de construction et les couleurs, en passant par l'implantation du projet, traitement du volume et façade, et l'organisation des espaces intérieur et extérieur.

L'objectif primaire de cette recherche c'est de contribuer au développement durable, par la conception d'une gare ferroviaire durable a la ville de Laghouat dans un climat aride, qui respecte l'environnement et qui sera un model vif de l'architecture durable à la ville.

Notre gare ferroviaire s'adapte avec le contexte climatique aride de la ville de Laghouat par sa forme compacte et fluide, l'orientation Nord-Ouest de la gare, l'intégration de l'atrium bioclimatique, l'isolation de l'enveloppe extérieure, l'utilisation de la végétation et la façade cinétique, la double toiture, la protection solaire, et le choix des couleurs clairs sur la façade.

La simulation par plug-ins ladybug et honeybee for grasshopper (rhinocéros) nous permet de vérifier le niveau de confort thermique à l'intérieur de la gare ferroviaire après la façade cinétique et l'isolation de l'enveloppe extérieur par la ouate de cellulose.

Ces techniques que nous avons utilisées dans notre projet nous a permis de réduire la température intérieure en été, et d'augmenter la température intérieure en hiver.

Enfin pour conclure, nous espérons que ce modeste travail participera au développement de l'architecture dans le secteur du transport (les gares ferroviaires), et à l'amélioration de la qualité des espaces intérieur. Et aussi être un pas vers une architecture durable à la ville de Laghouat.

Bibliographie

Bibliographie

Ouvrage :

- Ange Brayer et Frédéric Migayrou, Naturaliser l'architecture, Frac Centre, 2013.
- Atsushi Tero et al., Physarum solver : a biologically inspired method of road-network navigation, Elsevier Science, 2005.
- Biomimicry Guild, Innovation Inspired by Nature Work Book, Biomimicry Guild, 2007.
- Charatered institution of building service engineers.,1994"code for interior light",London
- Cour de stabilité : les construction mixte dans les bâtiments
- Dictionnaire la rousse ,2019
- Document Biomimétisme : quand la nature inspire l'architecture, Nicolas.
- Estelle Cruz, World Tour of Biomimicry : Research project in architecture and civil engineering, 2016.
- Givoni B, l'homme l'architecture et le climat, Le Moniteur Paris ,1978
- Gunther Feuerstein, Biomorphic Architecture- Human and Animal Forms in Architecture, Stuttgart, Edition Axel Menges, 2002.
- Iceb.,2012
- Journal officiel de la republique algerienne N° 61 21 octobre 2010, 13 dhou el kaada 1431. Décret exécutif nA 10-294.
- La station météorologique de lagouat 2018
- Les materiaux de construction innovants.ecotra.be
- Liébard, A. Et De Herde, A, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique,Le moniteur, 2005

Article scientifiques :

- Amaresh Chakrabarti et al. (coord.), A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas, Artificial intelligence for engineering design, analysis and manufacturing, USA, Cambridge University Press, 2005, 19,.
- The influence of the atrium geometry on the building energy performance,energy and buildings,volume 57 , February 2013

thèses et mémoire :

- Benhouhou Med Naim, Mémoire de magister, l'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger ,2012.
- Mokadem,Mahmoud , mémoire de magistère .,2012.odele de conception de la fenêtre dans l'espace bureau faces aux facteurs soleil et vent en zones arides : cas de la ville de laghouat (mémoire de magister en architecture).université Amar Teledji Laghouat.
- Saddok Amel, Mémoire de magister, Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies, université de Mouloud Mammeri de tizi-ouzou ,20016, page 75.

Sites d'internet :

- www.archiex.fr
- www.amush.org
- www.archdaily.com
- www.abcclim.net
- www.appersolaire.org
- www.c-sgroup.eu
- www.cyberarchi.com
- www.eco-montreal.com
- www.fao.org
- www.googleimage.com
- www.googleearth.com
- www.ies-geneve.ch
- www.ipining.com
- www.lameilleureisolation.com
- www.mediachie.org
- www.pinterest.com
- www.tellierbrisesoleil.com
- www.teteamodeler.com
- www.wattneed.com
- www.wattneed.com

Annexe

Vues 3D :



