

Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département d'architecture



## **MEMOIRE MASTER EN ARCHITECTURE**

Option : Architecture, environnement et technologies

Thème :

**Etude bioclimatique d'un équipement tertiaire en ALGERIE**

**Cas d'étude : Gare multimodale de TIZI OUZOU**

**Présenté par :**

LOUNIS Lynda

**Encadré par :**

Mr CHABI Mohammed

Session décembre 2021

## REMERCIEMENTS :

*Tout d'abord j'adresse mes remerciements à mon encadreur Mr. CHABI Mohammed pour sa patience, ses conseils et ses orientations lors de ce travail.*

*Puis je remercie toute ma famille ; mes chères parents, mes frères, mes sœurs, mes beaux-frères, ma belle-sœur, mon mari , ma belle-famille ainsi que mes neveux et ma princesse INES qui m'ont tous soutenue pour accomplir ce modeste travail.*

## Résumé

Le but de ce travail est de démontrer la possibilité d'améliorer la qualité environnementale d'un bâtiment tertiaire, comme la gare multimodale de TIZI –OUUZOU et cela à travers une étude bioclimatique effectuée à l'aide du logiciel d'analyse CT-BAT établi par l'APRUE (L'Agence nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie en Algérie) qui nous a permis de vérifier sa conformité au DTR C3.2 ET C3.4 , et de proposer des solutions envisageables pour remédier aux lacunes constatées après l'analyse . Cette étude vise l'intégration de l'architecture bioclimatique dans la conception de nos infrastructures pour une meilleure qualité environnementale.

## Sommaire

Liste des figures.....	1
Listes des tableaux.....	4

### **CHAPITRE INTRODUCTIF**

1-Introduction .....	5
2-Problématique .....	8
3-Hypothèses.....	8
4- Objectifs .....	9

### **CHAPITRE I : Notions sur l'architecture bioclimatique**

1-Achitecture bioclimatique	
1.1-Définition .....	11
1.2-Historique .....	12
1.3-Principes de base .....	13

2-Confort thermique	
2.1- Définition.....	16
2.2-Paramètres influent sur le confort thermique .....	17
2.3-Outils d'évaluation du confort thermique.....	19

## CHAPITRE II: Efficacité énergétique des bâtiments

1-Efficacité énergétique	
1.1-Définition .....	25
1.2- Objectifs .....	25
1.3-Solutions pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments.	26
1.4- Outils numériques d'analyse énergétique et environnementale bâtiment .....	29
2-Exemples de bâtiments bioclimatiques	
2.1-La gare de Bellegarde-sur-Valserine, (France).....	32
2.2-Gare éco-durable, Nîmes pont-du-gard (France).....	42

## Chapitre III :Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI

1-Choix du cas .....	58
2-Situation .....	58
3-Analyse fonctionnelle	
3.1- Description de la gare .....	60
3.2- Accessibilité.....	61
3.3-Composition spatiale de la gare .....	62
4-Analyse bioclimatique :	

4.1- Caractéristiques climatiques de la ville de TIZI OUZOU .....	<b>67</b>
4.2- Analyse de la gare via l'application CT-BAT.....	<b>71</b>
4.3 - Interprétation des résultats des calculs thermiques de l'application CT-BAT .....	<b>80</b>
4.4-Recommendations et conclusion.....	<b>82</b>
Bibliographie .....	<b>88</b>
Plans joints	

## **LISTES DES FIGURES**

Figure I.1 : Piliers de l'architecture bioclimatique .....	11
Figure I.2 : Habitat troglodyte Kandova en IRAN .....	12
Figure I.3 : Architecture vernaculaire : ville de Shiban –YEMEN .....	12
Figure I.4 : Rayonnement solaire et confort à l'intérieur des pièces .....	13
Figure I.5 : Vent et tirage thermique .....	14
Figure I.6 : Exemple d'un système de récupération des eaux pluviales .....	15
Figure I.7 : Confort thermique dans une habitation .....	16
Figure I.8 : Echanges thermiques entre l'homme et son environnement.....	17
Figure I.9 : Indice PPD en fonction du PMV .....	20
Figure I.10 : Diagramme bioclimatique d'OLGAY .....	21
Figure I.11 : Diagramme bioclimatique de GIVONI .....	22
Figure I.12 : Table de MAHONEY .....	23
Figure II.1 : Echelle de consommation d'énergie pour les logements .....	25
Figure II.2 : Déperditions thermiques .....	26
Figure II.3 : Isolation thermique par l'extérieur .....	27
Figure II.4 : Isolation thermique par l'intérieur .....	27
Figure II.5 : Isolation thermique répartie .....	27
Figure II.6 : Les grands principes de l'autoconsommation photovoltaïque .....	29
Figure II.7 : Aperçu de l'interface d'AUTODESK ECOTECH ANALYSIS .....	30
Figure II.8 : Aperçu de l'interface de REVIT MEP .....	31
Figure II.9 : Aperçu de l'interface CT-BAT .....	32
Figure II.10 : La gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	33
Figure II.11 : Situation de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE.....	33
Figure II.12 : Plan de masse de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE.....	34
Figure II.13 : La gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	34
Figure II.14 : La gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	35
Figure II.15 : Parking de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	35
Figure II.16 : Gare routière de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	36
Figure II.17 : Zone de dépose de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	36

Figure II.18 : TER de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	36
Figure II.19 : Intérieur de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	37
Figure II.20 : Coupole de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	38
Figure II.21 : Piscine de Pékin .....	39
Figure II.22 : Couverture de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	39
Figure II.23 : Plan de masse de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	40
Figure II.24 : Façade de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE .....	40
Figure II.25 : Système de fonctionnement des dispositifs bioclimatiques en été .....	41
Figure II.26 : Système de fonctionnement des dispositifs bioclimatiques en hiver .....	42
Figure II.27 : Gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	43
Figure II.28 : Situation de la gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	43
Figure II.29 : Gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	44
Figure II.30 : Plan de masse de la gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	45
Figure II.31 : Intérieur du bâtiment voyageur (boutiques) .....	46
Figure II.32 : Intérieur du bâtiment voyageur (hall) .....	46
Figure II.33 : Vue sur la station de vélo .....	47
Figure II.34 : Vue sur les lignes TER et TGV .....	47
Figure II.35 : Vue sur les abris bus .....	48
Figure II.36 : Vue sur le parking .....	48
Figure II.37 : Environnement de la gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	49
Figure II.38 : Parvis de la gare de NIMES PONT-DU-GARD .....	50
Figure II.39 : Bâtiment du mas lARRIER .....	50
Figure II.40 : Façade principale avec brise soleil et la toiture ombrière .....	51
Figure II.41 : Coupe sur le bassin de rétention .....	52
Figure II.42 : Poteaux en Lamellé collé .....	53
Figure II.43 : Revêtement de la façade en béton composé d'agrégats locaux .....	53
Figure II.44 : Abri des quais .....	54
Figure II.45 : Bambou .....	54
Figure II.46 : Panneaux solaire .....	55
Figure II.47 : Hall de la gare .....	56

Figure III.1 : Gare multimodale de TIZI OUZOU .....	58
Figure III.2 : Plan de situation .....	59
Figure III.3 : Plan de masse .....	60
Figure III.4 : Entée Ouest .....	61
Figure III.5 : Sortie Est .....	61
Figure III.6 : Station de téléphérique .....	62
Figure III.7 : Quai du train .....	62
Figure III.8 : Bâtiment voyageur .....	63
Figure III.9 : Schéma de répartition des espaces dans le bâtiment voyageur .....	64
Figure III.10 : Hall d'attente .....	64
Figure III.11 : Billetterie .....	65
Figure III.12 : Cafétéria .....	65
Figure III.13 : Kiosques commerciales .....	65
Figure III.14 : Histogramme de la pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle de la région de Tizi-Ouzou (1990 à 2008).- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	68
Figure III.15 : Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	69
Figure III.16 : Histogramme des variations de l'humidité relative mensuelle dans la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	70
Figure III.17 : Histogramme de la durée moyenne mensuelle d'insolation, station de Boukhalfa, durant la période 1990-2009-Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU.....	70
Figure III.18 : Plan schématique du rez de chaussée .....	71
Figure III.19 : Plan schématique du sous-sol.....	72
Figure III.20 : Coupe schématique .....	72
Figure III.21 : Volumétrie du projet – vue de haut .....	73
Figure III.22 : Volumétrie du projet – façade Nord .....	73
Figure III.23 : Volumétrie du projet – façade Sud .....	73
Figure III.24 : Volumétrie du projet – façade Ouest .....	74
Figure III.25 : Volumétrie du projet – façade Est .....	74
Figure III.26 : Volumétrie du projet – mur sous-sol coté Nord.....	74
Figure III.27 : Volumétrie du projet – mur sous-sol côté Sud.....	75
Figure III.28 : Interface de l'application CT-BAT, description du projet.....	75

Figure III.29 : Interface de l'application CT-BAT, création d'une enveloppe.....	76
Figure III.30 : Interface de l'application CT-BAT, création d'une enveloppe .....	76
Figure III.31 : Interface de l'application CT-BAT, éditeur des matériaux .....	77
Figure III.32 : Interface de l'application CT-BAT, création des parois .....	77
Figure III.33 : Interface de l'application CT-BAT, création des parois .....	78
Figure III.34 : Interface de l'application CT-BAT, mode de chauffage .....	78
Figure III.35 : Interface de l'application CT-BAT, mode de climatisation .....	79
Figure III.36 : Interface de l'application CT-BAT, mode d'aération .....	79
Figure III.37 : Interface de l'application CT-BAT, calcul de conformité .....	80
Figure III.38 : Alucubond façade Nord .....	80
Figure III.39 : Composition du mur extérieur .....	81
Figure III.40 : Interface de l'application CT-BAT, caractéristiques du double vitrage .....	81
Figure III.41 : Interface de l'application CT-BAT, calcul de conformité .....	82
Figure III.42 : Lame d'air .....	82
Figure III.43 : Tableau de propriétés physiques .....	83
Figure III.44 : Interface de l'application CT-BAT, mur isolé avec la laine de verre .....	83
Figure III.45 : Interface de l'application CT-BAT, mur isolé sans la laine de verre .....	83
Figure III.46 : Laine de roche .....	84
Figure III.47 : Tableau de propriétés physiques .....	84
Figure III.48 : Interface de l'application CT-BAT, plancher avec la laine de roche .....	84
Figure III.49 : Interface de l'application CT-BAT, plancher sans la laine de roche .....	85
Figure III.50 : Interface de l'application CT-BAT, toiture isolé avec la laine de roche .....	85
Figure III.51 : Interface de l'application CT-BAT, toiture isolé sans la laine de roche .....	85
Figure III.52 : Interface de l'application CT-BAT, vérification après modification .....	86
Figure III.53 : Interface de l'application CT-BAT, dimensionnement avant modification .....	86
Figure III.54 : Interface de l'application CT-BAT, dimensionnement après modification .....	87

#### LISTES DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques .....	19
Tableau III.1 : Variation des températures moyennes minimales et maximales pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008- Source : Station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou .....	67

Tableau III.2 : Répartition de la pluviométrie saisonnière durant la période entre 1990 et 2008 - Source : Station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou .....	67
Tableau III.3 : Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	68
Tableau III.4 : Vitesse moyenne et direction des vents dominants pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	69
Tableau III.5 : Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée entre 1990 et 2006-Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU .....	70

# CHAPITRE INTRODUCTIF:

# CHAPITRE INTRODUCTIF

## 1-Introduction :

Chaque année on constate la détérioration de notre planète, la biodiversité s'effondre, les écosystèmes disparaissent sous nos yeux, les déserts gagnent du terrain, les zones humides sont en train de disparaître, la perte de millions d'hectare de forêt, pollution des océans, multiplication des catastrophes météo, fonte des glaces...

Les derniers rapports publiés par l'organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement montrent que nous frôlons la catastrophe climatique.

*« Nous faisons face à une pandémie dévastatrice, le réchauffement planétaire atteint de nouveaux sommets, la dégradation de l'environnement n'a jamais été pire et nous accusons de nouveaux reculs sur la voie des objectifs mondiaux qui pourraient rendre possible un développement plus équitable, plus inclusif et plus durable. Pour dire les choses simplement, la planète est dans un piètre état »<sup>1</sup>*

Selon des experts climat de l'ONU (Giec)<sup>2</sup>; le réchauffement climatique s'accélère et risque de faire augmenter la température planétaire de +1,5°C dix ans plus tôt qu'attendu, en 2030.

Cette année, en 209 jours, soit 6 mois et 28 jours, l'humanité a dépensé l'ensemble des ressources que la Terre peut régénérer en un an.

Cette date fatidique, qui tombe cette année le 29 juillet, est appelée « **jour du dépassement de la Terre** »

Ces conséquences sur la terre et les dérèglements climatiques sont le résultat dévastateur des activités humaines dans le monde, ce qui nous met face au défi de repenser notre façon de vivre, de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre pour limiter les dégâts.

*« Nous savons ce qu'il faut faire pour limiter le réchauffement de la planète : reléguer aux oubliettes le charbon et passer à des sources d'énergie renouvelables, protéger la nature et financer le climat »<sup>3</sup>*

Aujourd'hui, pour répondre le plus efficacement possible aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures, la transition vers le développement durable est nécessaire pour vivre dans un monde plus équitable et préserver notre planète et ses ressources naturelles. Ce mode de vie plus respectueux de l'environnement et des êtres humains est au cœur des réflexions dans tous les domaines.

Le secteur du bâtiment est le plus concerné par ce dernier sachant qu'il représente une bonne part de la consommation énergétique mondiale, selon les données statistiques de l'ADEME<sup>4</sup>, il consomme jusqu'à 40 % de toute l'énergie et contribue jusqu'à 30 % des émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre.

---

<sup>1</sup> António Guterres (Secrétaire général de l'ONU) extrait de l'allocution à l'Université de Columbia : "L'état de la planète" publié sur le site des nations unies [www.un.org](http://www.un.org) le 02-12-2020

<sup>2</sup> Giec : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

<sup>3</sup> Boris Johnson (Premier ministre britannique Boris Johnson) (2021) Réaction publié dans un communiqué du gouvernement britannique sur le "rythme alarmant" auquel "l'activité humaine endommage la planète et cité dans un article publié le 09 août 2021 sur [www.europe1.fr](http://www.europe1.fr)

<sup>4</sup> Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

## **CHAPITRE INTRODUCTIF**

En effet un bâtiment durant son cycle de vie à savoir du début de sa construction à son exploitation demande de l'énergie, du matériel et des ressources, et l'impact sur l'environnement est important : épuisement des ressources, atteintes à la biodiversité dues aux rejets toxiques, émissions des gaz à effet de serre ...

Etant le premier consommateur d'énergie, le secteur doit s'inscrire dans une démarche de **développement durable et d'efficacité énergétique**.

Et vue la croissance massive des nouvelles constructions il est primordial d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, et cela par la construction de maisons passives, de bâtiments à énergie positive, établissement des diagnostics de performance énergétiques ou encore des bilans carbone dans les nouvelles constructions et dans la réhabilitation des anciennes.

On doit intégrer progressivement dans ces constructions les critères de **Haute Qualité Environnementale et les principes de l'architecture bioclimatique** qui adaptent les projets selon le lieu d'implantation et utilisent le potentiel local comme le (climat, matériaux...) en s'appuyant sur l'innovation des technologies visant à réduire la consommation énergétiques des bâtiments sans créer de pression sur les ressources environnementales, dans le but de minimiser son impact environnemental.

L'Algérie s'est engagée dans la lutte contre la dégradation de l'environnement, en participant aux différents sommets mondiaux sur le climat, tout en poursuivant les efforts visant à consolider son rôle dans ce domaine à travers de multiples initiatives notamment ;

- La signature et la ratification de plusieurs accords et traités,
- Le lancement en 2002 du plan d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD), qui vise à améliorer la santé et la qualité de vie du citoyen, conserver le capital naturel et améliorer sa productivité, réduire les pertes économiques et améliorer la compétitivité et aussi protéger l'environnement global.
- Plan national climat (PNC) pour la période 2020-2030 qui a été validé par le conseil de gouvernement en septembre 2019, ce plan en question prévoit 155 opérations et activités visant à s'adapter aux effets des changements climatiques et à les limiter pour la prochaine décennie, notamment à travers la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'intégration de la dimension Climat au sein des différentes politiques publiques de développement.

Le secteur du bâtiment qui est l'un des secteurs les plus dynamiques dans le pays et aussi le plus concerné par ces initiatives, car avec le rythme élevé de croissance de la population et de l'urbanisation, la demande de logements et autres infrastructures urbaines augmente considérablement ce qui pousse les responsables à s'appuyer sur des solutions rapides et peu coûteuses, par conséquent on se retrouve avec des habitations et équipements non adéquats avec le climat, non intégrés à leurs environnements, énergivores et sans aucun confort thermique.

Afin de remédier à cette situation le gouvernement a mis en place :

- Le programme **ECO BAT** qui porte sur la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique. Ces derniers intégreront les principes de confort thermique et d'économie d'énergie dans la conception architecturale, le choix des matériaux de construction ainsi que dans les détails de mise en œuvre.

## **CHAPITRE INTRODUCTIF**

### **2-Problématiques :**

Malheureusement la majorité des initiatives citées restent au stade de projet et actuellement on prévoit un accroissement exponentiel de la consommation énergétique et l'épuisement des énergies fossiles dans le pays ,face à cette crise environnementale, l'Algérie malgré les différents initiatives précédemment citées et qui demeurent insuffisantes ; doit effectuer un tournant dans ses reformes et stratégie de gestion de cette dernière ,pour s'engager dans une nouvelle ère durable et écologique en se basant sur les atouts , avantages et richesses naturelles dont est doté le pays notamment grâce à sa situation qui lui confère un formidable potentiel solaire et éolien non exploité ; contrairement au Maroc un pays limitrophe qui a réussi à devenir un géant de l'énergie solaire à l'échelle mondiale<sup>5</sup> en tirant profit de ses atouts grâce à des stratégies ingénieuses et un grand investissement dans le domaine.

Un exemple inspirant pour développer nos énergies renouvelables et l'intégration de notions de développement durable dans les différents secteurs mais plus précisément dans le bâtiment qui constitue le point départ du changement afin de préserver nos ressources et développer une méthode de conception, permettant l'intégration harmonieuse des bâtiments aux différentes conditions climatiques des régions, tout en assurant leur performance énergétique et leur confort thermique , plus précisément les bâtiments tertiaires qui constituent des points forts dans nos villes et qui reçoivent un grand public quotidiennement et dont la qualité architecturale et environnementale est à améliorer.

Cela nous conduit à la problématique suivante:

**Comment améliorer la qualité architecturale et environnementale de nos bâtiments tertiaires, réduire leur consommation énergétique tout en préservant l'environnement ?**

Et parmi les bâtiments tertiaires, on s'oriente dans ce travail vers les bâtiments de transport : les gares qui constituent un équipement important dans la ville , de par son rôle dans la gestion du flux de la ville , et notre choix du cas d'étude s'est porté sur la gare de TIZI OUZOU , cela nous conduit à la problématique suivante :

**La gare multimodale de TIZI OUZOU répond-elle aux exigences fonctionnelles et environnementales ? Et comment améliorer la qualité de cet équipement ?**

### **3-Hypothèses :**

L'application des principes de **l'architecture bioclimatique** est une réponse à cette problématique, ils permettent de concevoir des bâtiments performants en termes de confort, d'efficacité énergétique et environnementale. Notamment par :

- L'intégration au territoire.
- La valorisation des éléments naturels (climat, topographie)
- Utilisation des matériaux locaux
- Etude de la forme adéquate du bâtiment

---

<sup>5</sup> Article «le MAROC futur géant de l'énergie solaire ? » paru le 26 fevrier 2019 sur le site de [www.bouygues-construction.com](http://www.bouygues-construction.com)

## **CHAPITRE INTRODUCTIF**

### **4-Objectifs :**

Les objectifs de cette étude sont :

- Améliorer la qualité environnementale de nos infrastructures nouvelles et anciennes.
- Réduire la consommation énergétique par l'utilisation des énergies passives et le potentiel de notre climat (solaire, éolienne..).
- Assurer le confort thermique grâce au choix des matériaux adéquat pour une bonne isolation thermique.
- Concevoir des bâtiments durables et harmonieux avec notre environnement.

CHAPITRE I :  
NOTIONS SUR L'ARCHITECTURE  
BIOCLIMATIQUE

# I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

## **1-ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE :**

Le respect de l'environnement impose à l'être humain de réduire la pression qu'il y exerce, et donc de limiter au strict minimum sa consommation en ressources en changeant son mode de vie dans tous les domaines particulièrement dans la construction en se tournant vers des démarches respectueuses de l'environnement.

L'architecture bioclimatique, plutôt que de considérer l'environnement comme étant hostile au confort de l'être humain, le considère comme la source fragile de son confort, à préserver pour les générations futures.

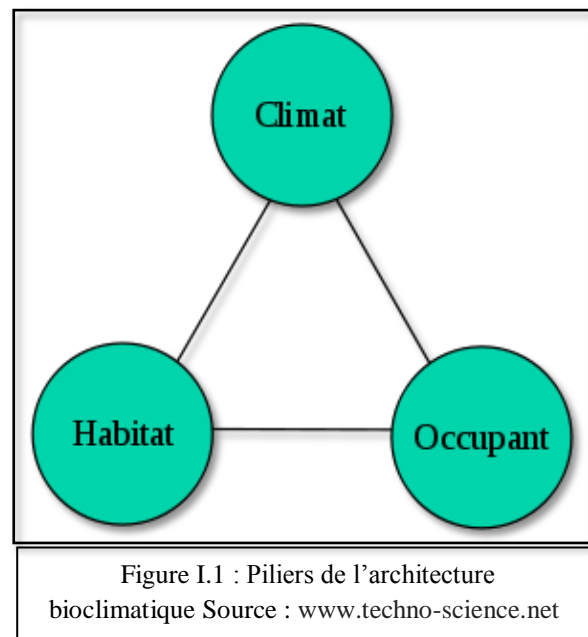
« *Travailler l'architecture avec le climat, et non pas contre le climat* »<sup>1</sup>

### **1.1-Définition :**

L'architecture bioclimatique est une discipline qui accorde une place prépondérante aux conditions du site et de l'environnement comme le climat, le microclimat, la géographie et la géomorphologie. Une étude approfondie du site et de son environnement permet ainsi d'adapter l'architecture aux caractéristiques et particularités propres au lieu d'implantation ainsi les bénéfices de l'environnement local sont maximisés et leurs inconvénients minimisés.<sup>2</sup>

Cette discipline concerne tous les types de bâtiments, habitat, tertiaire et industriel. Elle a pour objectif d'améliorer le confort qu'un espace bâti peut induire de manière naturelle afin de réduire au minimum les besoins énergétiques du cycle de vie d'un bâtiment (construction, exploitation, rénovation, déconstruction) sans créer de pression sur les ressources environnementales, en tirant le meilleur parti du rayonnement solaire, de l'inertie thermique des matériaux et du sol et de la circulation naturelle de l'air tout en prenant en compte le comportement des occupants.

Sauf qu'elle ne se résume pas à la juxtaposition de techniques pour satisfaire les exigences réglementaires mais consiste à effectuer judicieusement certains choix durant la conception pour arriver à cet objectif tels que l'utilisation de matériaux adaptés, l'orientation du bâtiment, l'emplacement des ouvertures, la forme du bâti etc.



<sup>1</sup> Olivier BRANBANT (architecte français) (2016) extrait d'un reportage « Alternatiba Pei – La conception bioclimatique adaptée au milieu tropical » publié le 20 février 2016 sur la plateforme Youtube .

<sup>2</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture\\_bioclimatique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_bioclimatique) , page consultée le 27/10/2021

## 1.2. Historique :

Considérée comme étant une discipline récente , l'architecture bioclimatique est en fait une continuité et développement des anciennes architectures telles que les habitations troglodytes ou vernaculaires, des constructions de cette époque sont défendues par plusieurs architectes, thermiciens et chercheurs pour leur valeur notamment en terme de critères thermiques et considération climatique, ce type de bâti naît du sol et des ressources de la région où il se développe et sa conception prend en compte l'ensemble des contraintes locales.

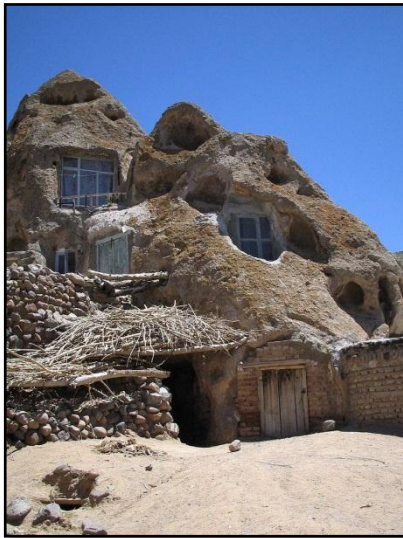


Figure I.2 :Habitat troglodyte Kandova en IRAN - Source : [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)



Figure I.3 : Architecture vernaculaire : ville de Shibam YEMEN -Source : [www.nomadeis.com](http://www.nomadeis.com)

En effet l'homme a de tout temps conçu ses habitations en faisant référence à divers facteurs ; volonté de se protéger des contraintes climatiques, utilisation de matériaux locaux, recours à des systèmes ingénieux pour améliorer le confort de leurs habitat etc. En résumé c'est une architecture conçue en harmonie avec son environnement, en rapport avec l'aire géographique qui lui est propre, son terroir et ses habitants, ces même principes sont repris dans l'approche bioclimatique, un retour évidant dans des pays confrontés à un manque de moyens et à un problème d'accès à l'énergie ne leur permettant pas de disposer autrement de logements confortables.

Et c'est en réaction aux chocs pétroliers des années 1973 et 1979 <sup>3</sup>, que l'architecture bioclimatique émerge et se popularise. La prise en compte de l'environnement et de l'épuisement des ressources a nécessité un regard neuf par apport au secteur de construction, d'autant plus que l'inflation des prix du pétrole exigeaient de nouvelles alternatives économiquement viables. Sachant que le secteur du bâtiment est un grand consommateur d'énergie à l'échelle mondiale, de nombreuses expérimentations ont été mises en œuvre pour proposer des solutions innovantes dans l'économie et la gestion des ressources.

<sup>3</sup> Adrien Roux-Delagarde : Naissance et évolution du Bioclimatique à l'ENSA de Toulouse (1974-1990), Mémoire de Master – Initiation à la recherche (2017-2018) ,p 06

## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

Ainsi, l'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de concepts passifs permettant de minimiser le recours à la consommation énergétique (notamment pour la climatisation dans les pays chauds) et l'impact sur l'environnement sans négliger le bien-être de l'occupant.

### 1.3-Principes de base :

L'architecture bioclimatique s'inscrit dans une démarche de respect de la biosphère. C'est une pratique écologique qui utilise les matériaux et les systèmes les plus simples possible pour apporter à l'édifice tout le confort moderne : chauffage, ventilation, évacuation des eaux, etc, et pour concrétiser les objectifs de cette démarche, des principes de bases de s'impose au projet à travers toute son cycle de vie c'est à dire de la conception à l'exploitation, à savoir:

- L'intégration au site , avec de préférence une implantation qui limite les déplacements de son utilisateur dans le but de réduire l'impact de celui-ci sur l'environnement.
- Choix des matériaux en privilégiant les matériaux locaux à faible empreinte écologique et forte inertie thermique
- Pour limiter l'impact sur l'environnement durant la mise en œuvre, il est préférable d'utiliser des moyens de constructions simples et naturels moins néfaste que les techniques classiques de construction
- Assurer le confort des utilisateurs avec de bonnes conditions thermiques et hygrométriques à l'intérieur de l'édifice (L'apport en lumière, l'absence d'odeurs des matériaux, la facilité d'entretien, l'aspect visuel et la qualité de l'air)
- La réduction des dépenses énergétiques en visant un niveau de consommation passif afin de rendre l'édifice indépendant des sources d'énergie non-renouvelables nuisibles à l'environnement.

Ces principes permettent d'optimiser le confort des occupants tout en préservant le cadre naturel de la construction, et pour arriver à ces objectifs notamment dans la consommation énergétique il est essentiel de gérer certains éléments.

#### ➤ **Gestion de l'énergie solaire**

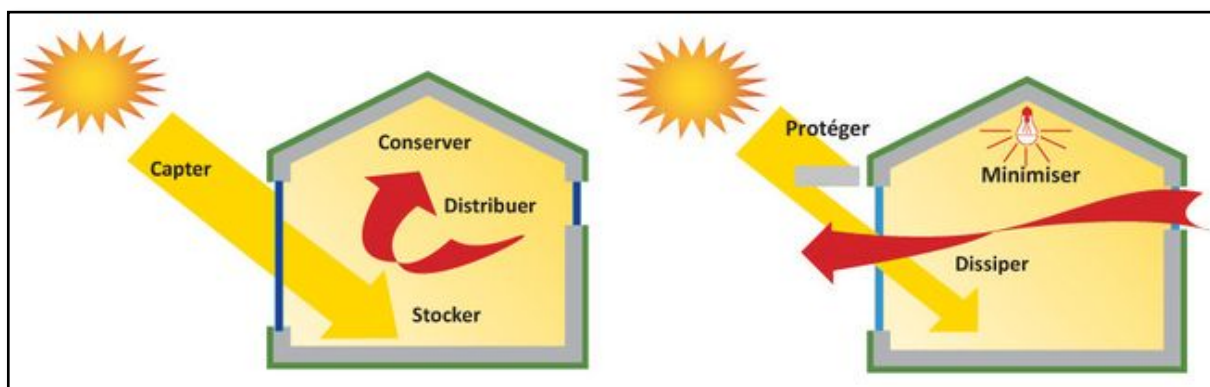


Figure I.4 : Rayonnement solaire et confort à l'intérieur des pièces

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

## I-CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

La bonne gestion des apports solaires est l'un des facteurs clé de la démarche de sobriété énergétique des constructions bioclimatiques. En effet, l'édifice doit tirer profit au maximum des apports solaires durant les saisons froides afin de limiter ses besoins en énergies fossiles pour se chauffer. Toutefois, il doit également limiter les effets de la chaleur du soleil en saison chaude afin d'éviter d'avoir à climatiser le bâtiment. Cette gestion s'appuie sur trois axes :

- **Capter / se protéger de la chaleur :**

L'axe de rotation incliné de la terre a des conséquences sur le trajet de celle-ci autour du soleil. En Prenant l'exemple de L'hémisphère Nord ; on constate donc la course du soleil qui s'effectue du Sud-est au Sud-ouest durant l'hiver et du Nord-est au Nord-ouest pendant l'été.

Pour tirer profit de ces changements naturels, une construction solaire passive devra posséder ses plus grandes ouvertures et surfaces vitrées au Sud pour favoriser l'apport de lumière. Ainsi, durant toute la saison hivernale, l'énergie solaire est captée et vient chauffer la maison par effet de serre sur les surfaces vitrées.

Tandis qu'en saison estivale, on favorise les ouvertures au Nord, à l'Est et à l'Ouest ces dernières peuvent être équipées d'un dispositif bloquant le rayonnement solaire direct afin de limiter la diffusion de chaleur par ces surfaces vitrées tels que ,les brise soleil , la végétation .

- **Transformer, diffuser la chaleur**

Une fois le rayonnement solaire capté par les surfaces vitrées d'une habitation , celle-ci doit pouvoir être transformée et diffusée de façon efficace dans un bâtiment bioclimatique qui est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via un système de ventilation.

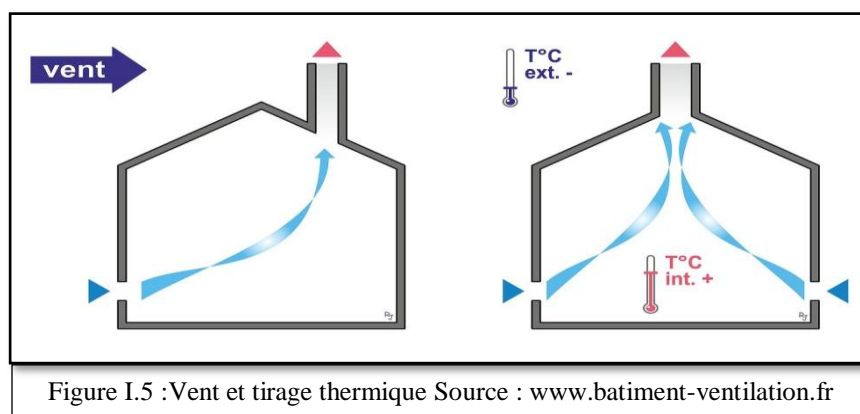
- **Conserver la chaleur ou la fraîcheur**

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

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

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

➤ **Gestion de l'air**



## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

L'air intérieur d'un bâtiment doit être systématiquement renouvelé afin d'assurer une bonne qualité d'air à ses utilisateurs et une répartition homogène de la température. Si dans les bâtiments classiques, la gestion de l'air est assurée par un système de ventilation mécanique fonctionnant à l'énergie électrique, une gestion plus naturelle est préférée dans les bâtiments conçus de façon bioclimatique. Cet aménagement demande une certaine logique de conception afin de ne pas avoir à contrôler le système de ventilation naturelle par la suite. L'autonomie de l'édifice peut alors être conservée.

Les solutions les plus simples consistent à mettre en place un système de ventilation par mouvement d'air traversant ou par appel d'air. Pour appliquer de telles réponses écologiques, il suffit de créer un nombre important d'entrées d'air opposées dans l'habitation. Il faudra penser à regrouper les pièces qui produisent des pollutions aériennes et à ne pas placer les entrées d'air à proximité des sources de pollutions extérieures. Le renouvellement de l'air sera alors efficace et totalement naturel, sans avoir besoin de recourir à un système de VMC électrique.

### ➤ Gestion de l'eau

De nombreuses constructions bioclimatiques sont équipées d'un système de récupération des eaux de pluie afin de bénéficier d'un circuit d'eau naturel pour l'alimentation des WC, des appareils électroménagers, des tuyaux d'arrosage, etc. Toutefois, l'alimentation en eau par le réseau municipal est obligatoire afin de disposer d'une eau potable pour l'utilisation courante.

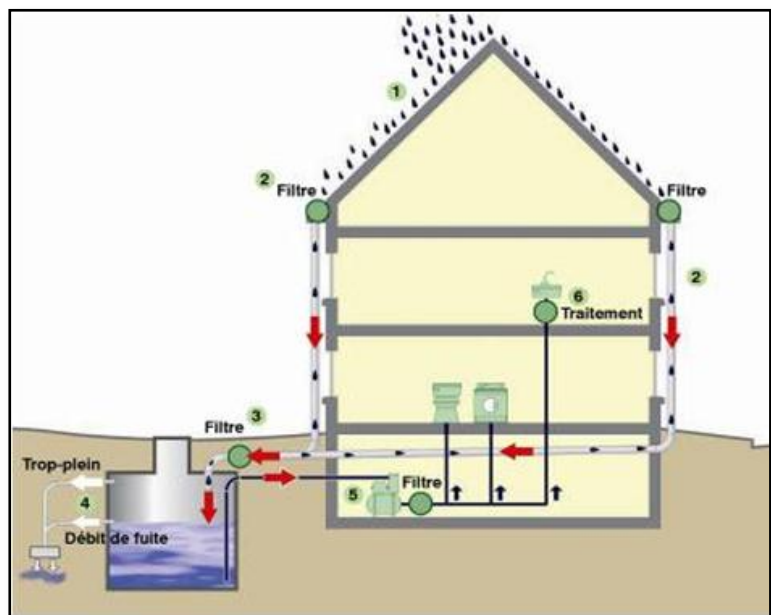


Figure I.6 : Exemple d'un système de récupération des eaux pluviales - Source : [www.guidebatimentdurable.brussels.fr](http://www.guidebatimentdurable.brussels.fr)

Les systèmes de récupération de l'eau de pluie sont conçus pour être enterrés afin d'éviter le gel durant la période hivernale.

Le chauffage de l'eau sanitaire pourra également être assuré par un chauffe-eau solaire.

L'objectif principal dans une conception bioclimatique est d'obtenir et optimiser le **confort thermique** de manière la plus naturelle possible, un composant important cette discipline dont la compréhension et la maîtrise est primordial pour la concrétisation des bâtiments bioclimatiques.

# I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

## 2-CONFORT THERMIQUE :

L'architecture cherche toujours à assurer les besoins physiques et intellectuels humains à travers la réalisation d'un environnement confortable.

Historiquement, l'homme a d'abord rechercher un endroit clos et couvert pour assurer sa sécurité face aux dangers extérieurs, puis une fois cet abri établi il a commencé à vouloir améliorer la qualité de ses conditions de vie, notamment l'ambiance thermique qui est l'un des aspects qui définissent la satisfaction d'un individu et exprimant ainsi le confort thermique.

### 2.1 Définition :

La définition du confort est vaste car cette notion dépend de plusieurs critères. La plupart de ces critères sont variables et difficiles à mesurer. Ils dépendent de la situation physique, physiologique et psychologique, ainsi que du temps, de la culture et de la personnalité de chacun.

Scientifiquement le confort thermique se définit comme un état de satisfaction du corps humain face à un environnement thermique, mais il est difficile d'évaluer et de définir exactement ce phénomène vu sa complexité et sa variété d'un individu à un autre selon plusieurs paramètres, on peut alors se référer à quelques définitions de certains auteurs pour éclaircir cette notion.

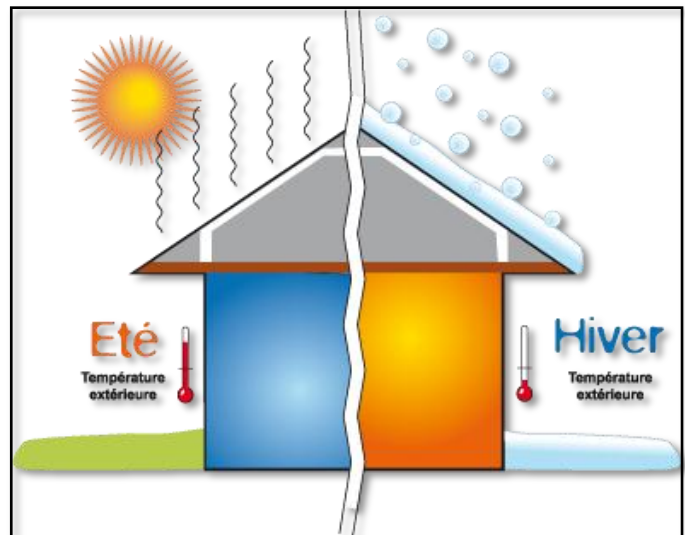


Figure I.7 : Confort thermique dans une habitation

Source : [www.renover-sans-se-tromper.com](http://www.renover-sans-se-tromper.com)

Ainsi dans son célèbre traité de l'architecture Vitruve évoque le confort dans le livre IV (Sur le choix d'un lieu qui soit sain) comme étant l'une des principales exigences et préoccupation de l'architecture en disant :

*« S'agit-il de construire une ville ? La première chose à faire est de choisir un endroit sain. Il doit être élevé, à l'abri des brouillards et du givre, situé sous la douce température d'un ciel pur, sans avoir à souffrir ni d'une trop grande chaleur ni d'un trop grand froid »<sup>4</sup>*

On constate que selon lui le confort se définit comme l'absence d'inconfort, c'est à dire que l'utilisateur est dans une ambiance confortable quand il ne souffre ni de grande chaleur ni d'un grand froid.

<sup>4</sup> L'architecture de Vitruve ,tome premier ,traduction nouvelle par M. Ch.-L. Maufra .Edition :C. L. F. Panckoucke, 1847, p53

## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

Quant à GIVONI l'un des spécialistes de l'architecture bioclimatique les plus reconnus au monde, parle du confort en mentionnant la capacité du corps humain d'assurer un équilibre thermique dont la température centrale et constante est au environ de 37 °c à travers son système de thermorégulation qui lui permet de régler les échanges de chaleur avec son environnement, de ce fait il considère que le confort thermique est atteint quand les conditions sous lesquelles des mécanismes autorégulateur du corps sont dans un état d'activité minimum .

### 2.2-Paramètres influent sur le confort thermique :

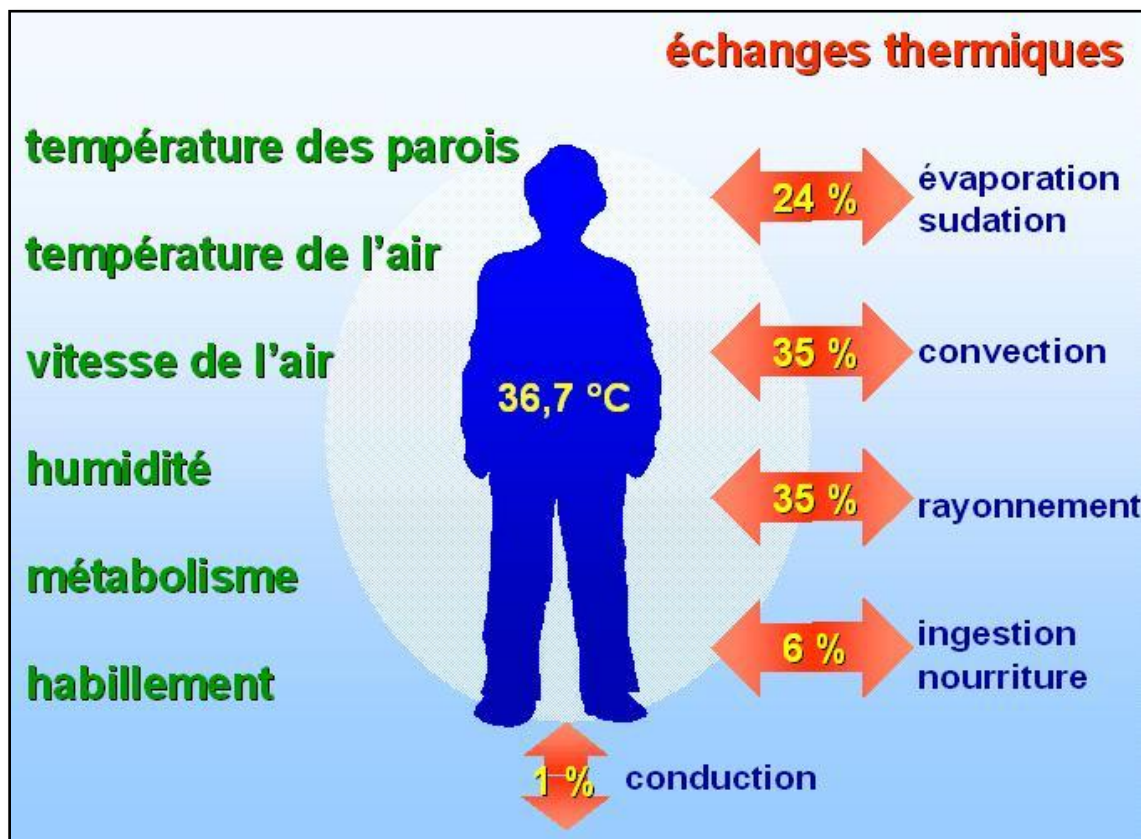


Figure I.8 : Echanges thermiques entre l'homme et son environnement - Source :Lié bard A. et De Herde, 2005

Le confort thermique est un phénomène complexe dont la maîtrise requiert la prise en compte de facteurs physiologiques, physiques et psychologiques.

Une situation de confort thermique est atteinte lorsque notre environnement nous procure une sensation de bien-être, c'est aussi le résultat de la maîtrise de plusieurs facteurs influents dont l'harmonisation conduit à cet équilibre thermique, d'où la nécessité de bien connaître ces différents facteurs :

#### ➤ **Température ambiante :**

Un critère déterminant dans le confort thermique, car il nous renvoie directement aux questions de chauffage et de climatisation, de maintien d'une température ambiante.

Pour obtenir un confort thermique satisfaisant, il faut paramétrer une température de consigne idéale qui est aux environs de 19 °c.

## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

### ➤ **Température des parois :**

C'est la température moyenne pondérée de toutes les surfaces exposées de la pièce, elle a une grande influence sur la température ressentie. La température des parois couplée à la température de l'air donne une idée sur le confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche ou température opérative),

### ➤ **Vitesse de l'air :**

Les mouvements d'air accentuent les échanges de chaleur par convection, à l'intérieur des bâtiments ces vitesses demeurent limitées et ne dépassent pas 0,20m, toute fois elle est responsable de l'apparition de gêne chez l'occupant, lié à la présence de courants d'air froids ou chauds.

Dans la zone où séjournent les personnes, la vitesse de l'air ne doit pas dépasser 0,4m/s.

### ➤ **Humidité relative (Hygrométrie)**

Par définition c'est :

« *Le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température* »<sup>5</sup>

Exprimée en pourcentage elle désigne la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la capacité maximale que ce dernier peut en contenir. Si l'hygrométrie est à 0 %, l'air est parfaitement sec : il ne contient pas d'eau. Si elle est à 100 % l'air est saturé en eau et toute quantité d'eau que l'on y ajouterait provoquera la formation de gouttelettes, de nuages, puis de précipitations.

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, il est recommandé que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 60 %

### ➤ **Habillement :**

C'est la quantité d'isolant ajouté au corps humain, elle constitue une deuxième barrière après la peau et représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

Dans la vie courante, le port de vêtements nous permet de maintenir une température cutanée relativement constante, autour de 30°C, lorsque la température ambiante n'est que de 18 à 20°C. En dehors de cette zone de neutralité thermique, le corps ne s'adapte pas complètement et la sensation de froid ou de chaud persiste.

L'habillement est un moyen de lutte contre les échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Il est considéré comme une résistance thermique permettant de limiter ces transferts de chaleur

### ➤ **Métabolisme :**

---

<sup>5</sup> De Herde André, Liébard Alain, Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Éditions du Moniteur, Paris, France, 2005. P : 16

## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

Il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 37 °C. En fonction du niveau de son activité physique l'occupant influence également sur le confort thermique.

Lorsqu'il a une activité physique soutenue, la température de consigne peut s'affaiblir de ce fait elle influe sur la perception d'un environnement chaud ou froid qui biensûre varie d'une personne à une autre selon notamment le poids, la taille, l'âge, le sexe.

### **2.3- Outils d'évaluation du confort thermique (indices de confort):**

*« L'évaluation du confort thermique dans les espaces est un paramètre capital dans toute conception architecturale »<sup>6</sup>*

Le confort thermique s'obtient à travers deux critères fondamentaux : équilibre de chaleur et absence de source locale d'inconfort (courants d'air, asymétrie d'un rayonnement thermique, température du sol ...).

Certains chercheurs ont développé des méthodes et outils impliquant des critères d'appréciation du degré de confort d'une ambiance interne donnée, ou ils ont recensé les principales causes d'inconfort et permis d'établir un certain nombre d'indices, nommés « indices de confort thermique ».

Parmi les méthodes les plus en vue on peut citer :

#### ➤ **Le PMV (Vote Moyen Prévisible)**

Il s'agit d'un indice développé par FANGER en laboratoire sous des conditions stables, c'est-à-dire sans que l'individu ne change ni de vêtements, ni d'activité physique, qui prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique allant

du plus chaud -3 au plus froid 3 comme l'indique le tableau I.1

<b>VALEURS DE L'INDICE PMV</b>	<b>+3</b>	<b>+2</b>	<b>+1</b>	<b>0</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-3</b>
<b>SENSATION THERMIQUE</b>	<b>Chaud</b>	<b>Tiède</b>	<b>Légèrement tiède</b>	<b>Neutre</b>	<b>Légèrement Frais</b>	<b>Frais</b>	<b>Froid</b>

**Tableau I.1 :** Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques

Il est basé sur l'équation du bilan thermique et est déterminé en fonction du métabolisme, de l'isolement vestimentaire et de la température de l'air.

<sup>6</sup> Givoni, B. « L'Homme, L'Architecture et le Climat ». Edition, Le Moniteur, Paris, 1978, p39

## I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

Le chercheur considère que la zone de confort thermique s'étale de la sensation de légère fraîcheur (- 1) à la sensation de légère chaleur (+ 1), soit de -1 à + 1.

### ➤ **Le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits) :**

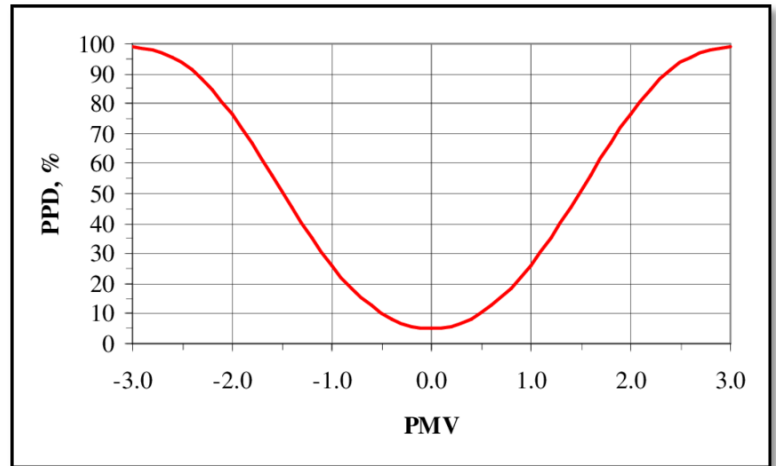
Un autre indice établi par FANGER , celui-ci exprime en fonction de l'indice PMV d'une situation thermique précise, le pourcentage de personnes insatisfaites par rapport à la situation, et vu les différences physiologiques entre les individus , il s'avère impossible de satisfaire tout le monde en réunissant des conditions idéales.

Connaissant PMV, la figure ci-après permet d'évaluer directement PPD.

Si par exemple, le PMV est de - 1 ou + 1, l'indice PPD montre que près de 25 % de la population n'est pas satisfaite.

Pour ramener le PPD à une valeur maximale de 10 % (ce qui est généralement l'objectif à atteindre dans un bâtiment), la norme **ISO 7730**<sup>7</sup> stipule que :

**$-0,5 < PMV < 0,5$  soit  $PPD < 10 \%$**



Figures I.9 :Indice PPD en fonction du PMV

Source : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Outre que les indices thermique, des chercheurs ont établis des diagrammes bioclimatiques construit sur un diagramme psychrométrique pour l'évaluation du confort thermique , ce sont des outils de synthèse et d'aide à la décision globale du projet bioclimatique permettant d'établir le degré de nécessité de mise en œuvre de grandes options telles que l'inertie thermique, la ventilation généralisée, le refroidissement évaporait, puis le chauffage ou la climatisation.

Le principe consiste à confronter sur un même graphique, un polygone de confort représentant les conditions extérieures et l'aire d'influence thermique et hygrométrique de certaines solutions architecturales, on peut citer les plus connus :

### ➤ **Diagramme bioclimatique d'OLGAY :**

<sup>7</sup> ISO 7730 « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » AFNOR, Paris.1994

## I-CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

En 1953, le premier diagramme bioclimatique fut proposé par les frères OLGAY, qui ont abordé la notion du confort thermique en mettant au point une procédure basée sur le diagramme bioclimatique, qui détermine une zone de confort en relation avec plusieurs facteurs (température d'air ambiant, humidité, vitesse d'air)

Sur le diagramme, la température sèche se trouve en ordonnée et l'humidité relative en abscisse.

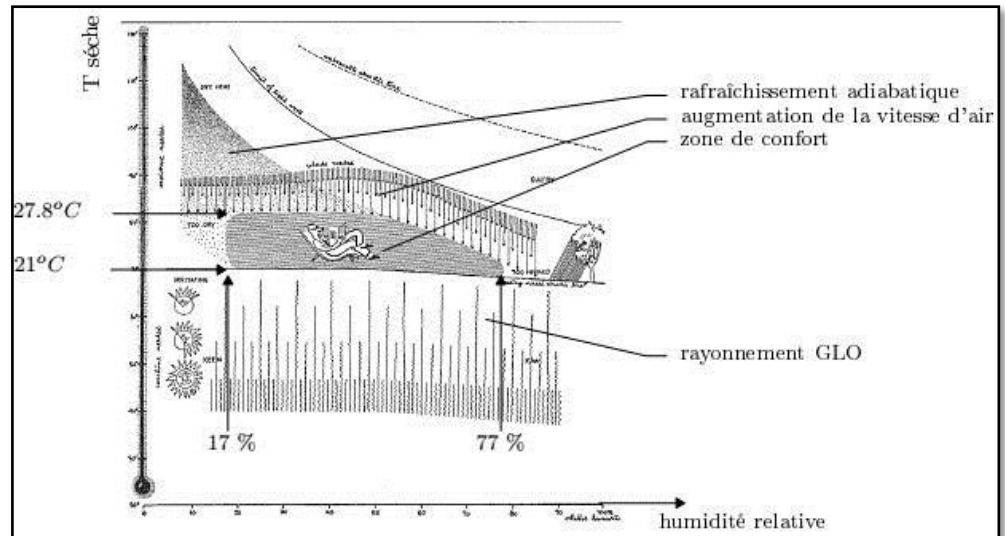


Figure I.10 : Diagramme d'OLGAY

Source : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

La zone de confort est au centre avec les plages d'été et d'hiver, et les mesures de correction dans le cas où la combinaison entre l'humidité et la température se situe hors la zone de confort.

Néanmoins, la méthode est considérée comme étant limitée dans ses applications car, elle est basée sur l'hypothèse suivant laquelle les conditions internes et externes des bâtiments sont assez proches, ce qui est important vu la variation des conditions intérieures et extérieures avec les différentes caractéristiques de conception des bâtiments.

De ce fait son application dans certaines zones notamment chaudes et sèches dont les variations des conditions intérieures et extérieures sont importantes, peut conduire à des conclusions erronées.

### ➤ **Diagramme de GIVONI :**

Plus tard et pour pallier aux insuffisances d'application du diagramme d'OLGAY, précédemment cité, GIVONI en se basant sur les études antérieures de ce dernier a développé un diagramme bioclimatique qui se fonde sur les conditions intérieures des bâtiments.

Une méthode plus performante qui définit le confort en considérant la personne en état d'activité, en utilisant son diagramme bioclimatique, il a prouvé qu'avec l'application des concepts de l'architecture, l'effet de variation climatique de l'environnement extérieur peut être réduit au minimum. Il a alors mis au point un outil synthétisant les zones thermo-

## I-CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

hygrométriques et les moyens d'intervention par des dispositifs architecturaux ou techniques qui peuvent être utilisés pour remédier aux sollicitations du climat.

Il est exprimé sur un diagramme psychométrique, avec La zone de confort au centre, l'aire extérieure à cette zone est subdivisée en zones secondaires, où l'auteur propose différentes procédures permettant de réintégrer les conditions de confort.

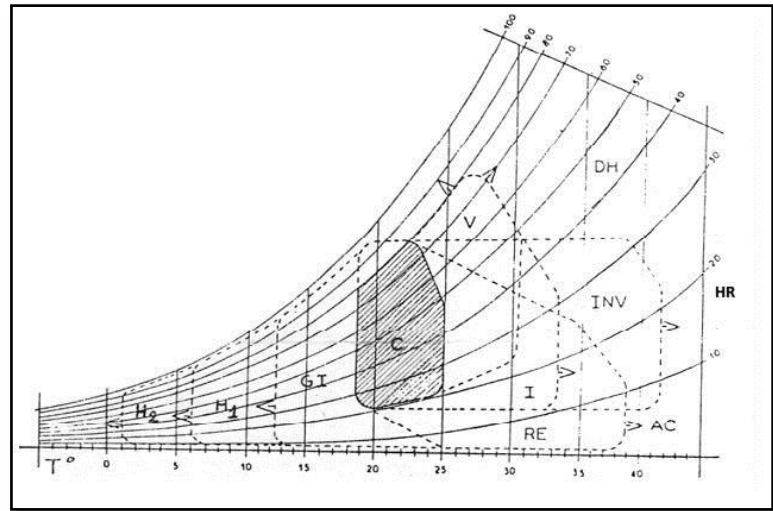


Figure I.11 :Diagramme bioclimatique de GIVONI

Source : GIVONI, B. « L'homme, l'architecture, le climat » (1978)

GIVONI a procédé dans l'élaboration de ses zones climatiques à des exigences de confort universelles. Sa zone de confort se situe entre les températures 20 et 27°C, C'est à dire qu'il considère que toutes les personnes, quelque soit la latitude à laquelle ils se trouvent, réagissent de la même manière au confort.

### ➤ **Tables de MAHONEY :**

Publiés pour la première fois en 1969 par le ministère des affaires économiques et sociales des Nations Unies et Cree par l'architecte Carl MAHONEY, en collaboration avec Jean-Martin EVANS, et Otto KÖNIGSBERGER.

Les Tables de MAHONEY est une méthode de traitement des données climatiques très simple constituée d'une série de six tableaux de référence en architecture utilisés, comme un guide pour la conception de bâtiments adaptés aux conditions climatiques.

La méthode se développée en :

- Quatre tableaux qui sont utilisées pour entrer les données climatiques :

1-Températures : moyennes mensuelles des températures maximales et minimales ;

2-Humidité, précipitations et vent

3-Comparaison des limites de confort et du climat ;

4-Indicateurs : par combinaison des données des tables précédentes, classification de l'humidité ou de l'aridité pour chaque mois.

- Deux autres tableaux indiquent les recommandations architecturales à respecter telles que la forme et l'orientation du bâtiment, la position, la dimension ou l'exposition des ouvertures.....etc

# I -CHAPITRE : Notions sur l'architecture bioclimatique

A travers toutes les données climatiques (Températures, Humidités relatives, Précipitations) du site d'intervention, la méthode aide et oriente l'architecte dans ces décisions en phase esquisse.

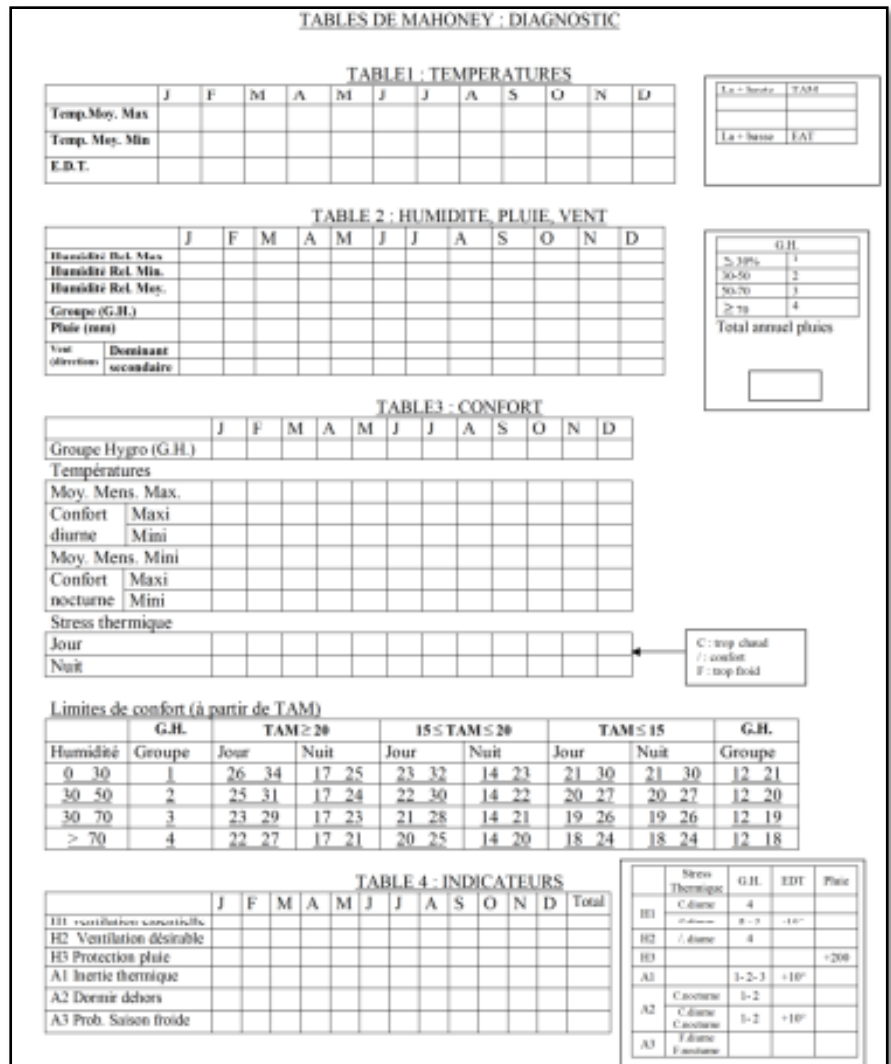


Figure I.12 :Tables de MAHONEY

Source : traduits et élaborés par MAZOUZ 2001

## Conclusion

Nous constatons à travers ce chapitre l'importance du confort thermique dans une conception bioclimatique qui vise à maintenir un équilibre thermique dans les bâtiments en tenant compte des différents paramètres influents et cela par l'application des principes bioclimatiques basés sur une démarche respectueuse de l'environnement et de l'homme .

**CHAPITRE II :**  
**L'EFFICACITE ENERGETIQUE**  
**DANS LES BATIMENTS**

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### 1-Efficacité énergétique :

Assurer le confort dans un bâtiment est primordial sachant que nous passons 90% de notre temps à l'intérieur (Selon une enquête réalisée par YouGov<sup>1</sup>) dans ces derniers, cela implique l'utilisation de différents systèmes de (ventilation, chauffage, climatisation ou éclairage) dont la consommation énergétique est importante et augmente de plus en plus, par conséquent la mise en place de solutions adaptées au contexte actuel lié à la lutte contre les changements climatiques et l'épuisement des ressources, il est impérative d'allier le confort des bâtiments à des solutions respectueuses de l'environnement et moins énergivores.

L'efficacité énergétique est au cœur des enjeux dans le secteur du bâtiment. Un critère clé pour adhérer aux besoins de la réduction énergétique

#### 1.1 Définition :

D'un point de vue physique, l'efficacité énergétique désigne l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner

Dans un sens plus large cette notion désigne, les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de performance finale équivalent, que ce soit pour :

- La production d'eau chaude sanitaire
- La climatisation
- L'éclairage
- Le chauffage
- Et toutes sortes de besoins énergétiques

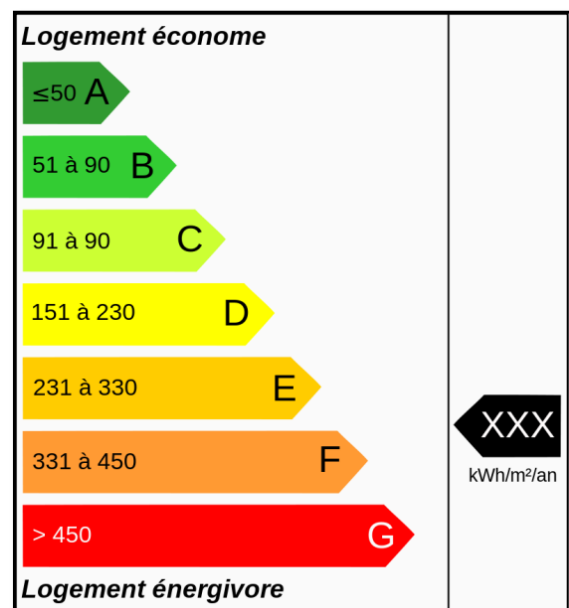


Figure II.1 :Échelle de consommation d'énergie pour les logements

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

En résumé, il s'agit de consommer moins et mieux pour le même confort thermique.

#### 1.2-Objectifs :

De nos jours, il est devenu primordial de bâtir des bâtiments efficaces du point de vue énergétique et de rénover les bâtiments existants qui sont considérablement énergivores et qui ne prétendent plus aux exigences des nouvelles réglementations.

Améliorer la performance énergétique des bâtiments permet donc :

<sup>1</sup> Société internationale de sondages et d'étude de marché basée sur Internet fondée en mai 2000.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- La diminution des coûts sociaux, écologiques et économiques liés à la production et à la consommation d'énergie.
- La diminution des émissions de carbone du bâtiment (et donc de contribuer à la préservation de l'environnement),
- L'amélioration du confort des occupants,
- La sécurisation de l'approvisionnement en énergie,
- L'amélioration du rendement d'exploitation du bâtiment

### 1.3 Solutions pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments

Pour optimiser l'efficacité énergétique d'un bâtiment, plusieurs approches peuvent être utilisées.

#### ➤ Réduire la demande en énergie

La réduction de la consommation en énergie des bâtiments est une stratégie d'amélioration de sa performance énergétique dite passive. Elle concerne directement l'enveloppe thermique du bâtiment, et pour cela l'isolation thermique optimale de l'enveloppe joue un rôle fondamental pour réduire la quantité d'énergie consommée tout en garantissant le confort intérieure.

En effet dans un bâtiment non isolé, la chaleur produite par le système de chauffage s'échappe par différents endroits. On estime que les déperditions thermiques se font à raison d'environ :

- 30 % par le toit,
- 25 % par les murs,
- 20 % par les aérations obligatoires pour le renouvellement de l'air,
- 13 % par les menuiseries,
- 7 % par le sol,
- 5 % par certains ponts thermiques (prises de courant, jonction entre les murs et le toit, etc.)

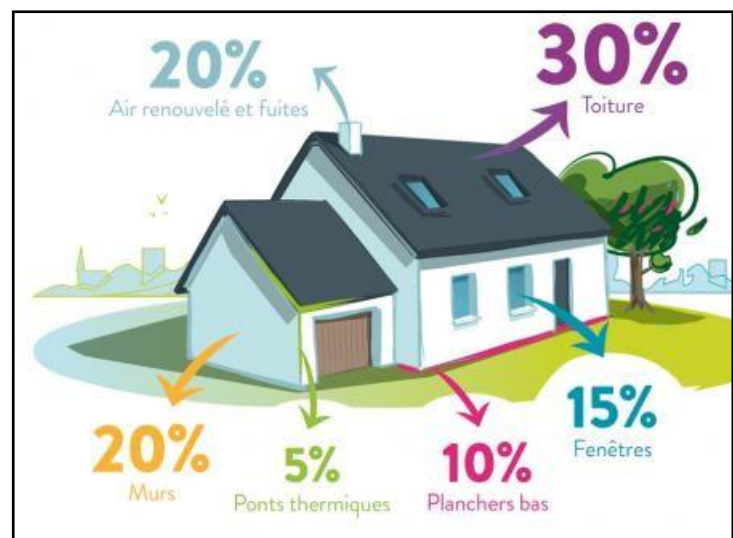


Figure II.2 :Déperditions thermiques  
Source : [www.calculo.fr](http://www.calculo.fr)

Considérée comme étant le principe de base de l'architecture passive ,l'isolation d'un bâtiment permet de diminuer les échanges de chaleur entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur, et ainsi diminuer les besoins de chauffage et de climatisation. Elle permet également de maintenir le confort intérieur en toutes saisons, car elle stocke la chaleur à l'intérieur en hiver et rafraichit la maison en été.

Il existe principalement trois typologies d'isolation :

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- **L'ITE:** **l'isolation thermique par l'extérieur**, qui consiste à apposer un "manteau isolant" extérieur sur le bâtiment dans son ensemble. L'avantage majeur est de faire disparaître les ponts thermiques et d'apporter un meilleur confort conséquent avec une meilleure inertie (meilleur confort d'été).

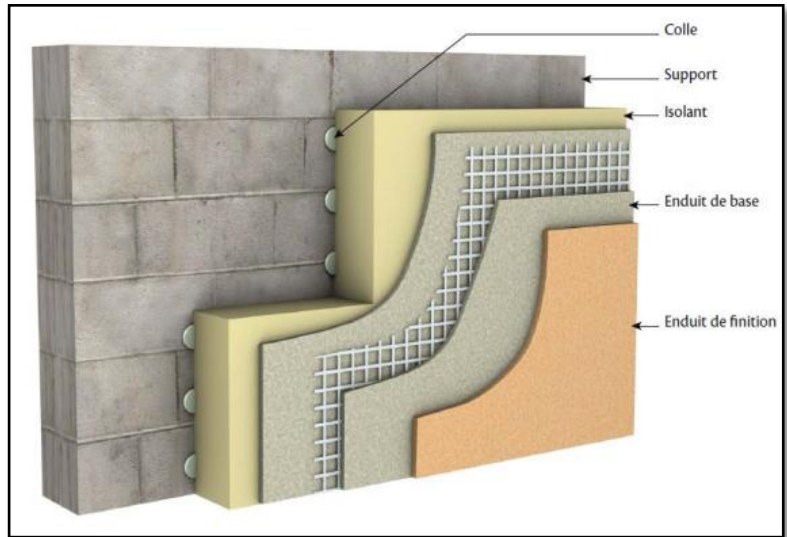


Figure II.3 : Isolation thermique par l'extérieur  
Source : M enuiserie extérieure et ITE : les bonnes pratiques (guide rage)

- **L'ITI, l'isolation thermique par l'intérieure**, très répandue, qui consiste à poser un isolant contre les murs intérieurs. L'avantage est le côté pratique surtout en rénovation lorsque les façades sont classées. L'inconvénient réside dans les ponts thermiques créés en un confort d'été sans l'inertie des murs donc avec un confort d'été moindre.

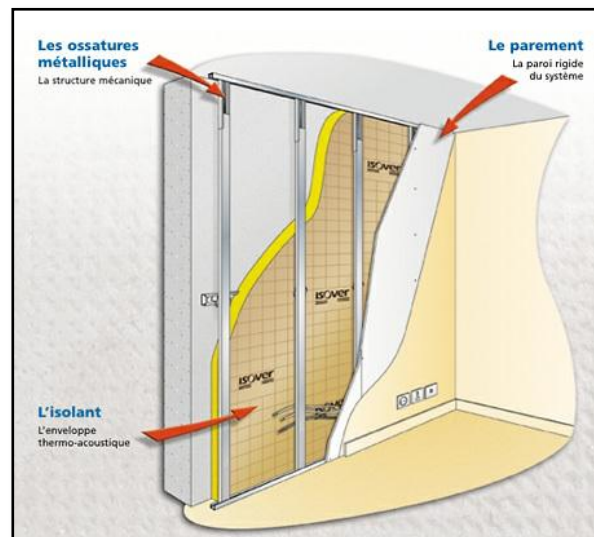


Figure II.4 : Isolation thermique par l'intérieur  
Source : isolation-thermique-phonique.webnode.fr

- **ITR, l'isolation thermique répartie**, réalisée avec des structures porteuses isolantes, comme des parpaings avec isolant thermique intégrée, des blocs de béton isolant, des murs porteurs Monomur,



Figure II.5 : Isolation thermique répartie -  
Source : www.wikinédia.fr

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

D'autres éléments sont à prendre en compte dans l'optimisation de l'isolation tels que :

- L'isolation des fenêtres et porte fenêtres qui représente 13 % des déperditions thermique mais elle augmente le confort intérieur et réduit d'avantage la consommation énergétique.
- Le choix des matériaux adéquats qui sont essentiellement caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Sachant que Pour qu'un produit soit qualifié isolant, il faut que le coefficient R ( résistance thermique)soit au moins égal à  $4 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$ , soit 12 cm d'isolation avec des produits standards de type polystyrène ou laine minérale.
- Une bonne ventilation participe également dans la réduction de pont thermique

### ➤ **Installation de systèmes performants et innovants**

L'installation d'équipements à haut rendement énergétique (éclairage, électricité, chauffage) représente la partie active de la stratégie d'amélioration de performance énergétique. Une fois la demande en énergie réduite, le travail consiste à utiliser des équipements les moins énergivores possibles. tels que :

- Une chaudière à condensation et basse température qui consomme entre 12 et 20 % de moins qu'une chaudière à fioul traditionnelle.
- Matériels électriques peu énergivores, tels que les ampoules basse consommation.
- Matériels d'électroménager récents (avec une classe énergétique performante).

On peut également optimiser notre efficacité, grâce à des solutions innovantes tels que :

- Des dispositifs électroniques qui captent la présence pour éclairer uniquement quand cela est nécessaire, et qui détectent les ouvertures de fenêtres, etc
- Installer un thermostat de chauffage qui régule automatiquement la puissance de l'équipement en fonction de son environnement.

### ➤ **Intégration des énergies renouvelables :**

Le recours aux énergies renouvelables permet de concilier stratégie passive et stratégie active. Elle a pour effet de réduire la dépendance énergétique des bâtiments aux sources classiques telles que le gaz ou l'électricité. De plus, elle a une retombée environnementale positive, par rapport à l'utilisation des énergies fossiles. Ainsi on peut citer quelques solutions :

- Utilisation de chauffage à base d'énergies renouvelables, tels que les chauffages biomasse ou les pompes à chaleur,
- L'exploitation le potentiel solaire grâce notamment à une bonne orientation du bâtiment et l'utilisation de panneaux photovoltaïques (capter le maximum d'énergie naturelle)

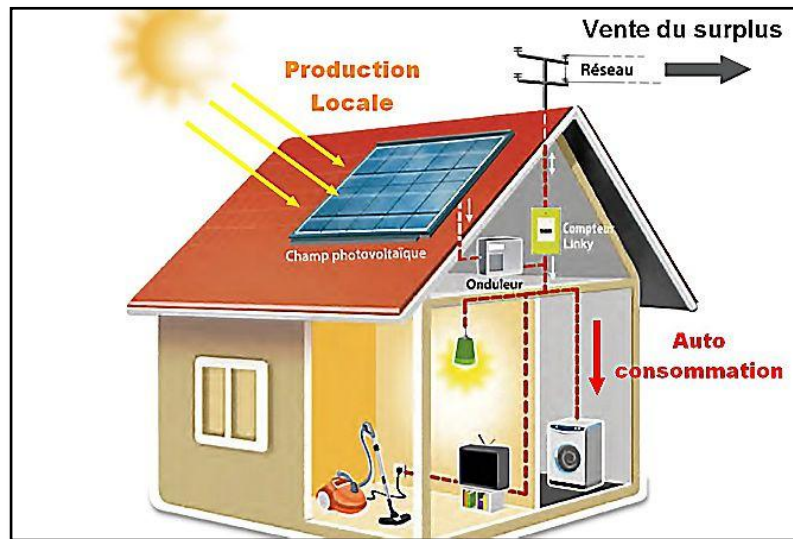


Figure II.6 : Les grands principes de l'autoconsommation photovoltaïque Source : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

L'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment passe par la mise en place de telles solutions. Mais cela passe aussi par des changements de comportement des usagers. Il est désormais urgent de raisonner en termes de performance, de qualité de vie et surtout de durabilité.

### **1.4 –Outils numériques d'analyse énergétique et environnementale du bâtiment :**

La mise en place de stratégies d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment est complexe et préconise le passage par une étape essentielle qui est l'évaluation et l'analyse énergétique et environnementale du projet.

c'est une analyse de la performance énergétique, qui repose sur plusieurs facteurs, notamment sur la description du bâti, des systèmes de ventilation et surtout des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, cette phase permet de définir et étudier tous les apports thermiques du projet et de localiser d'éventuelles déperditions thermiques nécessaires au maintien du confort thermique, en simulant le comportement thermique d'un bâtiment dans le but de cerner avec précision les techniques de construction à employer et quels type de matériaux privilégier.

Il est conseillé d'intégrer cette étape dès le début de la conception du projet pour optimiser les résultats. Ainsi afin de faciliter la mise en œuvre de ces analyses plusieurs outils de calcul spécifiques, adaptés aux niveaux de précision et d'analyse souhaités ont été développés, on peut citer le plus utilisé notamment en Algérie.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ➤ AUTODESK ECOTECH ANALYSIS :

Créer par Square One Research puis racheter par la société américaine AUTODESK en juin 2008 ,ECOTECH est un outil d'analyse environnementale qui permet aux concepteurs de simuler les performances d'un bâtiment dès les premières étapes de la conception . Il combine des fonctions d'analyse avec un affichage interactif qui présente les résultats analytiques directement dans le contexte du modèle de bâtiment . Il offre une facilité de travail en 3d et la prise de décisions sur plusieurs paramètres axés sur le bio climatisme

Un engagement avec la simulation et l'analyse à un moment où la conception est suffisamment capable de répondre est essentiel pour atteindre les performances exigées des bâtiments bioclimatiques.

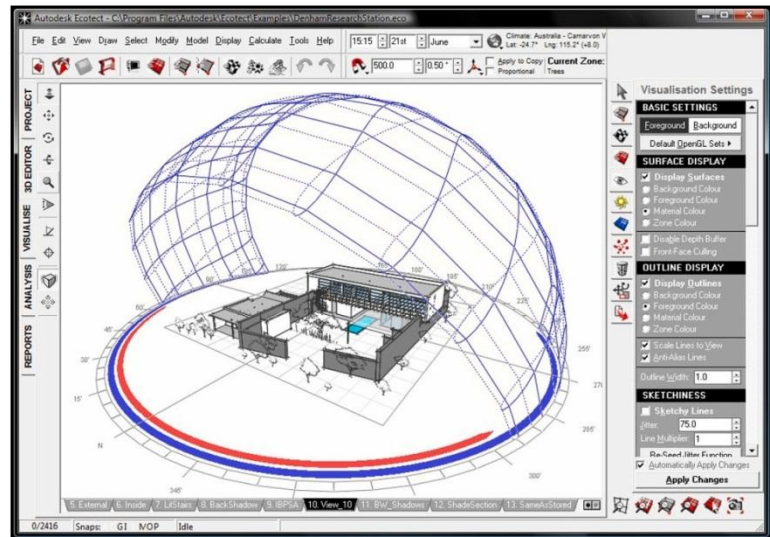


Figure II.7 :Aperçu de l'interface d'ECOTECH

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

### ➤ REVIT MEP :

Revit est un logiciel de conception de bâtiment édité par la société américaines , Autodesk qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective...)

La particularité du logiciel est d'être un logiciel BIM multi-métiers destiné aux professionnels du BTP (ingénieurs, architectes, dessinateurs-projeteurs, entrepreneurs,...). de ce fait il se décline en différentes versions métier dont :

REVIT MEP : qui est un outil de modélisation de réseaux, qui se concentre vers la ventilation, l'électricité, les sanitaires, la plomberie, le chauffage, et la climatisation et comporte des options d'analyse énergétique correspondant à son modèle d'analyse thermique interne.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

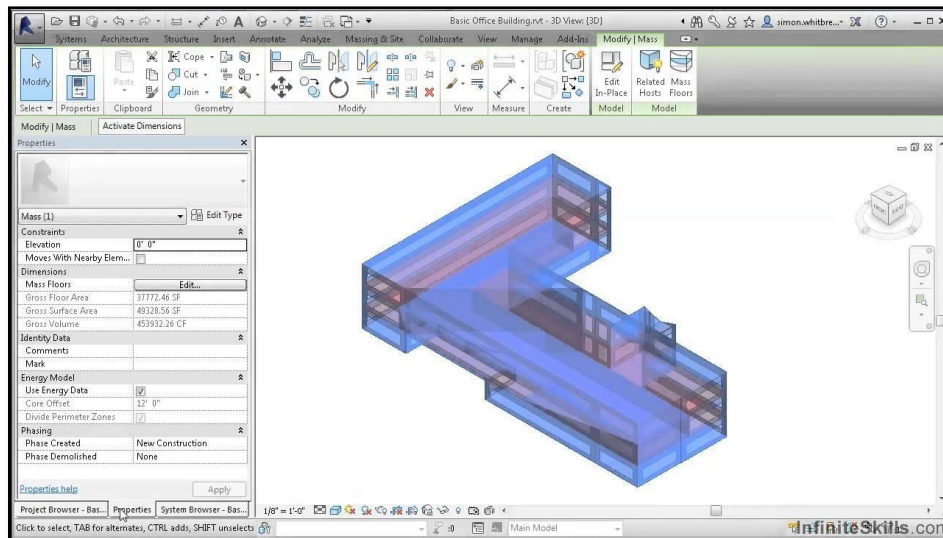


Figure II.8 :Aperçu de l'interface de REVIT MEP

Source :www.bimchapters.blogspot.com

### ➤ CT BAT

Dans le but de développer la notion de construction éco-énergétique en Algérie, les experts de l'agence nationale pour le promotion et le rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE), en collaboration avec l'agence allemande pour le coopération et le développement (GIZ), ont mis au point un guide de calcul thermique pour une construction éco-énergétique en Algérie.

il s'agit d'une application d'un logiciel de calcul thermique spécifique à l'Algérie à accès gratuit qui se présente sous forme d'interface graphique disponible sur le site de l'APRUE]).

Il permet le calcul des déperditions thermiques en hiver et des apports en été conformément au DTR C 3.2/4 <sup>2</sup>, avec l'introduction de solutions de maîtrise énergétique pour une rationalisation dans la consommation pour un meilleur confort .

On retrouve donc, quatorze critères qui ont été définis aux opérateurs pour la maîtrise d'énergie, la protection de climat et les richesses naturelles.

<sup>2</sup> Code énergétique algérien du bâtiment ,un document qui se présente sous forme de deux fascicules: un pour l'hiver DTR C3.2 et un deuxième pour l'été DTR C3.4, élaboré par le Ministère du Logement et de l'Urbanisme en 1999

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

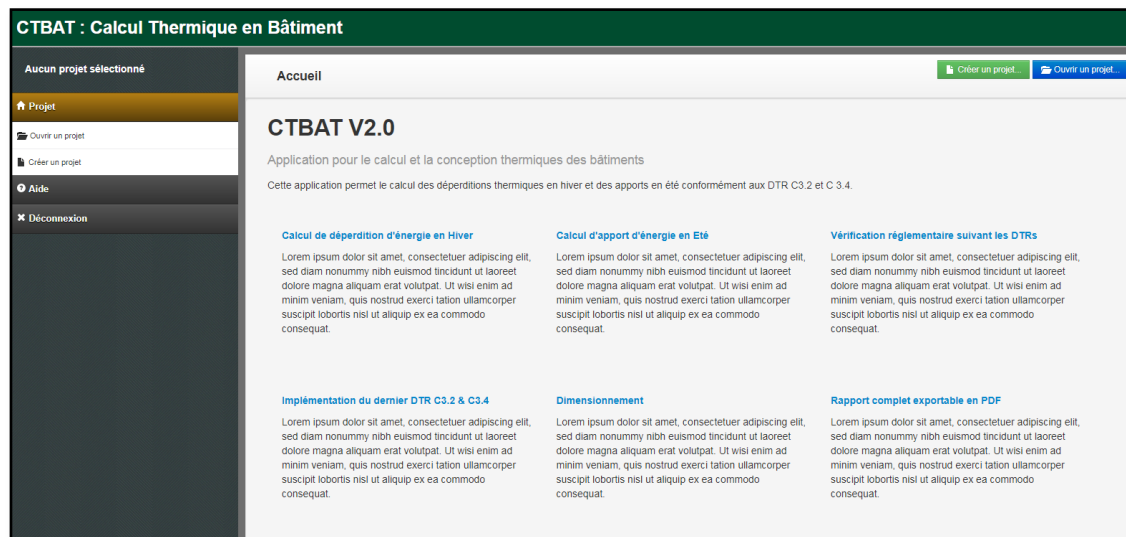


Figure II.9 :Aperçu de l'interface de CT-BAT - Source : Auteur

« Le CTBAT permet de mettre au point une construction non énérgivore en un temps record »<sup>3</sup>

« le CTBAT apporte les rectifications nécessaires lorsque le construction n'est pas aux normes, puisque 80% de l'énergie se perd dans une habitation non conforme aux normes en la matière ».<sup>4</sup>

### **2- Exemples de bâtiments bioclimatiques :**

Dans le but de s'inspirer de certains projets bioclimatiques réussis en termes d'efficacité énergétique, on procède à l'analyse de projets réalisés dans la thématique de transport qui nous intéressent particulièrement dans ce travail.

#### **2.1-La gare de Bellegarde-sur-Valserine, ( France ) :**

Inauguré en 2010, le bâtiment avant-gardiste imaginé par le bureau d'études et de conception de la SNCF ( AREP ) est la première gare bioclimatique en France .

Le projet a été pensé de manière à minimiser les dépenses énergétiques, en utilisant les ressources naturelles tout en offrant le confort thermique nécessaire aux voyageurs.

<sup>3,11</sup> Khaled IMESSAD (chercheur au centre de recherche en énergies renouvelables), dans l'article « un logiciel qui va révolutionner l'habitat en algérie les constructions éco-énergétiques c'est désormais possible ! » publié le 18 novembre 2015 sur le site web d'actualités www.algerie360.com consulté le 01/11/2021



Figure II.10 : La gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE - Source : [www.batiactu.fr](http://www.batiactu.fr)

➤ **Situation :**

La gare se trouve à l’Est de la **France**, dans la ville de **Bellegarde-sur-Valsérine** dans le département de l’AIN, la région est caractérisée par un climat de type semi-continental dégradé se traduisant par des étés chauds, des automnes souvent ensoleillés, des hivers assez rigoureux avec chutes de neige et des printemps brefs.

La région est très ensoleillée et souvent plus chaude que d'autres communes des alentours.



Figure II.11 : Situation de la gare de BELLEGRADE – SUR-VALESERINE -Source : [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments



Figure II.12 : plan masse de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE - Source :Google maps

Implantée au cœur du territoire transfrontalier entre la Suisse et la France, la gare de Bellegrade-sur-Valserine, carrefour du transport ferroviaire de voyageurs, est une importante gare de correspondance. Elle accueille chaque année 500 000 voyageurs TER et 145 000 voyageurs TGV.

### ➤ Description de la gare :

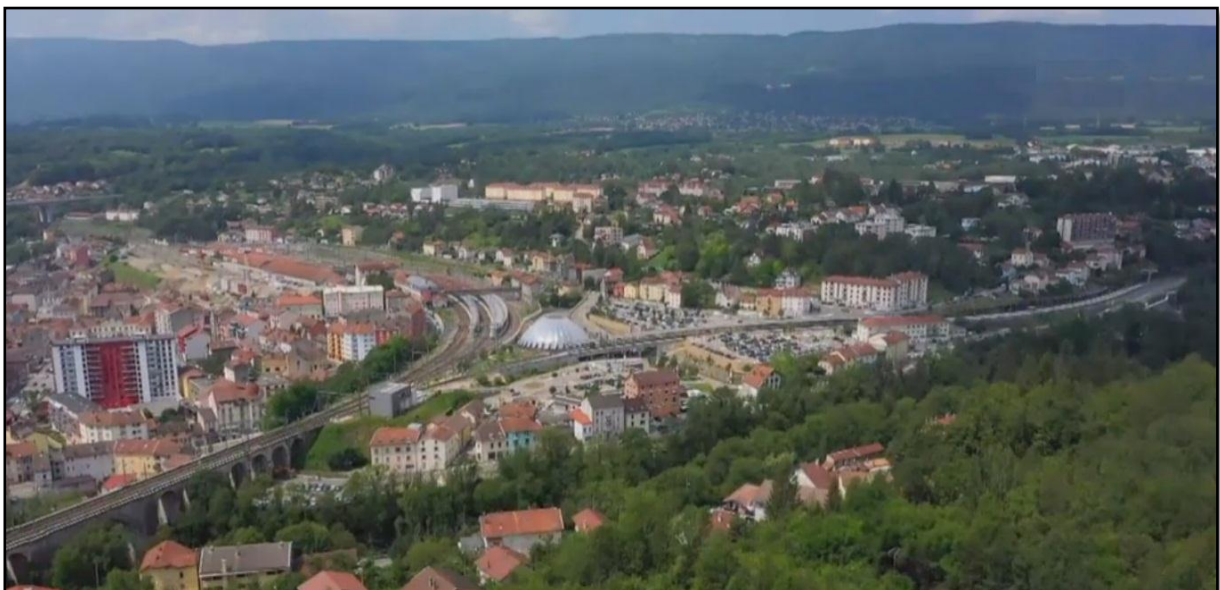


Figure II.13 :Gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE -Source : www.wikipedia.fr

Le bâtiment domine le paysage environnant avec sa forme arrondie (une rotonde de 40 mètre de diamètre) surplombé d'une coupole transparente d'environ 20m de haut qui évoque un

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

OVNI selon beaucoup mais l'un des architectes du bureau (AREP) chargé du projet Etienne TRICAUD définit le projet autrement en déclarant :

*«C'est une forme parfaite dans un environnement complexe».*



Figure II.14 :Gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE -Source : www.wikipedia.fr

La gare de Bellegarde est un pôle d'échange intermodal, d'une surface de 1200 m<sup>2</sup> et dispose de :

225 places de stationnement  
courte et longue durée réparties  
sur deux parkings



Figure II.15 : Parking de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source image : www.effia.com

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

Une gare routière de 8 emplacements pour les bus urbains et les cars interurbains départementaux



Figure II.16 : Gare routière de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE-Source image : wikipédia

Une zone de dépose pour les taxis et pour les véhicules particuliers.

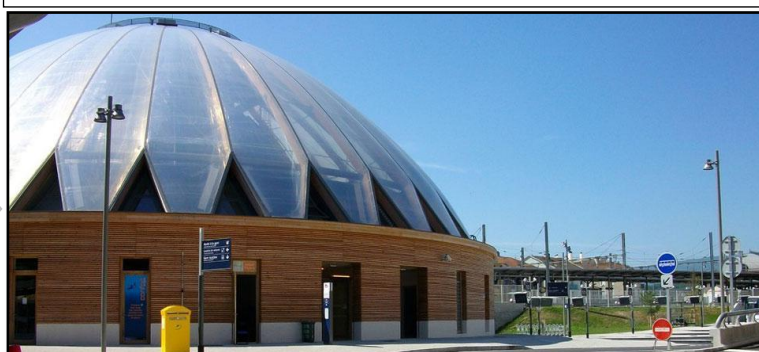


Figure II.17 : zone de dépose de la BELLEGRADE-SUR-VALESERINE-Source image :www.pacific-taxi.com

L'accès aux quais TER via un souterrain , et au quai TGV.



Figure II.18 : TER de la BELLEGRADE-SUR-VALESERINE  
Source image : www.Wikipédia.fr

La gare intègre également toutes les fonctionnalités d'une gare avec :

- ✓ des espaces de services aux voyageurs (billetterie, salle d'attente...);
- ✓ des commerces (presse, restauration, location de véhicules);
- ✓ des locaux d'exploitation.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

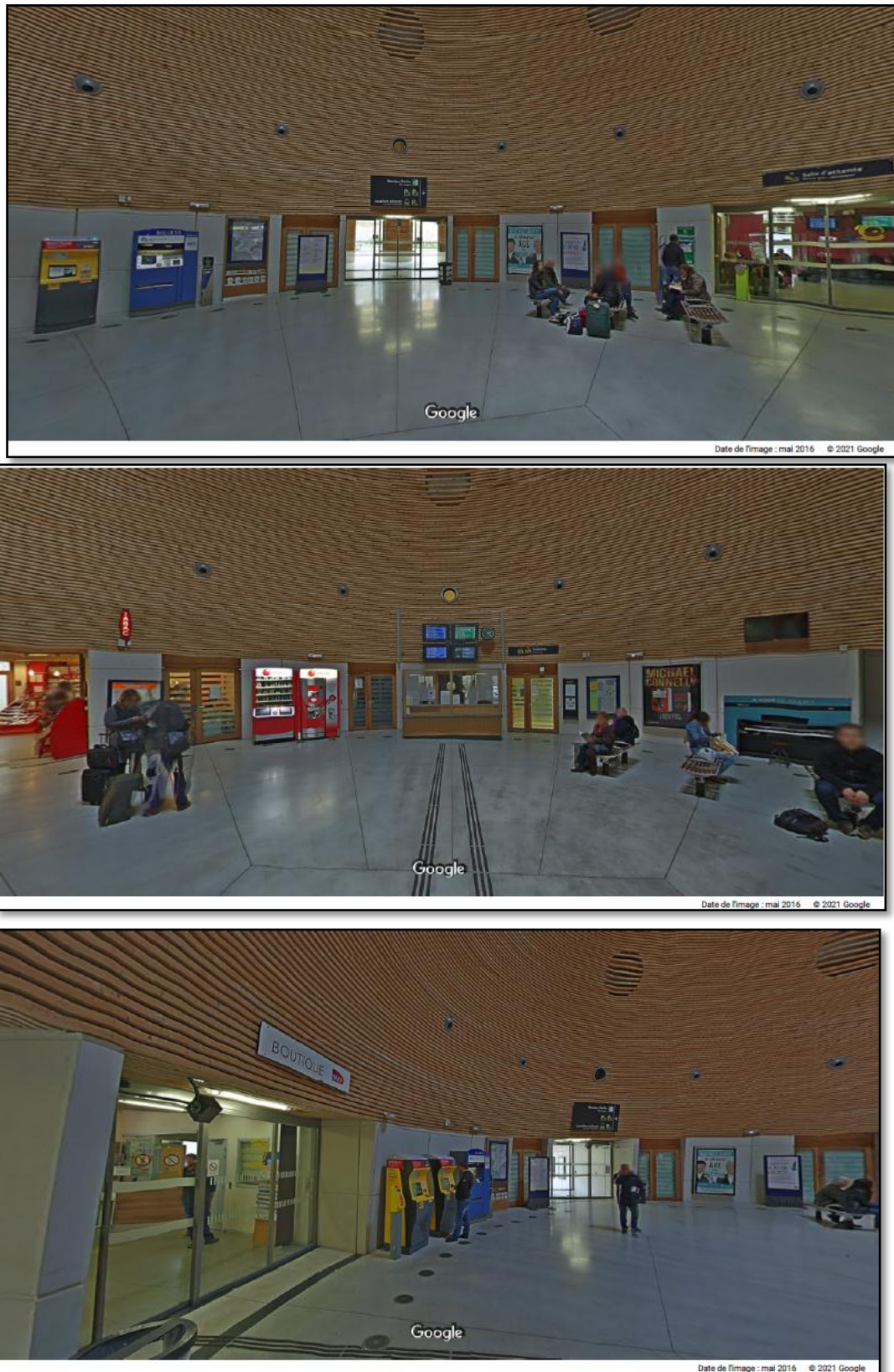


Figure II.19 : Intérieurs de la BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source :Google maps

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ➤ Caractéristiques bioclimatiques du bâtiment :

Outre sa forme originale et intrigante qui ne passe pas inaperçue, la gare s'inscrit dans une démarche bioclimatique exemplaire avec l'intégration de plusieurs systèmes et techniques bioclimatiques qui visent à améliorer le confort thermique des usagers et maîtriser la consommation d'énergie.

- **Les coupoles :**

Structuré autour de deux anneaux concentriques un portant la coupole en bois percée au sommet et l'autre distribuant les services, mais surtout surplombée par un dôme transparent en éthylène tétrafluoroéthylène (ETFE),

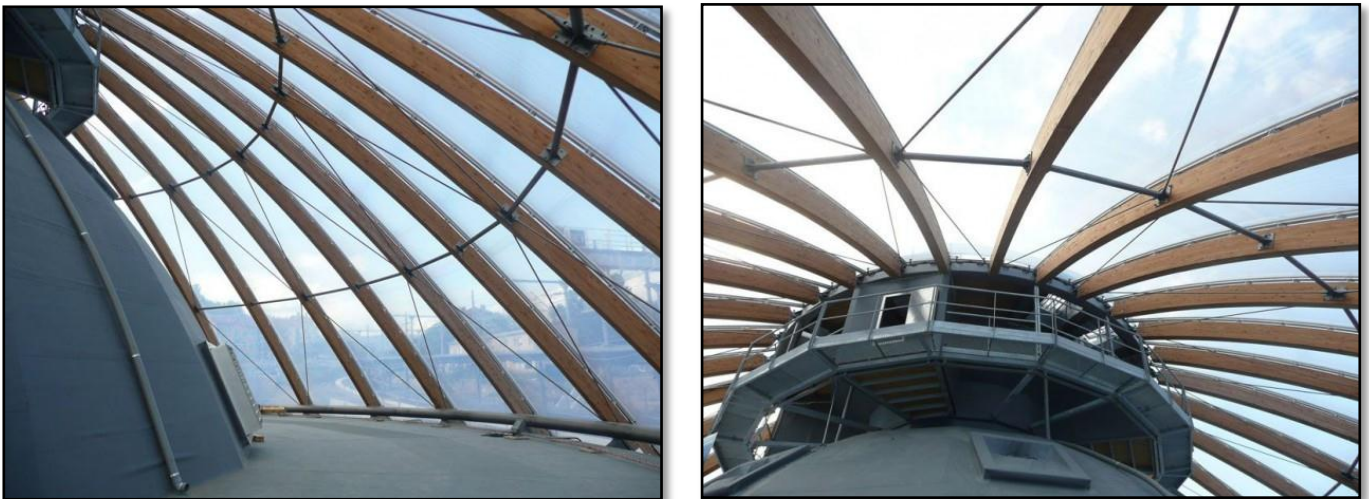


Figure II.20 : Coupoles de la BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source : [www.batiactu.com](http://www.batiactu.com)

L'espace entre les différentes coupoles sert à optimiser les processus d'échanges thermiques, un espace actif pour le chauffage en hiver et la ventilation en été.

- **Le dôme transparent en ETFE**

Un matériau aux caractéristiques impressionnantes qui a été utilisé pour de nombreux ouvrages d'exception notamment la piscine de PEKIN , il est semi-cristallin et peut donc remplacer le verre.et propose une bien meilleure alternative :

- L'ETFE est moins cher que le verre ;
- Il laisse mieux traverser la lumière ;
- Il est plus léger ;
- Il peut être utilisé sous des températures extrêmes de -80 degrés à plus de 150 degrés ;

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments



Figure II.21 :Piscine de pékin- Source : [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Dans le cas de la gare ses caractéristiques techniques ont permis d'enrichir l'aspect esthétique du projet, d'apporter de la légèreté mais surtout permet de laisser pénétrer un maximum de lumière et de diminuer considérablement la consommation d'énergie du bâtiment.



Figure II.22 :Couverture de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source : [www.batiactu.com](http://www.batiactu.com)

- **Panneaux solaires :**

Placé au sommet du dôme, les panneaux permettent de récupérer l'énergie du rayonnement solaire et la transformé en chaleur et électricité.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

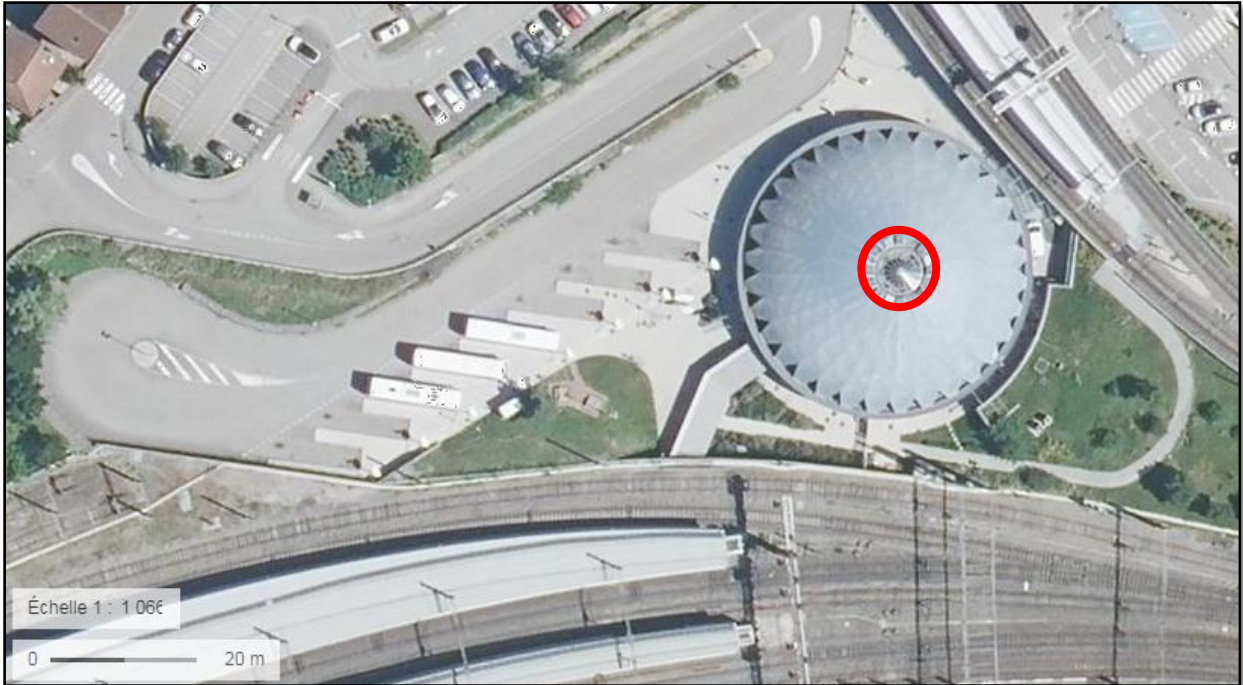


Figure II.23 : Plan masse de la BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source : Google Maps

- **Puits canadiens :**

Le puits canadien est un dispositif géothermique de circulation de l'air avant son entrée dans un bâtiment. Il associe une utilisation de l'air frais extérieur à la température du sol et se base sur l'écart de température pour augmenter ou réduire celle de l'air qui pénètre dans le bâtiment.

- **Isolation performante :**

Dans le but de réduire les pertes de chaleur et les besoins énergétiques du projet l'enveloppe de la structure est en bardage de bois, une technique esthétique et performante qui permet d'isoler les murs par l'extérieur.



Figure II.24 : Façade de la gare de BELLEGRADE-SUR-VALESERINE Source :

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

En conclusion, même si l'aspect architecturale du projet laisse à désirer selon certains .On constate que l'équipe d'AREP on réussit à réaliser une gare moderne, avec une forme futuriste mais surtout bioclimatique qui plus est la première du genre, grâce à la combinaison des différents systèmes ingénieux visant à garantir le confort des nombreux voyeurs elle contribue à l'atténuation du changement climatique par la maîtrise des consommations d'énergie  
Ces systèmes fonctionnent comme suit :

- **En été :**

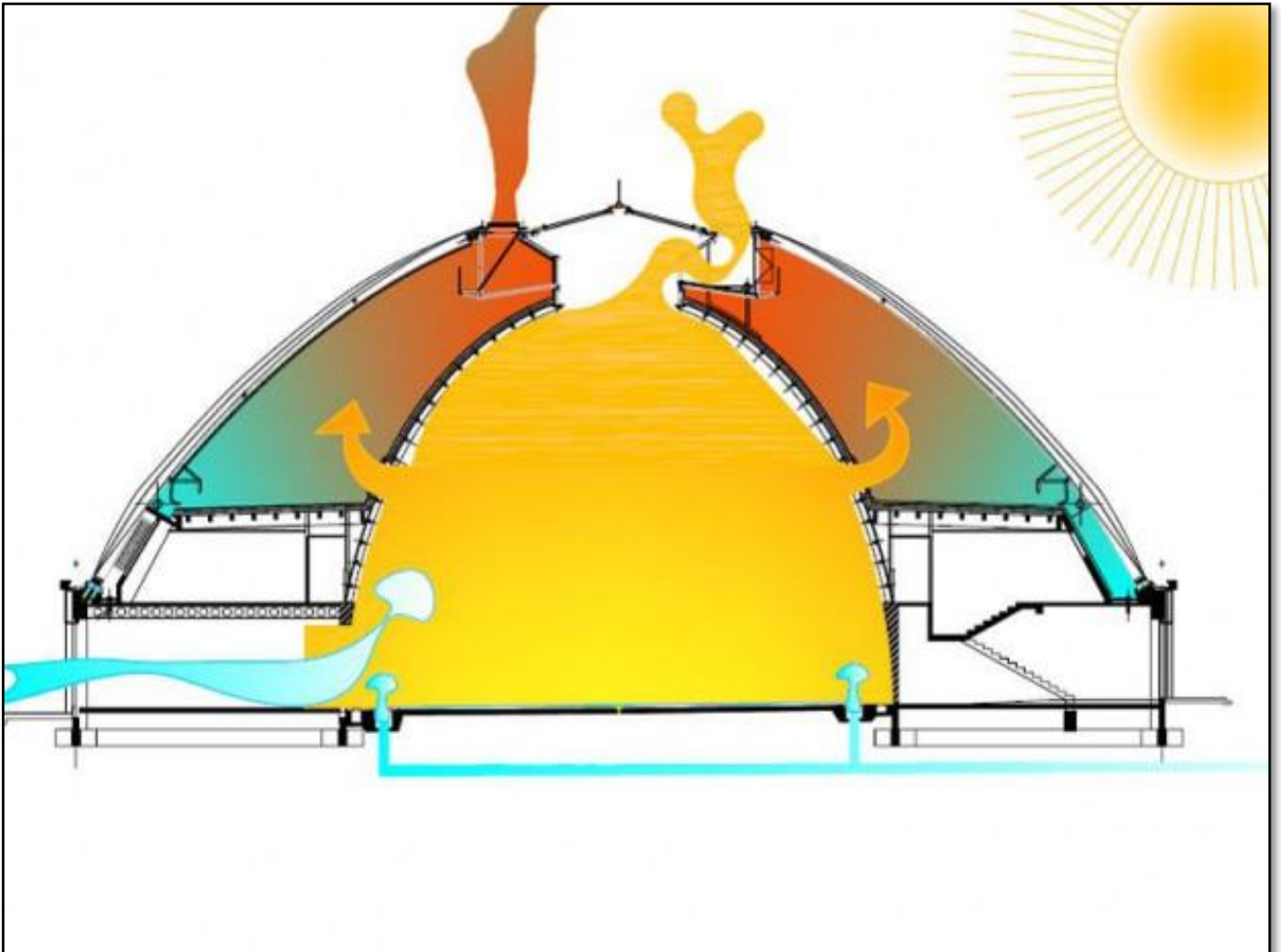


Figure II.25 : Système de fonctionnement des dispositifs bioclimatiques en été Source :  
[www.batiactu.com](http://www.batiactu.com)

En été l'espace de la lame d'air étant plus chaud que l'air du hall, une « aspiration » naturelle se mettra en place, assurant dans l'espace de la gare une ventilation efficace; l'air irriguant la gare passera au préalable par le système de puits canadiens et se rafraîchira ; le sol étant à température constante hiver comme été, à environ 9 °

- **En hiver :**

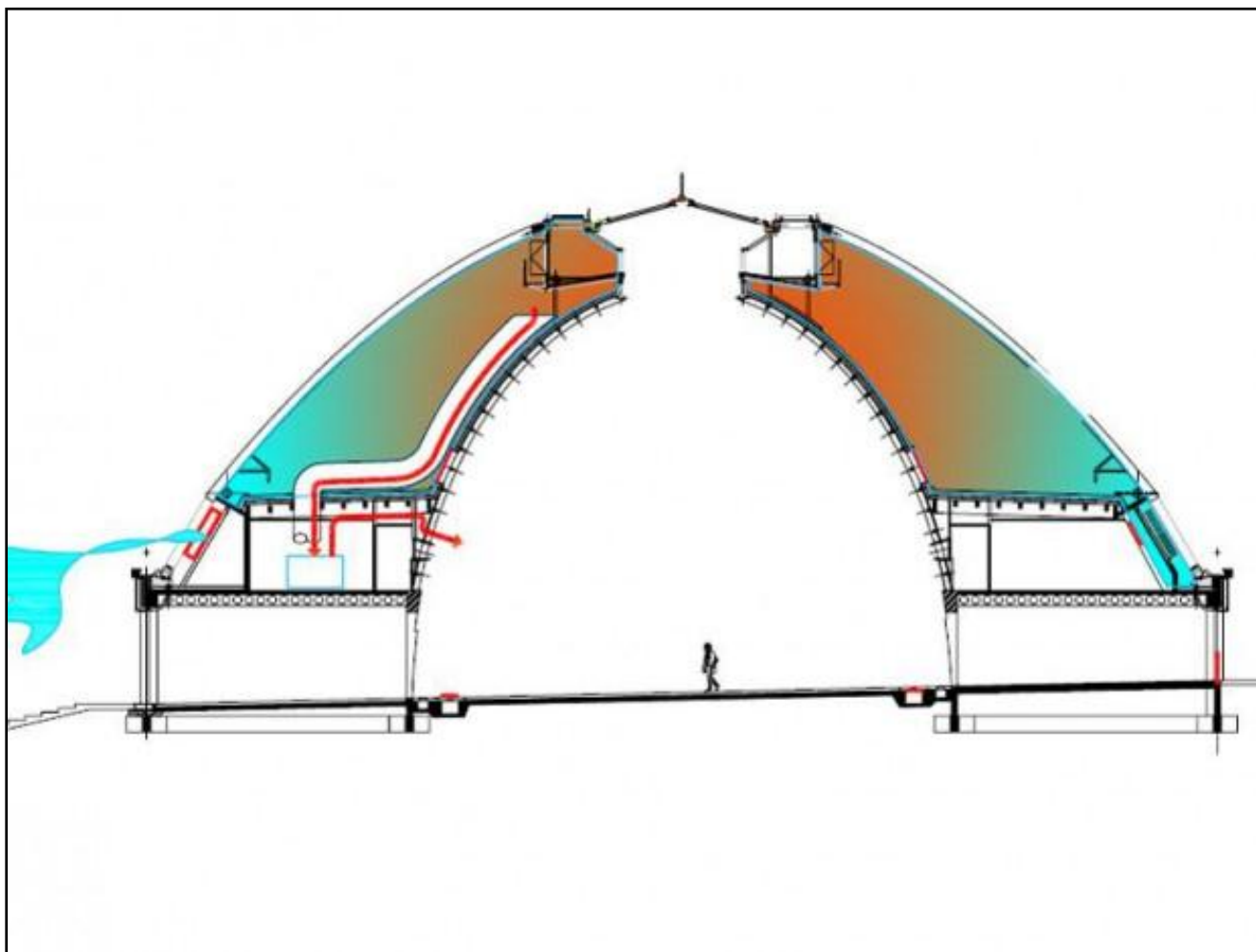


Figure II.26 : Système de fonctionnement des dispositifs bioclimatiques en hiver -Source : [www.batiactu.com](http://www.batiactu.com)

En hiver la lame d'air située entre les deux coques sera réchauffée par les apports solaires. Cet air préchauffé sera ensuite utilisé dans le système de renouvellement d'air de la gare, réduisant ainsi la consommation énergétique.

### **2.2-GARE ÉCODURABLE, NÎMES PONT-DU-GARD**

Une gare exemplaire, la nouvelle gare de Nîmes Pont-du-Gard peut se vanter d'une conception vertueuse inédite, centrée sur l'écologie autant que sur le bien-être et le confort des voyageurs, conçue par les équipes d'AREP agence d'architecture pluridisciplinaire, et de l'atelier d'architecture de SNCF Gares & Connexions , elle est mise en service en décembre 2019 et devient la première gare certifiée par le label "Bâtiment Durable Occitanie"

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments



Figure II.27 :Gare de NIMES PONT DU GARD-Source : SNCF Gares & Connexions – AREP

### ➤ Situation :

La gare se trouve au Sud-Est de la France dans le département du Gard en région Occitanie, elle est implantée à 14 kilomètres de Nîmes, dans la commune de Manduel plus précisément.

Le climat de la région est de type méditerranéen qui se caractérise par un ensoleillement important , de fréquents vents violents, des étés chauds et secs avec des températures qui varient entre 25 et 40 °C et des hivers doux et humides avec des températures moyennes de 5 °C .

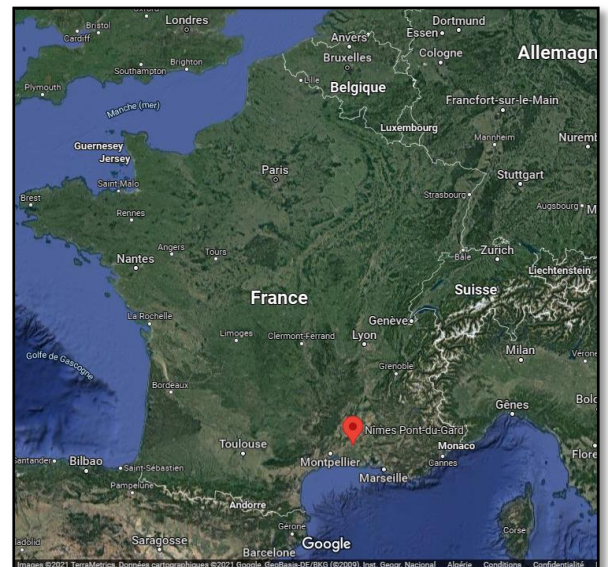


Figure II.28 : Situation de la gare NIMES PONT-DU-GARD Source: Google MAPS

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ➤ Description du projet :

Implanté au cœur des bois elle est décrite comme " *une gare dans un jardin* ", avec 26 ha d'aménagement extérieurs , 5h d'espace implanté, La gare se découvre à travers une percée visuelle dans le bois du Mas Larrier.



Figure II.29 :Gare NIMES PONT-DU-GARD de Source vue 3d: SNCF Gares & Connexions – AREP

Le projet architectural prend appui sur les composantes paysagères pour créer une continuité entre le bâti et la mosaïque de végétation, créant ainsi, havre de paix climatique et sensoriel. Grâce à sa transparence, l'édifice s'inscrit harmonieusement dans son environnement naturel.

*"C'est une gare dans un jardin méditerranéen, que l'on découvre à travers les arbres. Nous avons conçu un volume simple, surmonté d'une grande toiture protectrice et unifiante, une grande maison de forme presque carrée, clin d'œil au bâtiment du même nom. Cette grande ombrière débordante, repose sur des poteaux en bois de 9 mètres de haut. Elle protège des rayons du soleil et filtre la lumière avec ses clins extérieurs et ses grandes nappes de chaumes de bambous suspendues à l'intérieur. Les façades entièrement vitrées sont également protégées au sud-ouest et nord-ouest par des grands « voilages » verticaux de bambous"<sup>5</sup>,*

<sup>5</sup> Fabienne Couvert( directrice déléguée Architecture AREP),déclaration parue dans l'article « Nîmes Pont-du-Gard, une gare écologique » publié sur le site [www.constructioncayola.com](http://www.constructioncayola.com) le 13 octobre 2020

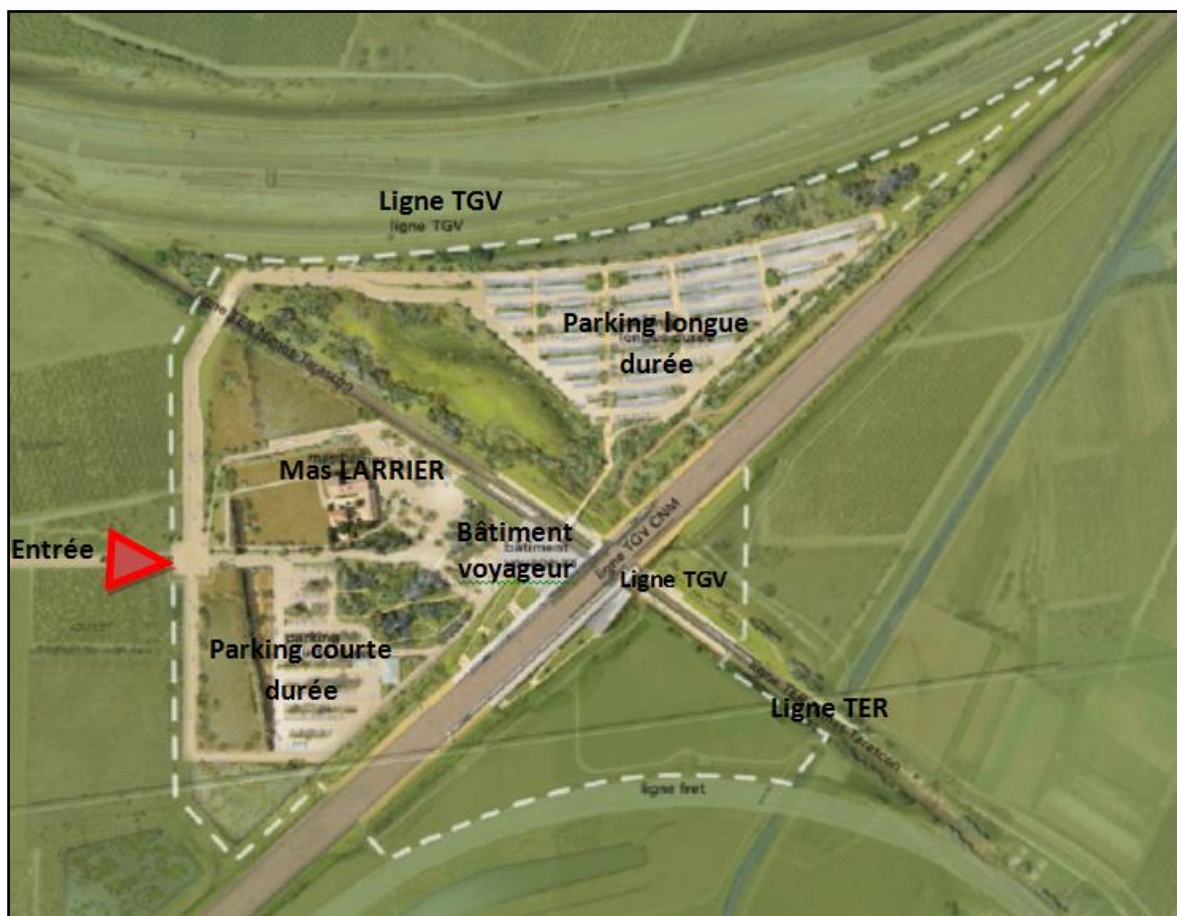


Figure II.30 : Plan masse de la gare de NIMES PONT-DU-GARD

Source :www.arep.fr

Les stationnements sont disposés dès l'entrée du site et l'on chemine ensuite à pied en serpentant dans les sous-bois, qui ont été éclaircis et allégés, jusqu'au parvis puis on découvre le bâtiment voyageurs de 2500 m<sup>2</sup> qui vient se glisser sous la grande toiture et longe, à l'extérieur, les quais TER. un bâtiment très minéral, dans des tons ocres. Il est composé de 3 niveaux, abrite les halls d'attentes, billetterie, magasins, sanitaires et bureaux.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

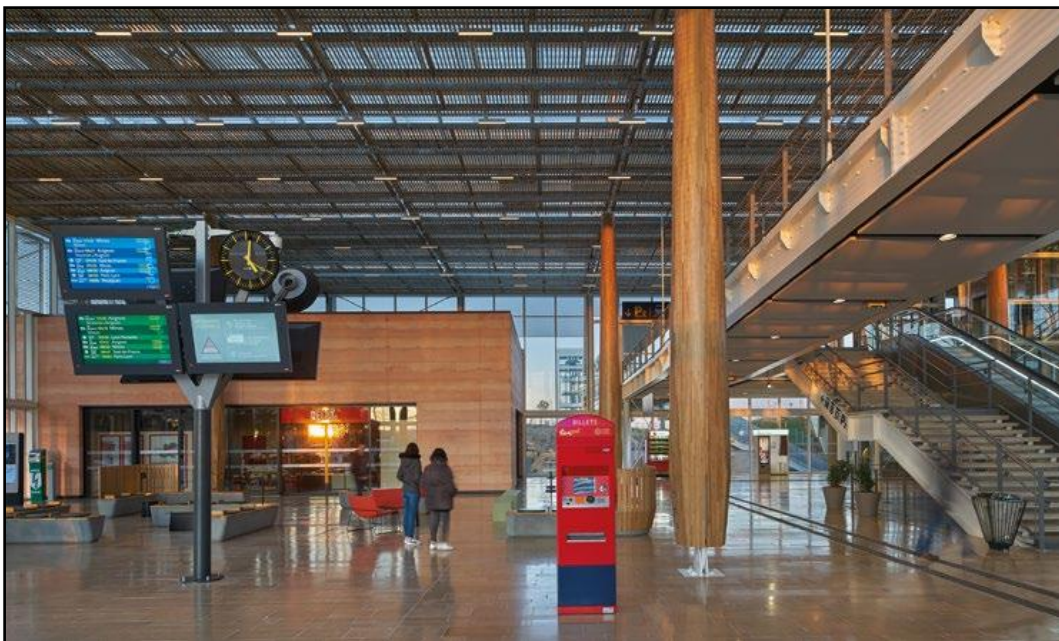


Figure II.31 : Intérieur du bâtiment voyageur (boutiques) Source : SNCF Gares & Connexions – AREP

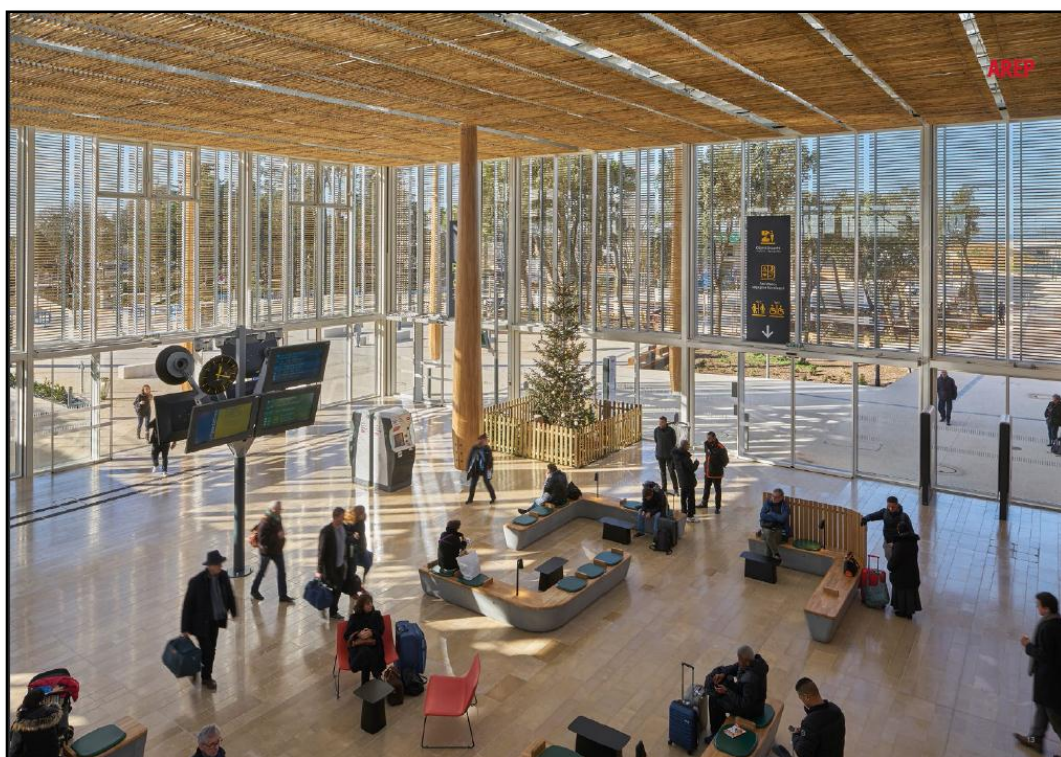


Figure II.32 : Intérieur du bâtiment voyageur (hall) Source : SNCF Gares & Connexions – AREP

Un million de voyageurs sont attendus chaque année au pôle d'échanges et pour faciliter l'arrivée de ces derniers les concepteurs du projet, ont multiplié les espaces d'inter modalités ;

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- ✓ Gare routière : 5 quais bus
- ✓ Prise en charge taxis : 12 places
- ✓ Dépose taxis : 4 places
- ✓ « Cybox » Box vélos sécurisés : 4 box de 6 vélos
- ✓ Ligne ter existante
- ✓ Nouvelle ligne tgv



Figure II.33 : Vue sur la station de vélos - Source : *SNCF Gares & Connexions – AREP*



Figure II.34 : Vue sur les lignes TGV et TER Source : *SNCF Gares & Connexions – AREP*

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments



Figure II.35 :Vue sur les abris bus -Source :www. tramwaydemontpelier.net

Des espaces aménagés à l'extérieur avec des services annexes viennent compléter les différents services de transport tels que :

- ✓ Parking longue durée : 774 places
- ✓ Parking courte durée : 118 places
- ✓ Parking loueurs : 106 places
- ✓ Kiosque loueurs : 217 m<sup>2</sup>
- ✓ Kiosque parkings : 91 m<sup>2</sup>
- ✓ Bornes de recharge électriques sur parking longue durée : 50



Figure II.36 :Vue sur le parking

-Source :www. tramwaydemontpelier.net

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ➤ Caractéristiques bioclimatiques du projet :

La nouvelle gare de Nîmes Pont-du-Gard est une référence de qualité environnementale , un projet basé sur l'architecture bioclimatique , le respect de l'environnement et de la nature et l'efficacité énergétique :

#### ✓ Respect de l'environnement et de la biodiversité :

Le projet s'intègre entièrement dans son riche environnement en préservant ses nombreuses qualités tels que :

- **La végétation :**

La grande majorité des arbres présents avant le chantier ont été préservés ( Chênes verts, cèdres, pins ) ont été maintenus et complétés par 435 nouveaux arbres plantés pour pérenniser le boisement à long terme .

5 ha d'espaces ont aussi été planté pour créer une continuité entre le bâti et la mosaïque de végétation qui s'étend jusqu'aux dispositifs de transport et accompagne le voyageur vers l'intérieur de la gare (Lavande, cistes, cheveux d'ange, sauge) atténuent l'impact visuel des talus ferroviaires et préservent la vision des rames à quais.



Figure II.37 :Environnement de la gare de NIMES PONT-DU-GARD Source : [www.arep.fr](http://www.arep.fr)

- **La faune:**

le projet à été conçu dans le respect des espèces protégées qui vivent sur le site. Parmi les espèces à fort intérêt patrimonial, on recense 3 espèces d'oiseaux (l'outarde canepetière, l'œdicnème criard, la pie-grièche à tête rousse), une étonnante diversité de reptiles (le lézard ocellé et le seps strié), et les magiciennes dentelées et sauterelles au sein des bosquets piétons et de la végétalisation

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- **Le climat :**

Méditerranéen caractérisé par de fréquentes canicules et le vent du Mistral deux paramètres qui ont guidé dans la conception de la gare , notamment par

- La création d'une grande toiture protectrice et unifiant, qui agit comme une ombrière .Débordante elle repose sur des poteaux en bois de 9 mètres de haut et prend le relais de la végétation pour protéger les voyageurs des rayons du soleil , filtre la lumière et protège le parvis du mistral. Elle a été pensée pour bouger avec le vent, et pourra se déplacer jusqu'à 8 cm latéralement de chaque côté.
- Des grands voilages verticaux de bambous pour protéger les façades entièrement vitrées au sud ouest et nord-ouest
- Protection partiel du soleil et de la pluie des quais d'attente TGV par des abris filant à la sous-face chaleureuse revêtue de lames de peuplier Le long des quais, les pare-vent alternent le verre et la maille.
- Le choix des plantes a aussi été guidé par le climat en privilégiant les essences locales qui ne nécessitent pas d'arrosage. Le paysage conçu vit au rythme des saisons.



Figure II.38 :parvis de la gare de NIMES PONT-DU-GARD Source : [www.arep.fr](http://www.arep.fr)

- **La conservation du bâti traditionnel existant :**

En l'occurrence ici la préservation du Mas Larrier. un ancien bâtiment agricole situé au cœur di site de la gare d'une surface de 1400 m<sup>2</sup> .



Figure II.39 :Bâtiment du mas larrier Source :[www.spl-](http://www.spl-)

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ✓ Confort thermique :

Le bâtiment est ainsi conçu pour apporter le maximum de confort au voyageur tout au long de l'année, tant dans ses déplacements imaginés simples et fluides que dans les moments d'attente qui varient selon les saisons. Cela est assuré par plusieurs dispositifs :

- La ventilation naturelle abondante du hall est apportée par les portes d'accès et les châssis ouvrants en toiture qui font courir l'air. Un système de brumisation apporte le niveau d'hygrométrie souhaité
- Les trois strates de la toiture permettent de réguler les apports lumineux et thermiques
- Des brise-soleil métalliques sont inclinés de manière à stopper les apports de lumière excessifs l'été
- Les panneaux en textile forment un plafond acoustique en nappes suspendues en sous-face des planchers du grand hall et participent au confort thermique par le côté chaleureux du textile
- Isolation extérieure : utilisation des matériaux isolants pour assurer le confort estival et limiter les besoins de rafraîchissement.



Figure II.40 : Vue sur la façade principale avec brise soleil et la toiture ombrière Source : [www.spl-agate.com](http://www.spl-agate.com)

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ✓ Gestion de l'eau :

De façon naturelle, l'eau de surface est peu présente sur le site, c'est une ressource fragile qu'il faut préserver. AREP l'agence chargée du projet a pris le parti de limiter l'imperméabilisation des sols via une conception qui favorise l'infiltration directe par des noues et des bassins paysagers pour servir l'alimentation naturelle des nappes phréatiques nécessaires aux productions viticoles et horticoles environnantes.

Noues et bassins ont été dimensionnés pour faire face à un épisode de pluie centennal.

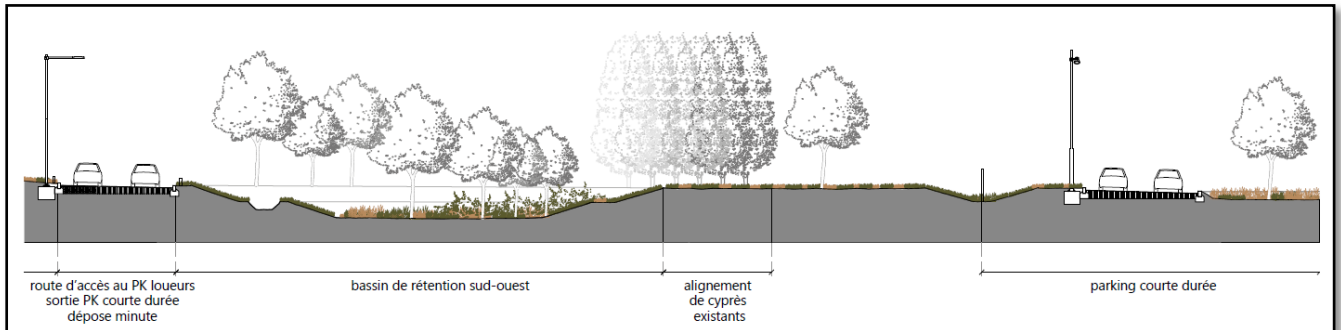


Figure II.41 : Coupe sur un bassin de rétention

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

### ✓ Matériaux :

le choix des matériaux a été minutieusement étudié par les équipes d'AREP en privilégiant des matériaux légers, locaux et à grande efficacité énergétique :

- Les concepteurs ont réduit au maximum l'emploi de matériaux lourds comme l'acier dans la conception des limites séparatives sur le site. Seules les clôtures de sécurisation de la ligne à grande vitesse sont conçues avec des matériaux lourds pour remplir les normes de sécurité exigées.  
À l'inverse, les clôtures paysagères ont été formées grâce à des noues plantées, avec des roseaux, d'herbes des indies et d'autres clôtures en ganivelles.
- Réemploi des terres :  
Les mouvements de terres nécessaires à la construction de la gare représentent le gisement le plus important de la matière mobilisée pour le projet avec près de 20000m<sup>3</sup> de terre végétale stockée et réemployée sur site.
- Approvisionnement en matériaux locaux pour minimiser le transport de matière et encourager l'activité locale, l'approvisionnement a été priorisé en local ou dans les régions voisines.
- **La pierre calcaire** de Hauteville mise en œuvre dans le hall est extraite des carrières du Bugey dans l'Ain. Elle résiste à un trafic dense et offre une évolutivité de l'espace.

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- Les poteaux de la charpente du hall en lamellé collé, sont réalisés dans une scierie de Haute-Saône, à partir de grumes de chênes qui proviennent du massif vosgien.



Figure II.42 Poteaux en lamellée collé Source : [www.arep.fr](http://www.arep.fr)

- Le parement extérieur des bâtiments de service est formé d'un béton composé d'agrégats locaux. Pour limiter les impacts environnementaux liés au prélèvement de l'eau et à la quantité de ciment mobilisée, le béton a été réalisé depuis une centrale à béton locale. Elle s'approvisionne avec des agrégats adaptés provenant d'une commune située à moins de 10 km et un dosage de ciment de 12 %.

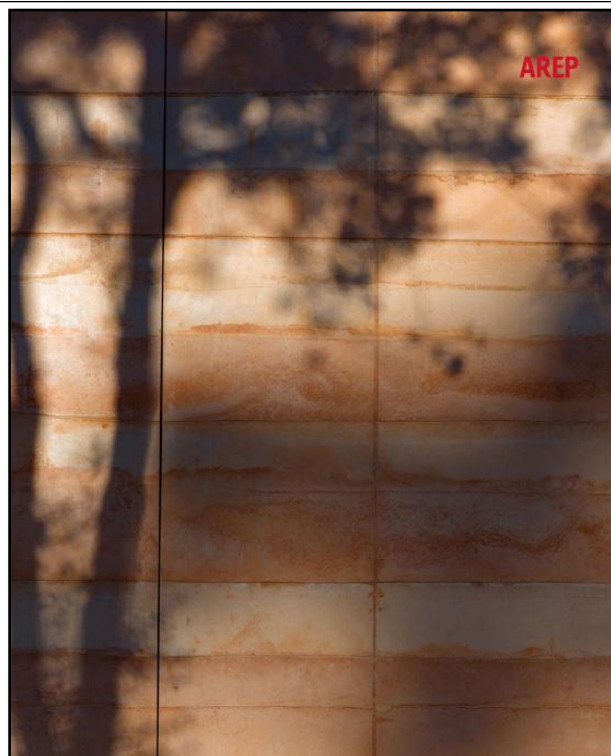


Figure II.43 : Revêtement de la façade en béton composé d'agrégats locaux -Source : [www.arep.fr](http://www.arep.fr)

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

- Les choix des matériaux issus de cultures responsables

- L'habillage des sous-faces des abris de quais est en **peuplier français** issue de forêts exploitées dans le respect du label PEFC.



Figure II.44 : Abri des quais -Source :www. arep.fr

- **Les essences de bambou** cultivées en France ne répondent pas aux exigences de durée de vie et de tenue au feu, ce qui est essentiel pour une gare qui accueille un public nombreux par nature et dont les conditions de sécurité doivent être optimales. Une essence asiatique a ainsi été retenue pour le bambou utilisé pour les brise soleil, lesquels participent à la régulation thermique écologique et bas carbone du bâtiment. Il s'agit du *Dendrocalamus Strictus*, issu d'une exploitation proche d'Ho Chi Minh Ville au Vietnam, certifiée FSC pour sa gestion et la traçabilité des produits.



Figure II.45 : Bambou -Source :www. arep.fr

## II -CHAPITRE : Efficacité énergétique des bâtiments

### ✓ **Performances énergétique:**

Nîmes Pont-du-Gard est une gare vertueuse, conçue pour utiliser le moins d'énergie possible dans son fonctionnement.

#### • **Electricité :**

Une gare bas carbone avec 7 700 m<sup>2</sup> de panneaux solaires qui sont installés sur les ombrières du parking paysager, ce qui produit 1,7 GWH/an, soit l'équivalent de la consommation d'électricité de 407 foyers français en moyenne. L'éco conception du bâtiment réduit en outre ses besoins énergétiques.

L'électricité excédentaire produite est injectée dans le réseau d'Enedis. La gare participe ainsi à l'amélioration du mix énergétique territorial.

L'installation a été lauréate de l'appel d'offres de la commission de régulation de l'énergie de juin 2019.



Figure II.46 : Panneaux solaires -Source : [www.sncf.gares & connexions.fr](http://www.sncf.gares&connexions.fr)

#### • **Eclairage**

Une gare frugale en consommation énergétique, l'enveloppe du bâtiment a été conçue pour répondre aux besoins énergétiques importants en matière d'éclairage.

Le hall d'échanges laisse ainsi entrer une lumière naturelle très abondante. Ce dernier est composé exclusivement de LED. Il est piloté par une commande centralisée pour contrôler l'allumage et l'extinction des lampes selon un programme horaire, à l'aide également de capteurs de luminosité qui agissent sur les sources d'éclairage.



Figure II.47 :Hall de la gare -Source: [www.sncf.gares & connexions .fr](http://www.sncf.gares&connexions.fr)

- **Chauffage et rafraîchissement**

Dans le bâtiment de service, les locaux chauffés ou rafraîchis sont regroupés avec des surfaces déperditives très restreintes et une forte inertie grâce à l'isolation extérieure et le plancher béton. La consommation d'énergie des locaux de service de la gare est inférieure de plus de 30% au niveau réglementaire (RT 2012).

- ✓ **Transport vert :**

En plus de la variété des services de transport disponible, le pôle d'échange offre des modes de transports alternatif et écologique avec :

- 24 stationnements de vélos (dont 50% avec possibilité de recharge de batterie)
- 96 places de parkings équipés de bornes de recharge pour véhicules électriques

En conclusion, la gare de Nîmes Pont-du-Gard dépasse tous les standards environnementaux de ses aïeules. Centrée sur l'écologie autant que sur le bien-être et le confort des voyageurs faisant d'elle un modelé Eco durable qui lui a valu la certification du label « Bâtiment Durable Occitanie ».

### **Conclusion :**

L'étude de ces exemples inspirants nous a permis de confirmer l'importance d'intégrer les systèmes bioclimatiques dans les bâtiments qui permettent de créer des bâtiments d'une qualité environnementale exemplaire et moins énergivore tout en offrant un confort optimal aux utilisateurs.

**CHAPITRE III :**  
**CAS D'ETUDE : LA GARE**  
**MULTI MODALE DE**  
**TIZI OUZOU**

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

Dans ce chapitre nous procéderons à l'étude et l'analyse bioclimatique d'un équipement dans le but de proposer des solutions pouvant améliorer la qualité de ce dernier suivant une démarche bioclimatique.

#### **1-CHOIX DU CAS:**

Le choix du cas s'est porté sur la gare multimodale de TIZI OUZOU, un équipement tertiaire important de par son rôle qui consiste à assurer la gestion du flux entrant et sortant de la ville.



Figure III.1 :Gare multimodale de TIZI OUZOU - Source : Auteur

La ville de TIZI OUZOU est considérée comme la capitale régionale grâce aux différentes activités qu'elles regroupent: des services administratifs, services universitaires, commerciaux et culturels, de ce fait la gare est le point de relais qui accueille quotidiennement un nombre important de voyageurs venant des différentes communes de TIZI OUZOU , mais aussi d'autres wilayas d'où l'importance de veiller sur la qualité de cet équipement qui doit répondre aux exigences fonctionnelles de ses utilisateurs tout en leur garantissant un confort au sein de la structure , sans bien sure omettre l'impact de cette dernière sur l'environnement ,

**2-SITUATION :**

Située au chef-lieu de la wilaya de TIZI OUZOU, la gare est implantée depuis 2011 aux abords de la route nationale N°12, un emplacement à l'écart de la ville, choisi dans le but de désengorger cette dernière et remédier aux inconvénients que causait l'ancienne gare situé en plein cœur de la ville.

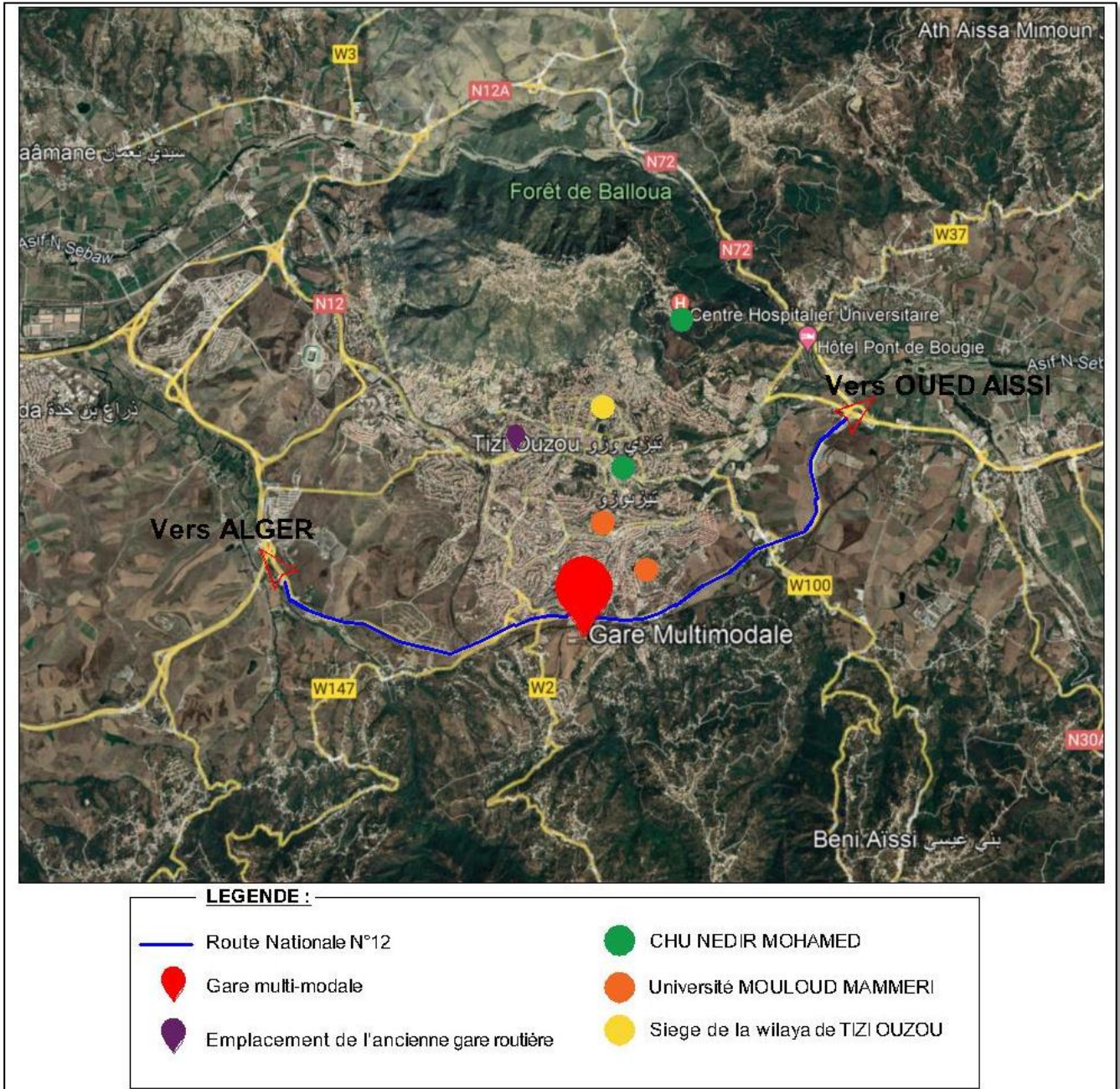


Figure III.2: Plan de situation - Source : GOOGLE

**3-ANALYSE FONCTIONNELLE :**

**3.1-Description de la gare :**

Implanté sur un terrain à l'écart de la ville aux abords de l'autoroute ,la gare est délimitée :

- Au Nord par la route nationale N°12
- Au Sud par le groupement de la gendarmerie nationale
- A l'Est et l'Ouest des terrains vagues

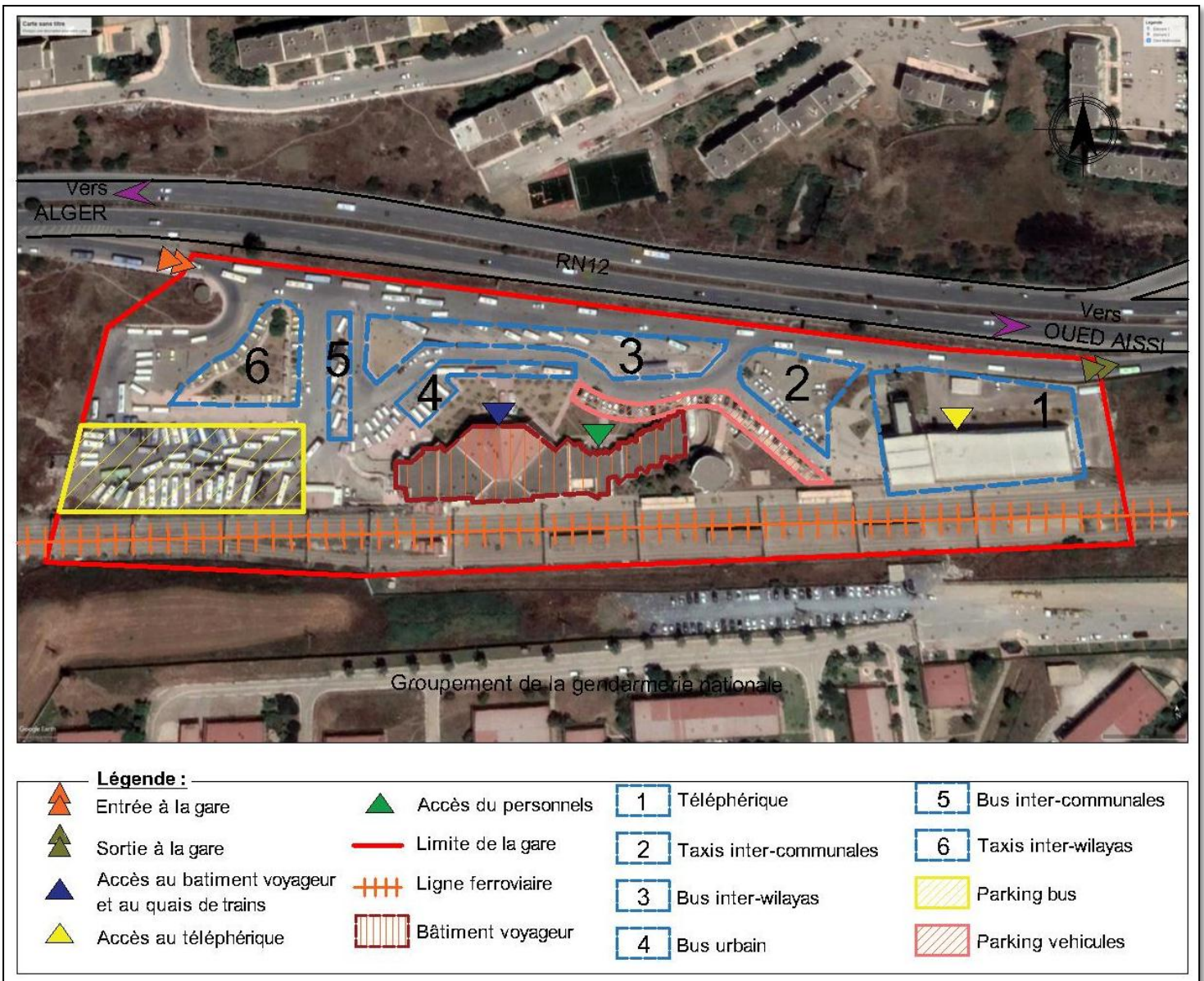


Figure III.3 :Plan de masse – Source : Google Earth Pro

### **3.2 –Accessibilité**

L'entrée de la gare se fait par l'autoroute avec un accès à l'extrémité gauche de la limite nord qui longe la RN12 , tandis que la sortie se trouve du côté opposé de cette dernière , une organisation qui permet d'organiser et de séparer les flux entrants et sortants dans le but d'éviter d'éventuels encombrements.



Figure III.4 : Entrée Ouest – Source : Auteur



Figure III.5 : Sortie Est – Source : Auteur

### 3.3-composition spatiale de la gare :

La gare dispose de plusieurs moyens de transport répartis sur l'ensemble de la surface :

- ✓ Une station de téléphérique inaugurée le 12 janvier 2020, il est constitué de six gares et relie la ville de TIZI OUZOU à la montagne de Redjaouna, sommet culminant, avec une altitude maximale de 690 mètres.



Figure III.6 : Station de téléphérique de la gare – Source : Google Maps

- ✓ Ligne ferroviaire inaugurée en 2017, reliant TIZI OUZOU à la capitale Alger

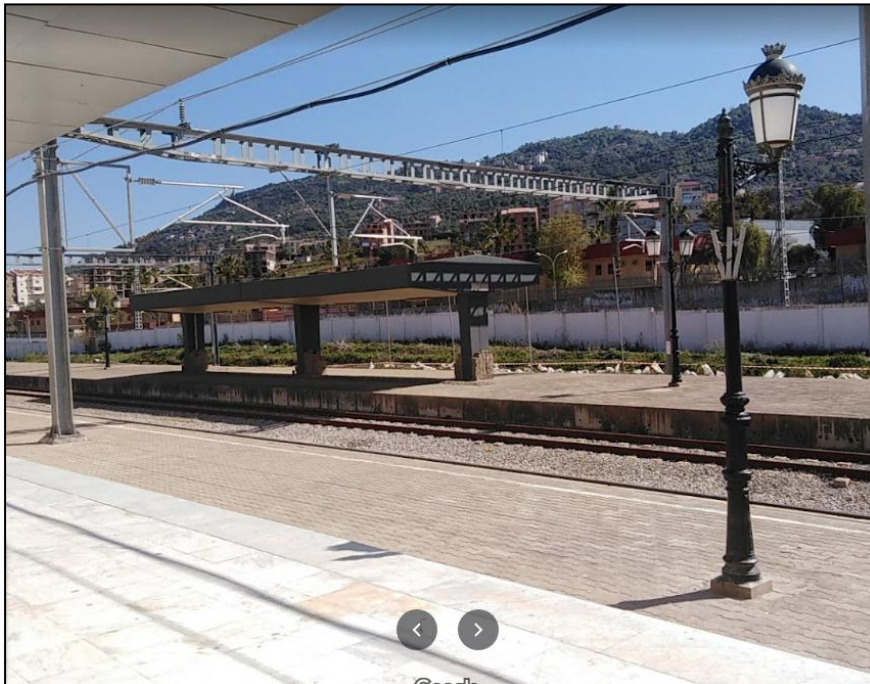


Figure III.7 : Quai du train – Source : Google Maps

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

- ✓ Deux stations de taxis (inter communal et inter wilayas)
- ✓ Des stations de bus : - Urbain
  - Inter communal
  - Inter wilaya

En plus des différents services de transports la gare dispose de deux parkings (voitures, et bus) et d'un bâtiment voyageur.



Figure III.8 :Bâtiment voyageur - source : Auteur

**Le bâtiment voyageur** (voir plan joint ) est un espace de transition vers les quais de trains qui abrite les bureaux d'administration de la gare, la billetterie, des kiosques commerciales, une cafétéria, des sanitaires et un hall d'attente pour les voyageurs et qui est doté d'un sous-sol ( voir plan joint ) qui abrite des espaces de dépôts et des locaux techniques .

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

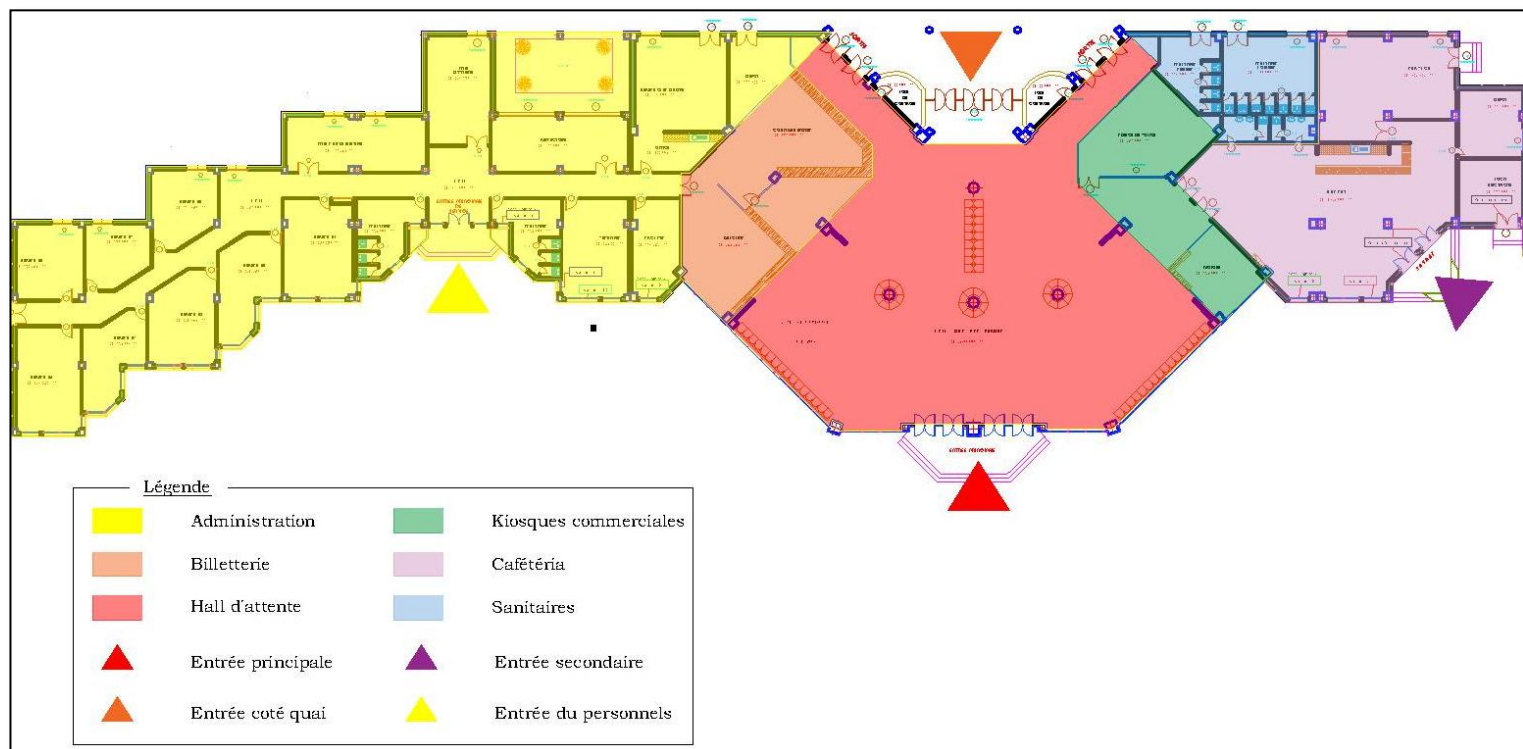


Figure III.9 : Schéma des repartitions des espaces dans le bâtiment voyageur – source : auteur



Figure III.10 :Hall d'attente - source : Auteur

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU



Figure III.11 : Billetterie - source : Auteur



Figure III.12 : Cafeteria -  
source : Google Maps



Figure III.13 : Kiosques commerciales  
- source : Google Maps

**Synthèse de l'analyse fonctionnelle :**

Après cette analyse et les différentes données récoltées nous constatons des points forts notamment :

- Le désengorgement de la ville de TIZI OUZOU en délocalisant la gare vers l'extérieur de la ville.
- La disponibilité de plusieurs moyens de transport qui facilite le déplacement des usagers et permet de repartir les flux.
- Une surface importante qui offre plus d'espace de circulation aux bus, ainsi qu'au voyageur qui aussi ont à leur disposition un grand hall d'attente à l'abri de la pluie et du soleil au sein du bâtiment voyageur.

Malgré ces point positives l'équipement présente malheureusement certains points négatifs comme :

- Manque de sécurité pour les voyageurs du notamment à l'accessibilité mal réfléchi, sachant que les piétons accède à la gare par les accès mécaniques, avec des trottoirs étroits voir inexistant.
- Problèmes de stationnement dû aux places de parkings insuffisantes pour les bus ainsi que pour les véhicules visiteurs ce qui engendre de l'encombrement.
- Manques de services essentielles notamment les sanitaires présent uniquement à l'intérieur du bâtiment voyageur et dont l'accès se fait par les quais de trains ce qui a conduit après une certaine durée de l'inauguration à la création de sanitaires annexes implantés anarchiquement.

#### 4-ANALYSE BIOCLIMATIQUE :

##### 4.1-Characteristiques climatiques de la ville de TIZI OUZOU

L'évaluation des différents paramètres du climat (température, humidité, vent, précipitation et ensoleillement) est très importante lors de l'analyse d'un bâtiment, différents d'une région à une autre ces derniers déterminent le potentiel du climat dont on peut tirer profit dans le projet et aussi les éléments climatiques qu'on doit maîtriser avec des solutions passives adéquates.

Le climat de la ville de TIZI OUZOU, est de type méditerranéen, assez frais et pluvieux en hiver, chaud et sec en été.

##### ➤ Les températures :

La température est un état instable dont les variations dépendent du rayonnement solaire, du vent, de l'altitude et de la nature du sol.

T° C	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T° Moyenne Max.	15,16	16,68	19,61	21,66	26,36	31,68	35,48	<b>35,88</b>	31,37	26,65	19,87	15,83
T° Moyenne Min.	<b>06</b>	06,65	08,45	10,15	14,04	18,17	21,07	21,82	18,81	15,35	10,42	07,28
<b>T° moyenne</b>	<b>10,58</b>	<b>11,66</b>	<b>14,01</b>	<b>15,90</b>	<b>20,20</b>	<b>24,92</b>	<b>28,27</b>	<b>28,85</b>	<b>25,09</b>	<b>21</b>	<b>15,14</b>	<b>11,55</b>

**Tableau III.1** : Variation des températures moyennes minimales et maximales pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008- Source : Station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou

D'après ce tableau, on remarque, de fortes amplitudes entre l'hiver et l'été, et une augmentation des températures moyennes mensuelles d'une façon significative puis une diminution jusqu'au mois de Janvier. A noter que les moyenne maximale la plus élevée (jour) est de **35.88°C** au mois d'aout, et la plus basse (nuit) est de **6°C** au mois de Janvier.

##### ➤ Précipitation :

##### **-Précipitations saisonnières :**

Saison	Hiver			Printemps			Automne			Eté		
Mois	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Ari.	Mai.	Sep.	Oct.	Nov.	Juin.	Juil.	Aout.
	<b>128,57</b>	<b>118,34</b>	<b>74,97</b>	<b>66,07</b>	<b>81,65</b>	<b>59,86</b>	<b>34,97</b>	<b>68,17</b>	<b>101,94</b>	<b>7,84</b>	<b>3,62</b>	<b>6,05</b>
	<b>321,88</b>			<b>207,58</b>			<b>204,81</b>			<b>17,51</b>		
	<b>42,81</b>			<b>27,61</b>			<b>27,24</b>			<b>2,33</b>		

**Tableau III.2** : Répartition de la pluviométrie saisonnière durant la période entre 1990 et 2008 - Source : Station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

A la lecture du tableau on remarque que :

- ✓ La saison la plus humide est l'Hiver avec 42,81% des précipitations moyennes annuelles soit 321,88 mm,
- ✓ La quantité de pluie reçue en Automne et au printemps est relativement équilibrée, respectivement 27,61% et 27,24%
- ✓ En été elle n'excède pas les 2,33%, soit 17,51 mm

On conclue que la région de Tizi-Ouzou présente un régime pluvial de type HPAE (Hiver, Printemps, Automne et Eté),

#### -Précipitations annuelles :

Mois	Pluviométrie moyenne (mm)
Janvier	<b>118,34</b>
Février	74,97
Mars	66,07
Avril	81,65
Mai	59,86
Juin	7,84
Juillet	<b>3,62</b>
Aout	6,05
Septembre	34,97
Octobre	68,17
Novembre	101,94
Décembre	128,57
Année	752,05

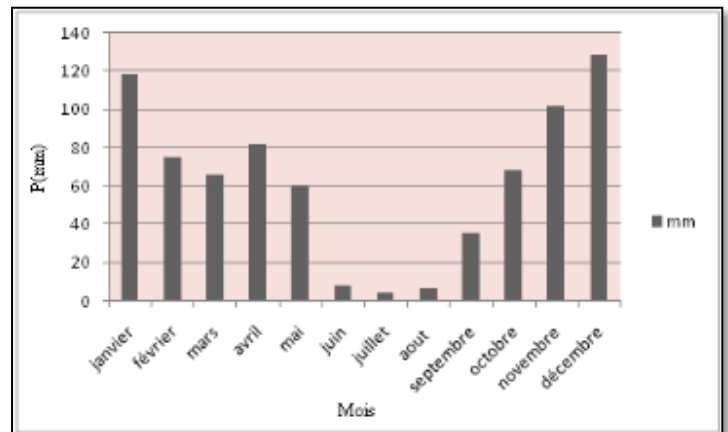


Tableau III.3 :Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

Figure III.14 :Histogramme de la pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle de la région de Tizi-Ouzou (1990 à 2008).- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

D'après les données on remarque que le mois le plus pluvieux est janvier avec 118,34mm et le mois le plus sec est Juillet avec 3,62mm.

Ces données nous permettent aussi de constater une période pluvieuse représentée par cinq mois (Novembre, décembre, janvier, février et avril) soit plus de 70% des précipitations annuelles reçues et une période sèche qui s'étale de mi-mai à la mi-septembre

➤ **Les vents :**

Ils sont produits par la différence des pressions atmosphériques engendrés principalement par les différences de températures.

MOIS	Vitesse	Direction
Janvier	1,3	SW
Février	1,3	W
Mars	1,6	W
Avril	1,8	SSW
Mai	1,9	W
Juin	2,3	NW
Juillet	2,2	NNE
Aout	2	SSE
Septembre	1,6	WNW
Octobre	1,4	WNW
Novembre	1,4	SSW
Décembre	1,5	W
Moyenne annuelle	1,7	W

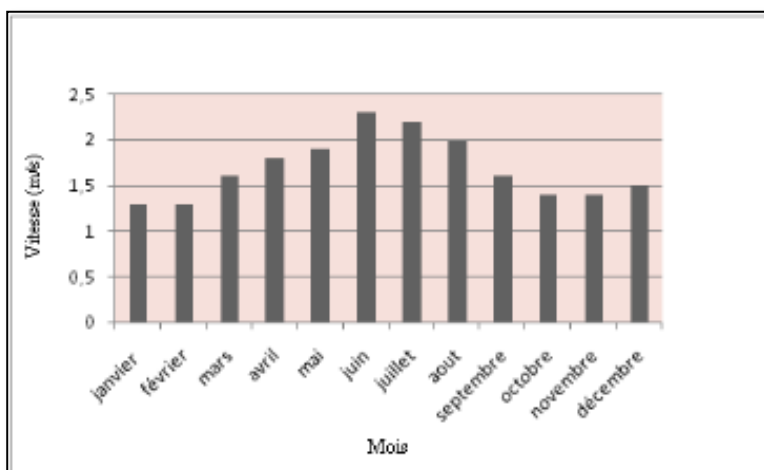


Tableau III.4 : Vitesse moyenne et direction des vents dominants pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

Figure III.15 :Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

On remarque que les vents dominants sont venus de l'ouest avec une vitesse allant de 1,3 m/s pour les deux mois de janvier et février, une augmentation remarquable du mois de Mars (1,6 m/s) au mois de juillet (2,2 m/s), puis une diminution de la vitesse du mois d'août au mois de décembre.

La vitesse moyenne des vents n'excède pas 2,3 m/s, soit 8 km/s ; en référence à l'échelle de Beaufort (1805) on voit que les vents de la région de Tizi-Ouzou sont de degré deux (air avec une brise légère).

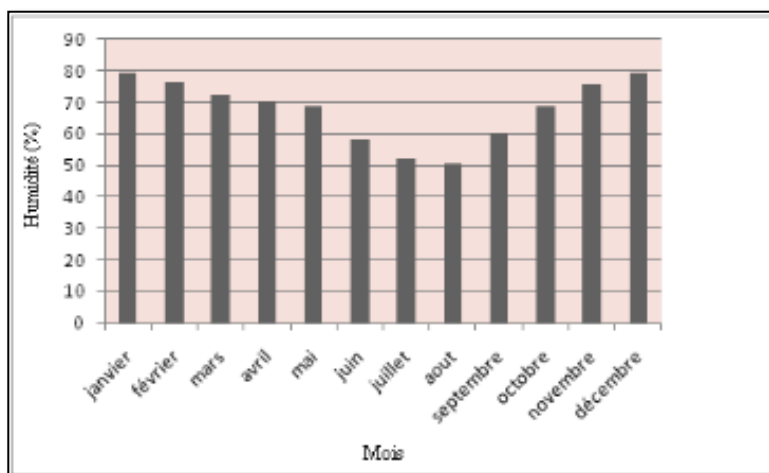
➤ **Humidité relative HR:**

L'humidité relative HR est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. Elle dépend des précipitations, de la végétation et du type du sol, le régime des vents et d'ensoleillement.

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

La région de Tizi-Ouzou est caractérisée par un degré hygrométrique assez élevé tout au long de l'année (moyenne annuelle de 67,8 %), avec six mois entre 70,5 % et 79,5 % et six mois entre 52,1 % et 69 % (Tableau V).

Mois	Humidité moyenne (%)
Janvier	79,6
Février	76,6
Mars	72,5
Avril	70,5
Mai	69,0
Juin	58,2
Juillet	52,1
Aout	50,4
Septembre	60,2
Octobre	69,0
Novembre	75,8
Décembre	79,5
Moyenne annuelle	67,8



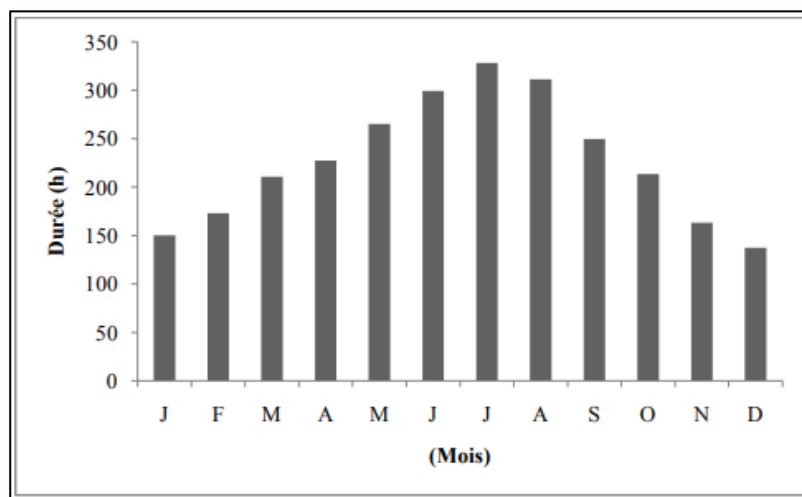
**Tableau III.5 :** Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée entre 1990 et 2006-Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

**Figure III.16 :** Histogramme des variations de l'humidité relative mensuelle dans la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006. Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

D'après EMBERGER (1930), un jour est considéré sec si l'humidité relative est inférieure à 40 %. Dans l'histogramme, on remarque que l'humidité relative mensuelle excède cette valeur (40 %) sur tous les mois, donc Tizi-Ouzou est humide sur toute l'année.

#### ➤ L'enseillement :

La région bénéficie d'une très grande quantité d'énergie solaire durant l'année, notamment en période estivale ou la durée moyenne d'enseillement atteint 938,5 heures (période 1990-2009) sur une durée moyenne annuelle d'enseillement estimée à 2 728,7 heures (période 1990-2009).



**Figure III.17 :** Histogramme de la durée moyenne mensuelle d'insolation, station de Boukhalfa, durant la période 1990-2009- Source : Station ONM de Boukhalfa, TIZI-OUZOU

#### **4.2- Analyse de la gare via l'application CT-BAT:**

L'application CT BAT est un outil d'analyse (cité dans le chapitre II ) élaboré par l' APRUE (L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie en Algérie) qui a pour principal objectif de vérifier la conformité des constructions nouvelles ou anciennes aux normes algériennes, sachant que les déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une limite appelée «déperdition de référence» ; fixées par les DTR C3-2 ; et que les apports calorifiques calculés pour la période d'été doivent être inférieurs à une limite appelée «apport de référence» fixées par DTR C3-4.

Dans notre cas l'application va nous permettre d'effectuer des calculs thermiques afin de vérifier sa conformité aux normes, et nous orienter vers des solutions passives pour améliorer sa qualité.

##### **➤ Description du bâtiment :**

L'analyse va se limiter au bâtiment principale de la gare (Le bâtiment voyageur) , qui est constitué d'un :

- Rez de chaussée d'une surface de 2153.00 m<sup>2</sup> composé de : bureaux, guichets, sanitaires, kiosques commerciales, une cafeteria et un hall d'attente.

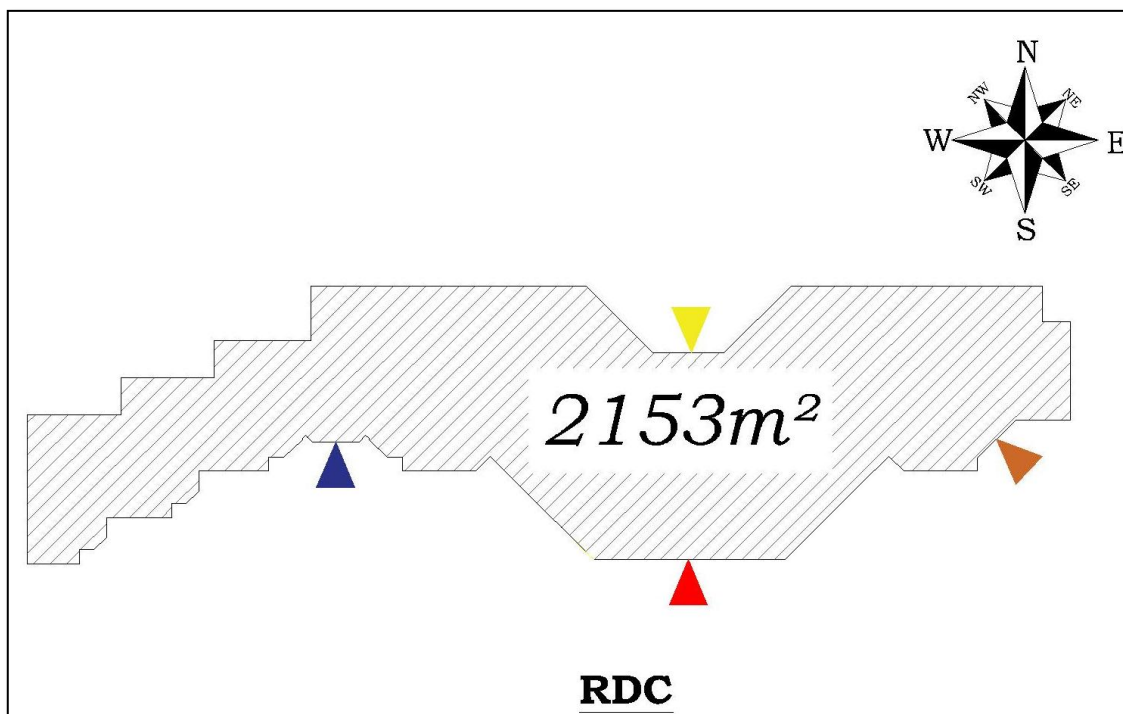


Figure III.18 : Plan schématique du rez de chaussée – source :auteur

#### **Légende :**

- |   |   |
|---|---|
|  Entrée principale |  Entrée principale |
|  Entrée du quai    |  Entrée du quai    |

- Un sous-sol d'une surface de 2312.00 m<sup>2</sup>, réservés aux locaux techniques et dépôts.

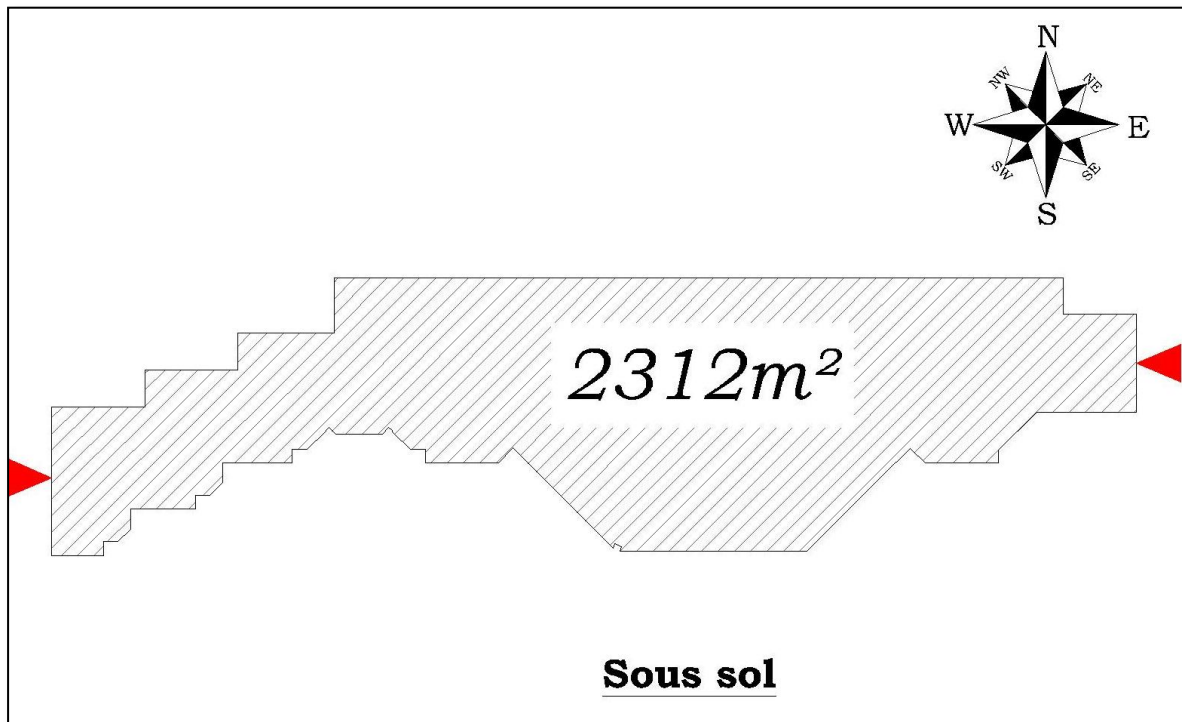


Figure III.19 : Plan schématique du sous-sol-Source : Auteur

Légende :

- 02 ▲ Accès au sous-sol

➤ Les détails des composants de l'enveloppe :

L'enveloppe du bâtiment peut se décomposer en plusieurs éléments présentés comme suit:

- Les planchers :

- Plancher bas (sous-sol)
- Plancher haut (RDC)



Figure III.20 : Coupe schématique –source : auteur

- Le toit :

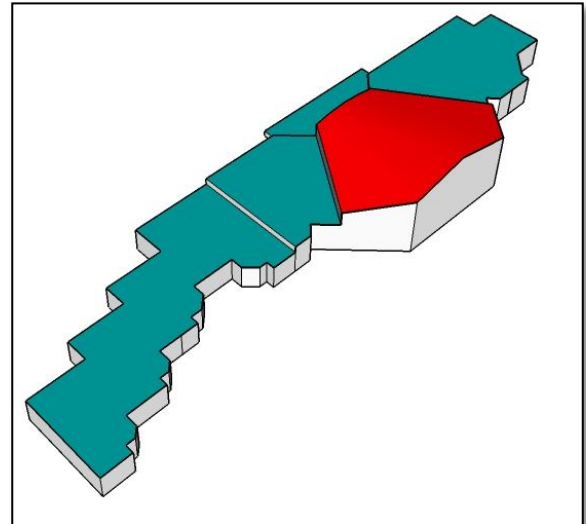
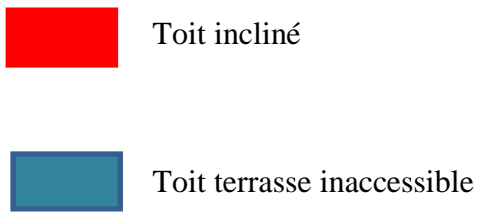


Figure III.21 :Volumétrie du projet – vue de haut –  
source :auteur

- La façade Nord (mur, fenêtres et porte) d'une surface globale de 940 m<sup>2</sup> dont 55 % est vitrée ;

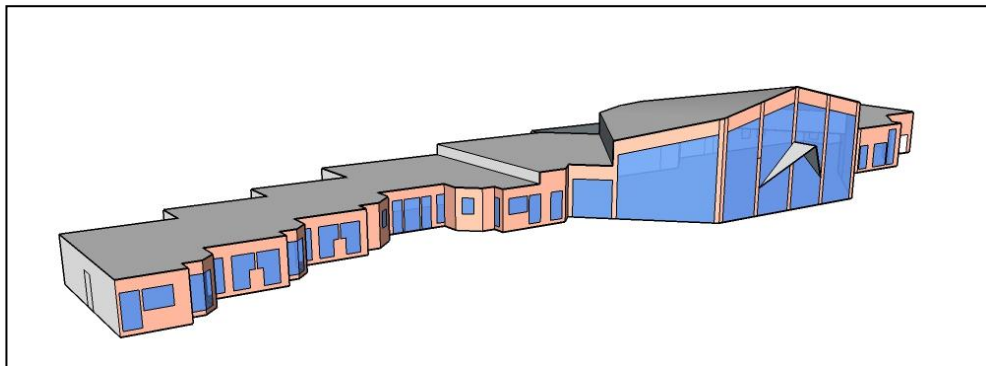


Figure III.22 : Volumétrie du projet – vue sur la façade Nord-source : Auteur

- La façade Sud (mur, fenêtres et porte) d'une surface globale de 720 m<sup>2</sup> dont 15 % est vitrée ;

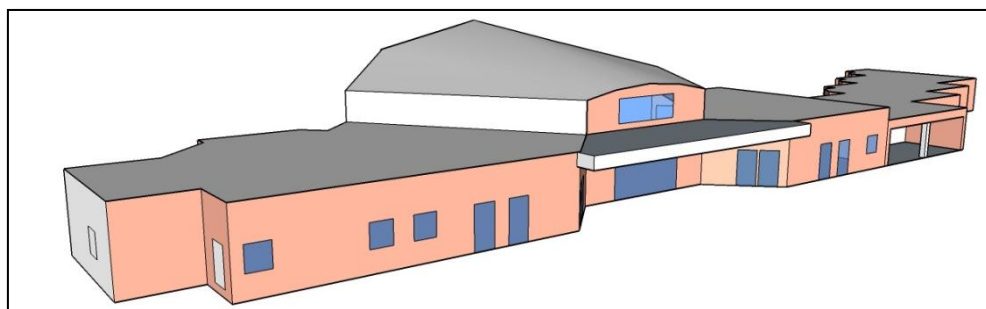


Figure III.23 :Volumétrie du projet – vue sur la façade Sud – Source :Auteur

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

- La façade Ouest (mur, fenêtres et porte) d'une surface globale de  $80 \text{ m}^2$  dont 3 % est vitrée ;

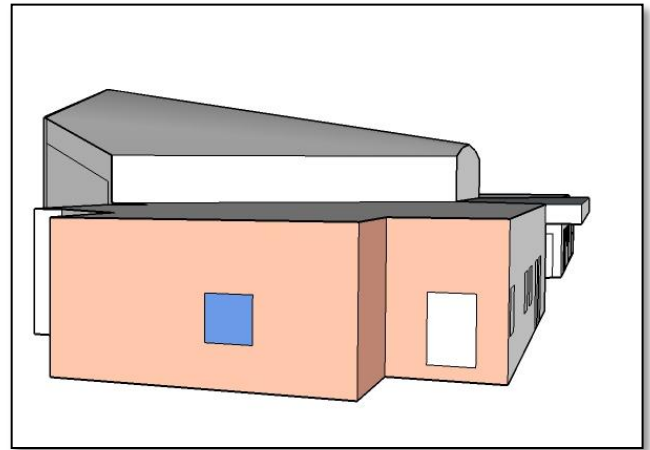


Figure III.24 :Volumétrie du projet – vue sur la façade Ouest –source : Auteur

- La façade Est (mur et porte) d'une surface globale de  $69.60 \text{ m}^2$  sans vitrage ;

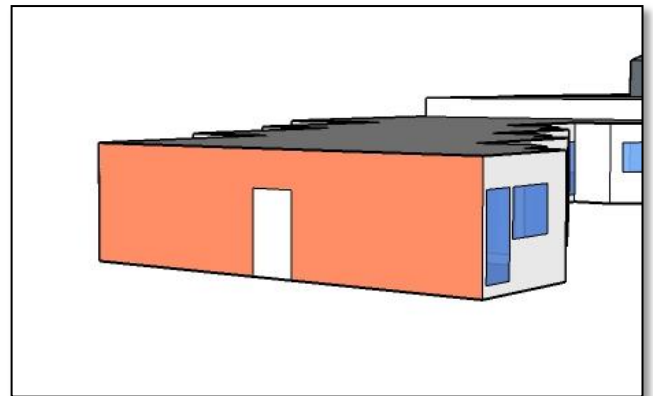


Figure III.25 :Volumétrie du projet – vue sur la façade Est –source :Auteur

- Murs partiellement enterrés d'une surface de  $573.00 \text{ m}^2$  sur du côté Nord

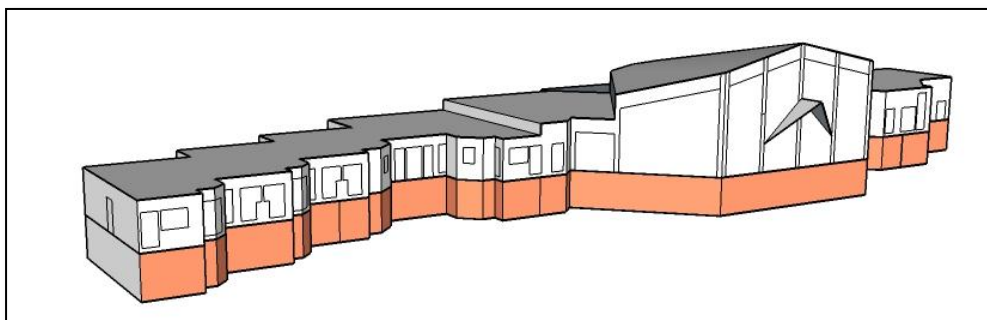


Figure III.26 : Volumétrie du projet – mur sous-sol côté Nord – source : Auteur

## CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

- Murs entièrement enterrés au sud d'une surface de 485.00m<sup>2</sup>

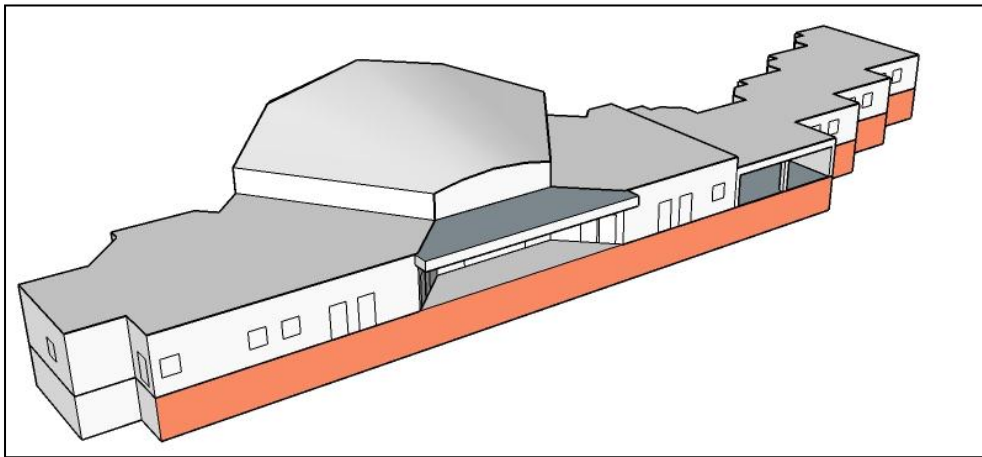
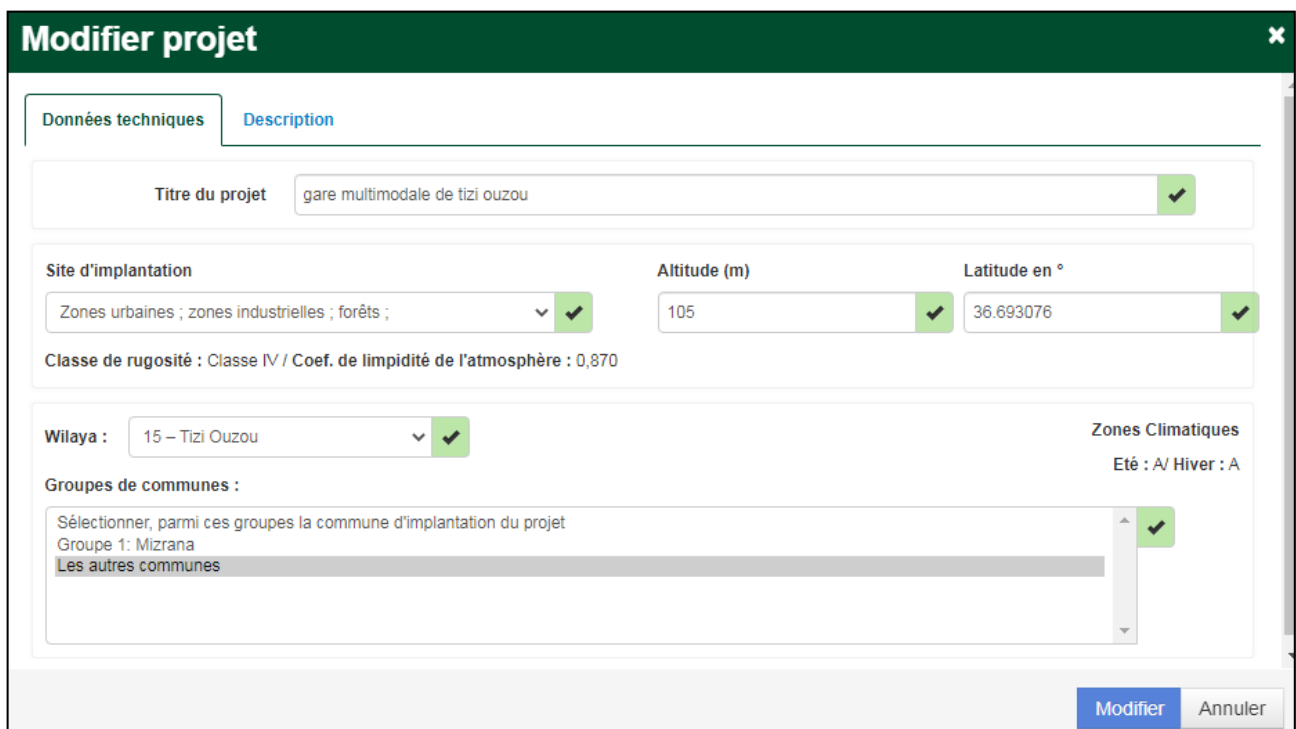


Figure III.27 : Volumétrie du projet – mur sous-sol côté Sud-source :Auteur

### ➤ Les étapes de l'analyse :

- En premier lieu on définit le projet avec des données générales essentiellement de positionnement : altitude, latitude, commune..., afin de définir la zone climatique.



**Modifier projet**

**Données techniques** | Description

Titre du projet : gare multimodale de tizi ouzou ✓

Site d'implantation : Zones urbaines ; zones industrielles ; forêts ; ✓

Altitude (m) : 105 ✓

Latitude en ° : 36.693076 ✓

Classe de rugosité : Classe IV / Coef. de limpidité de l'atmosphère : 0,870

Wilaya : 15 – Tizi Ouzou ✓

Zones Climatiques : Eté : A/ Hiver : A

Groupes de communes : Sélectionner, parmi ces groupes la commune d'implantation du projet

Groupes de communes : Groupe 1: Mizrana ✓

Les autres communes

Modifier Annuler

Figure III.28 : Interface de l'application CT-BAT, description du projet- source : Auteur

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

➤ Une fois le projet défini, il s'agit alors de créer les volumes thermiques, appelée enveloppes

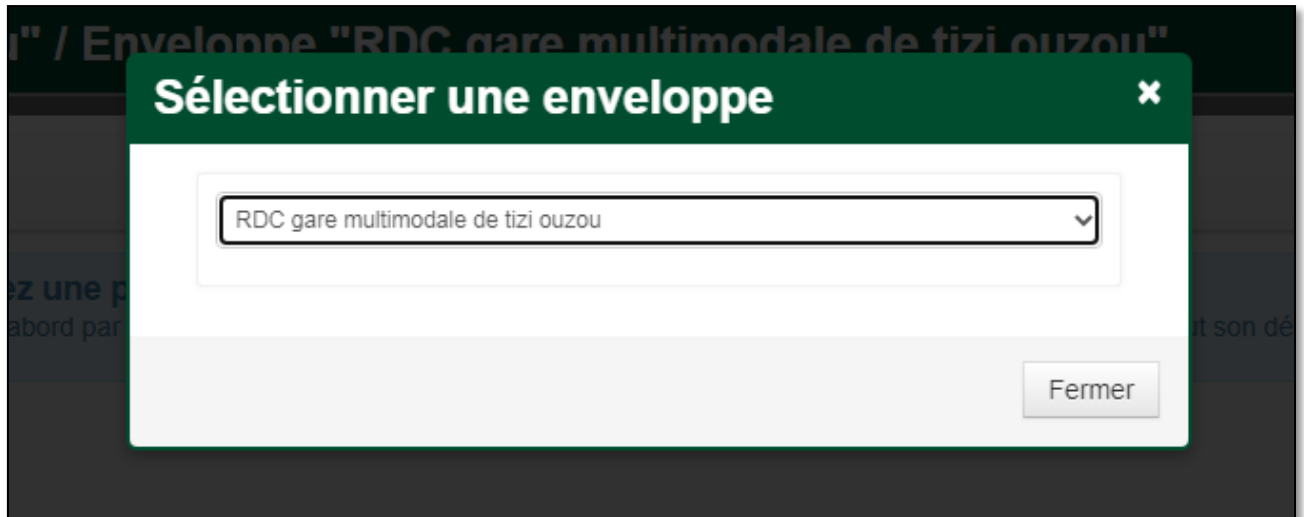


Figure III.29 :Interface de l'application CT-BAT, création d'une enveloppe –source : Auteur

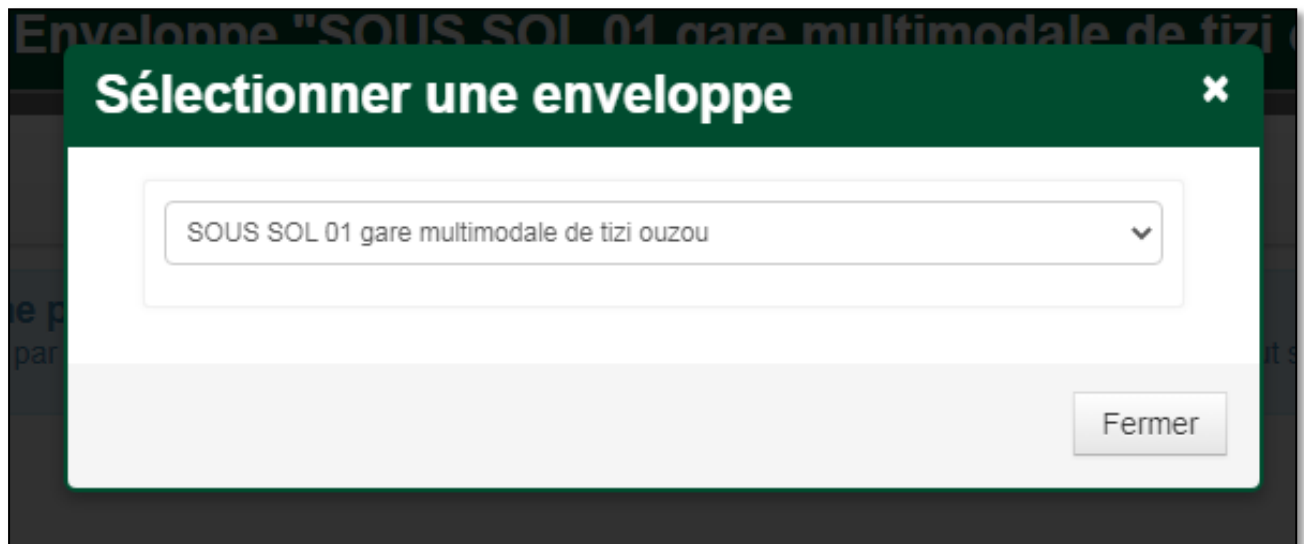


Figure III.30 : Interface de l'application CT-BAT, création d'une enveloppe –source : Auteur

➤ Puis il est nécessaire de définir les matériaux des différents éléments du projet ( mur , plancher , portes , fenêtres ...) afin de les attribuer directement à la création de ces derniers , avec toutes les caractéristiques thermiques des composants .

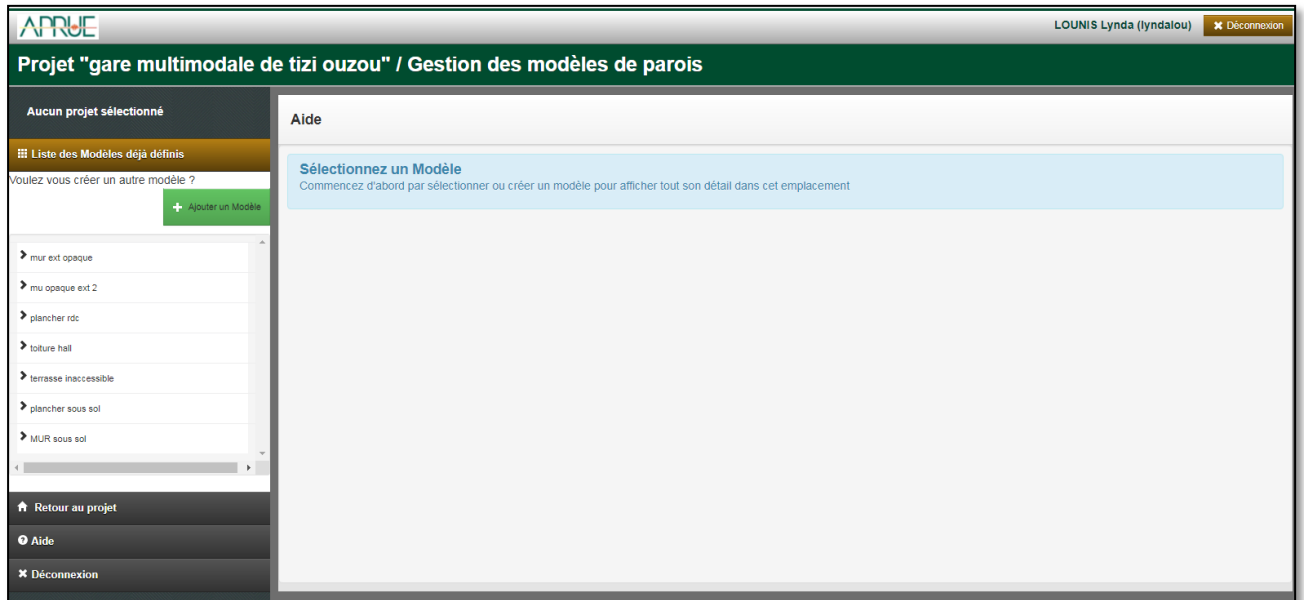


Figure III.31 :Interface de l'application CT-BAT ,éditeur des matériaux -source : Auteur

➤ Après cette étape il faut alors définir les parois qui composent chaque enveloppe ou volume thermique, de façon à créer un espace fermé.

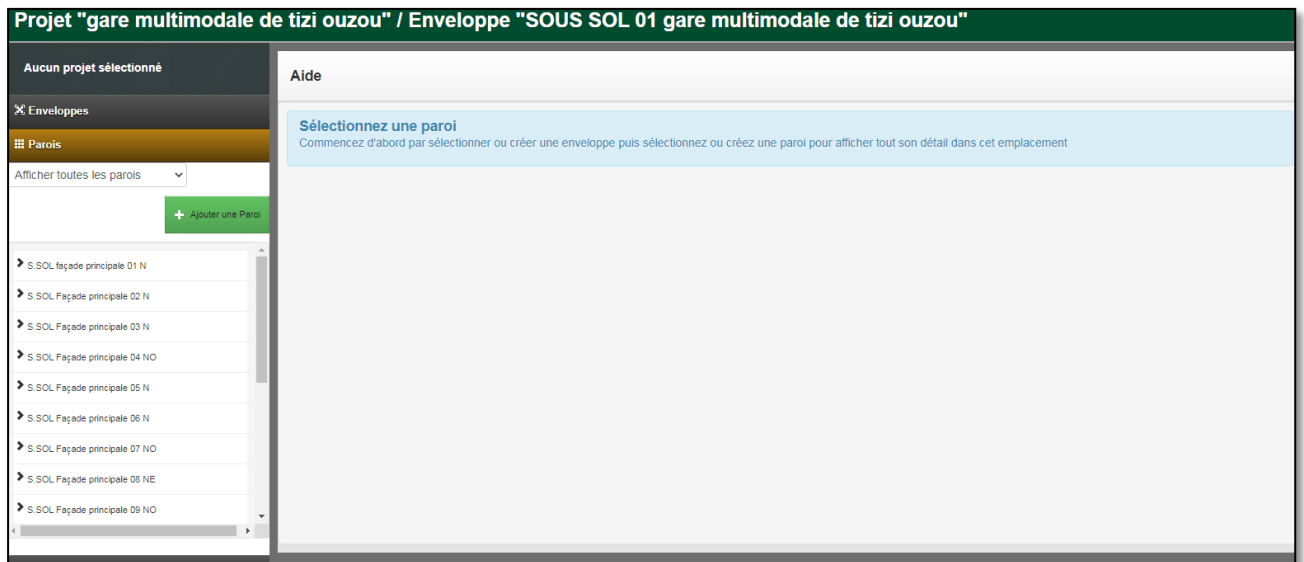


Figure III.32 : Interface de l'application CT-BAT, création des parois –source : Auteur

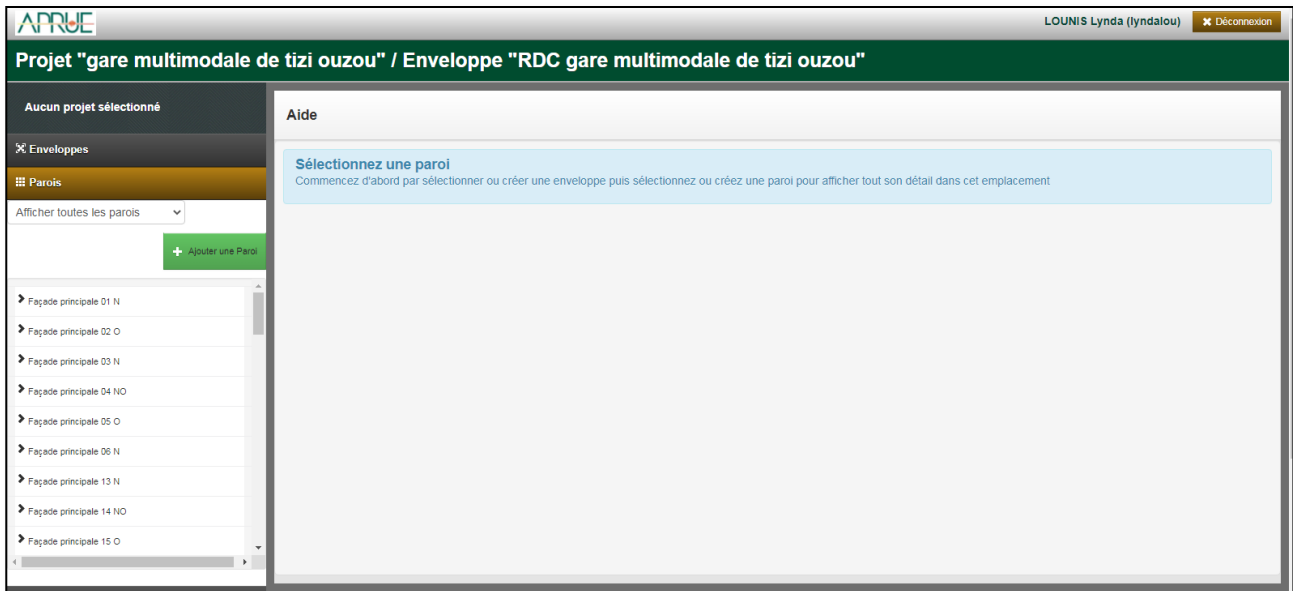


Figure III.33 : Interface de l'application CT-BAT, création des parois –source : Auteur

- Une fois les enveloppes créés il est essentiel d'insérer les données liés au chauffage, la climatisation et le renouvellement d'air en se basant sur les données récoltées auprès de l'administration qui gère de l'équipement pour effectuer les calculs de conformité :
- Le chauffage :

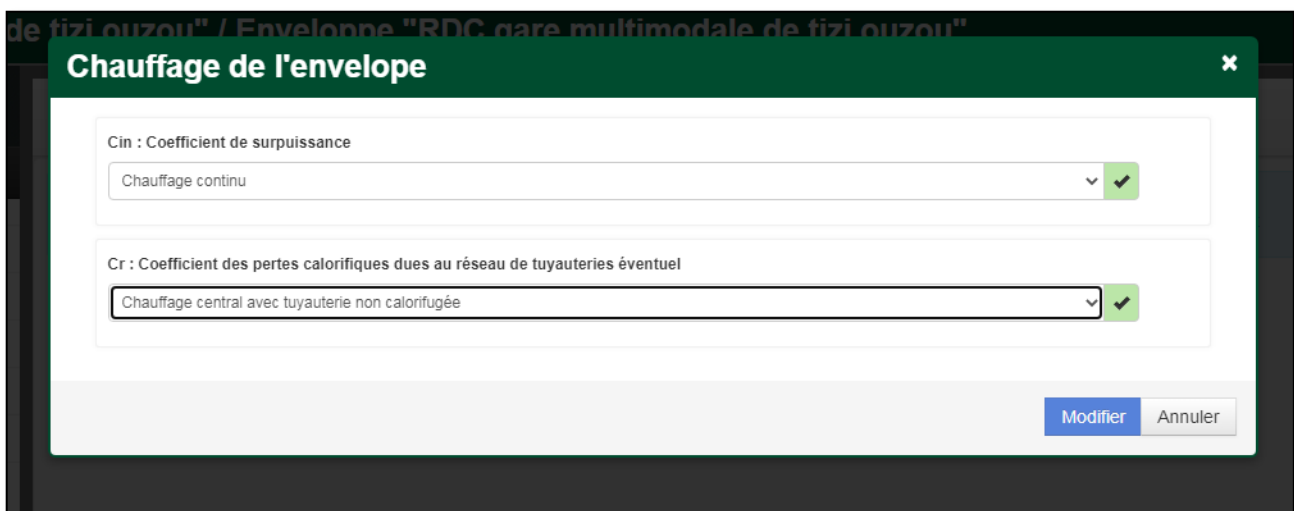


Figure III.34 :Interface de l'application CT-BAT, mode de chauffage –source : Auteur

- La climatisation :

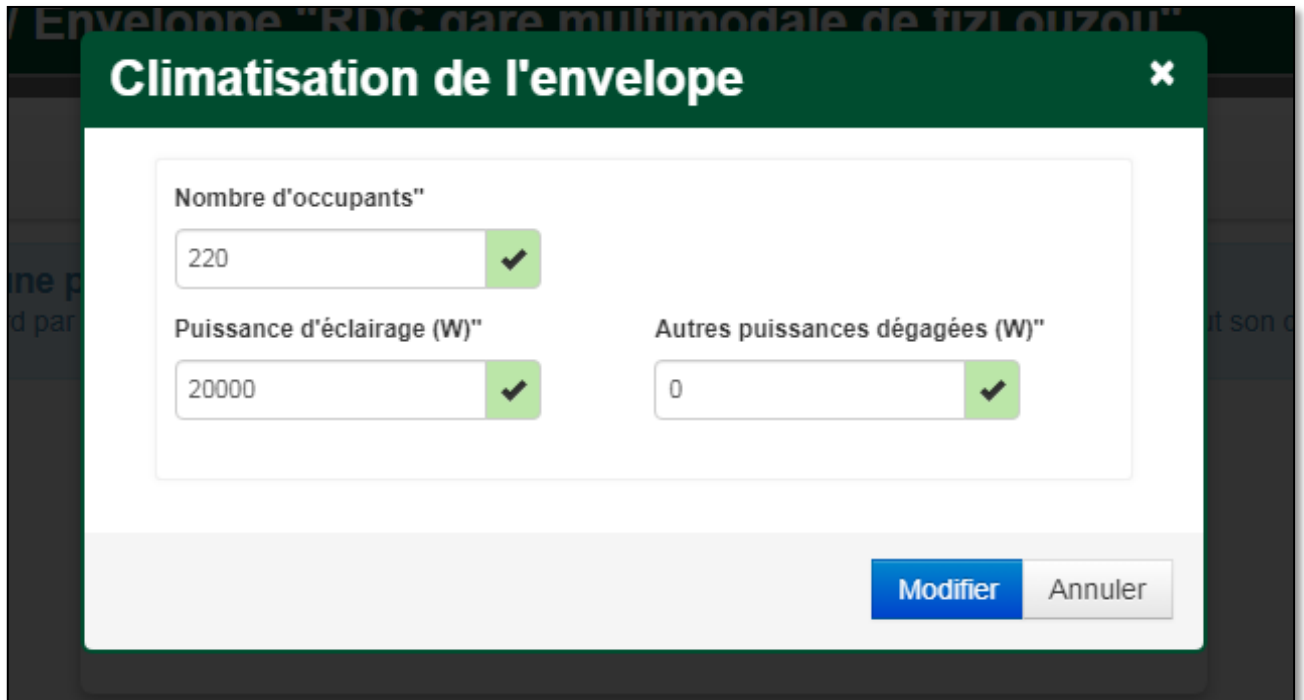


Figure III.35 : Interface de l'application CT-BAT, mode de climatisation –source : Auteur

- Renouvellement d'air :

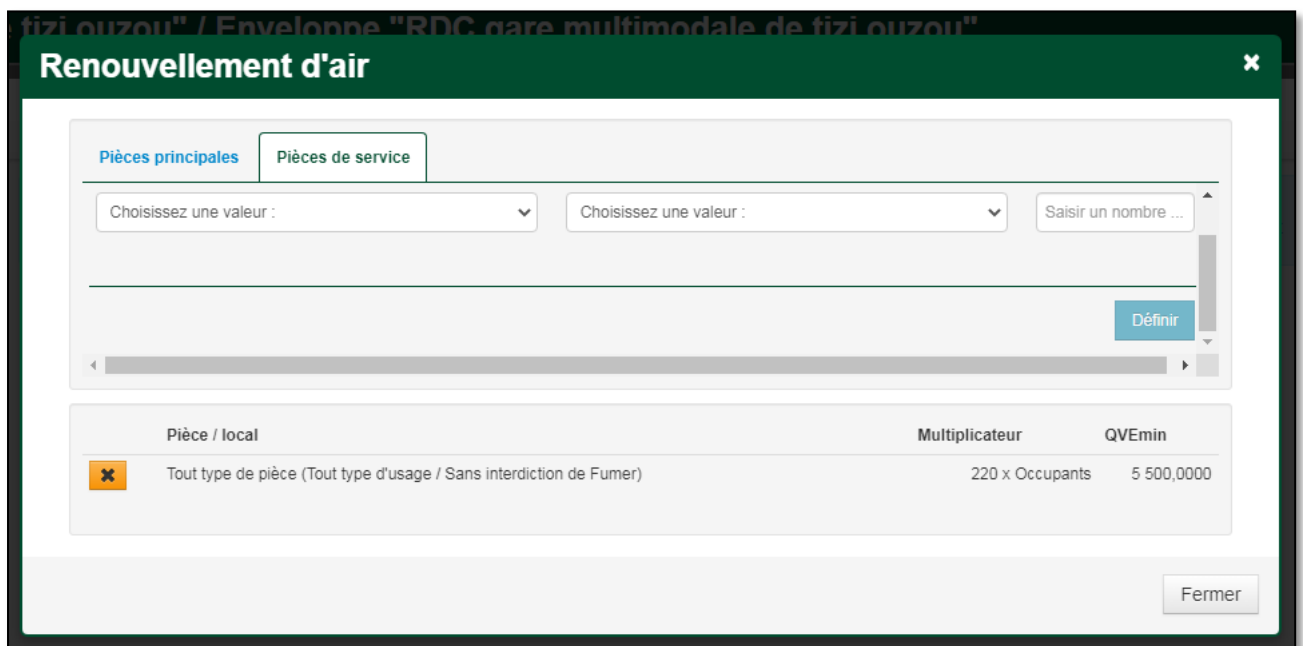


Figure III.36 : Interface de l'application CT-BAT, mode d'aération –source : Auteur

**4.3-Interprétation des résultats des calculs thermiques de l'application CT-BAT :**

Après l'enregistrement de toutes les données précédemment citées, il est possible de lancer des calculs thermique comprenant :La conformité au DTR et un dimensionnement,

➤ La conformité au DTR :

✓ Vérification C-3.2 :

Enveloppe	D = Σ DT	Σ Dréf	Vérification C-3.2	A = Σ APO + Σ AV	Aréf = Σ APOréf + Σ AVréf	Vérification C-3.4
SOUS SOL 01 gare multimodale de tizi ouzou	1 462,50	11 655,28	0,13 <b>Conforme</b>	119 871,35	39 383,48	3,04 <b>Non conforme</b>
RDC gare multimodale de tizi ouzou	8 607,82	11 832,41	0,73 <b>Conforme</b>	265 257,79	120 682,63	2,20 <b>Non conforme</b>

Figure III.37 : Interface de l'application CT-BAT, calcul de conformité –source : Auteur

D'après les calculs de l'application, on constate que l'équipement est conforme au DTR C-3.2 sur les deux niveaux (sous-sol, RDC), ce qui signifie que la somme des déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver ( $D = \Sigma DT$ ) est inférieure à la somme des déperditions de référence ( $\Sigma Dréf$ )

Sachant que Le confort d'hiver est assuré par l'isolation, en réduisant au maximum les déperditions thermiques ,Ce résultat s'explique alors par la présence d'une isolation assez efficace en hiver, notamment avec l'utilisation de certains éléments comme :

- Le matériau composite (ALUCOBOND ) sur l'intégralité de la façade orientée Nord , qui augmente l'épaisseur et ainsi la résistance thermique du mur ,une isolation par l'extérieure qui permet aussi de réduire les ponts thermique



Figure III.38 : Alucobond façade Nord –source : Auteur

mur ext opaque 01 Menu Modèle

---

**Caractéristiques générales**

Titre	Epaisseur	Résistance
mur ext opaque 01	0,3430 m	1,5134 (m <sup>2</sup> .°C)/W

---

**Composition** Ajouter une couche

Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ	
0 - matériau composite alucobond	0,003 m	0,0061 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,9000	0,4900 W/m.°C	
1 - ciment	0,020 m	0,0364 (m <sup>2</sup> .°C)/W	28,0000	0,5500 W/m.°C	
2 - brique rouge 12 trous	0,150 m	0,7246 (m <sup>2</sup> .°C)/W	99,0000	0,2070 W/m.°C	
3 - lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,050 m	0,1600 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C	
4 - brique rouge 8 trous	0,100 m	0,5291 (m <sup>2</sup> .°C)/W	91,2000	0,1890 W/m.°C	
5 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,020 m	0,0571 (m <sup>2</sup> .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C	
Total		0,3430 m	1,5134 (m <sup>2</sup> .°C)/W	239,0000	

Figure III.39 :Interface de l'application CT-BAT ,composition du mur extérieur Nord –source : Auteur

- Le double vitrage sur l'ensemble des menuiserie du projet ainsi que le mur rideau , plus performant qu'un simple vitrage avec un coefficient de transmission thermique estimé à 1.5 W/m<sup>2</sup>.°c ; il permet d'augmenter la résistance thermique et de conserver la chaleur à l'intérieur

**Modifier matériau** ✕

Nature de la menuiserie <input type="text" value="aluminum 01"/>	Type de vitrage <input type="text" value="double vitrage"/>	Epaisseur de la lame d'air (m) <input type="text" value="5 à 7"/>
Kvn Vertical (W/m <sup>2</sup> .°C) <input type="text" value="1.5"/>	Kvn Horizontal (W/m <sup>2</sup> .°C) <input type="text" value="1.5"/>	Coefficient de correction Ccadre <input type="text" value="1"/>

Figure III.40 :Interface de l'application CT-BAT , caractéristiques du double vitrage–source : Auteur

✓ Vérification C-3.4 :

gare multimodale de tizi ouzou

Vérification réglementaire

Conformité DTR Echanges thermiques par transmission

Enveloppe	D = $\Sigma DT$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	A = $\Sigma APO + \Sigma AV$	Aréf = $\Sigma APOrèf + \Sigma AVrèf$	Vérification C-3.4
SOUS SOL 01 gare multimodale de tizi ouzou	1 462,50	11 655,28	0,13 <span>✓ Conforme</span>	119 871,35	39 383,48	3,04 <span>✗ Non conforme</span>
RDC gare multimodale de tizi ouzou	8 607,82	11 832,41	0,73 <span>✓ Conforme</span>	265 257,79	120 682,63	2,20 <span>✗ Non conforme</span>

Fermer

Figure III.41 : Interface de l'application CT-BAT, calcul de conformité – Source : Auteur

Pour ce qui est de la conformité au DTR C-3.4, les calculs aboutissent sur une non-conformité, ce qui signifie que les apports calorifiques ( $A = \Sigma APO + \Sigma AV$ ) calculés pour la période d'été sont inférieurs aux apports de référence ( $Aréf = \Sigma APOrèf + \Sigma AVrèf$ ).

Malgré l'isolation optimisée pour l'hiver et qui protège aussi de la chaleur en été, le confort thermique n'est pas assuré dans la gare, cela s'explique par notamment les écarts de température qui peuvent être considérables entre la nuit et le jour pendant la saison estivale, de ce fait d'autres paramètres entrent en considération pendant cette saison tels que ; l'inertie par transmission et l'absorption des matériaux, par conséquent les matériaux à forte inertie thermique sont recommandés pour assurer le confort estival.

#### 4.4-Recommendations et conclusion

Dans le but d'améliorer l'isolation thermique du bâtiment voyageur, nous proposons des isolants à forte inertie thermique sur les différentes parois de l'enveloppe ;

##### ➤ La laine de verre

La laine de verre est obtenue à partir de la fusion de sable siliceux et /ou de verre recyclé. Une pâte est alors obtenue, fibrée et encollée par des liants chimiques (résine phénoliques) avant d'être stabilisée par chauffage en étuve. Ce matériau se présente généralement sous la forme d'un matelas plus ou moins souple où l'air est emprisonné de façon immobile par les fibres enchevêtrées



Figure III.42 : Laine de verre – Source : : [www.enerpatsudoe.fr](http://www.enerpatsudoe.fr)

Propriétés physiques du matériau	
Conductivité thermique	0,032 a 0,042 W/m.°C
Densité	10 a 150 kg/m <sup>3</sup>
Chaleur spécifique	840 a 1000 J/kg.°C
Coefficient de diffusion a la vapeur d'eau	6,47
Perméabilité à la vapeur d'eau	35.10 <sup>-5</sup> a 70.10 <sup>-5</sup> g/m.h.mmHg
Bilan CO <sub>2</sub>	75 kg équivalent CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>

Figure III.43 :Tableau de propriétés physiques – Source : www.enerpatsudoe.fr

Dans notre cas on l'as utilisé en isolation par intérieur des murs, pour protéger le matériau des agressions extérieures , nous remarquons alors l' augmentation de la de résistance thermique de ce dernier ,comme le montre la comparaison suivante .

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ	
0 - matériau composite alucobond	0,003 m	0,0061 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,9000	0,4900 W/m.°C	
1 - ciment	0,020 m	0,0364 (m <sup>2</sup> .°C)/W	28,0000	0,5500 W/m.°C	
2 - brique rouge 12 trous	0,150 m	0,7246 (m <sup>2</sup> .°C)/W	99,0000	0,2070 W/m.°C	
3 - lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,050 m	0,1600 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C	
4 - brique rouge 8 trous	0,100 m	0,5291 (m <sup>2</sup> .°C)/W	91,2000	0,1890 W/m.°C	
5 - Laines de verre	0,200 m	5,8824 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,0000	0,0340 W/m.°C	
7 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,020 m	0,0571 (m <sup>2</sup> .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C	
Total	0,5430 m	7,3957 (m <sup>2</sup> .°C)/W	244,0000		

Figure III.44 :Interface de l'application CT-BAT, mur isolé avec la laine de verre – Source : Auteur

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ	
0 - matériau composite alucobond	0,003 m	0,0061 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,9000	0,4900 W/m.°C	
1 - ciment	0,020 m	0,0364 (m <sup>2</sup> .°C)/W	28,0000	0,5500 W/m.°C	
2 - brique rouge 12 trous	0,150 m	0,7246 (m <sup>2</sup> .°C)/W	99,0000	0,2070 W/m.°C	
3 - lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,050 m	0,1600 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,0000	0,0000 W/m.°C	
4 - brique rouge 8 trous	0,100 m	0,5291 (m <sup>2</sup> .°C)/W	91,2000	0,1890 W/m.°C	
5 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,020 m	0,0571 (m <sup>2</sup> .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C	
Total	0,3430 m	1,5134 (m <sup>2</sup> .°C)/W	239,0000		

Figure III.45 : Interface de l'application CT-BAT, mur sans la laine de verre – Source : Auteur

➤ **La laine de roche :**

La laine de roche est un matériau isolant fabriqué à partir d'un matériau naturel issu de l'activité volcanique (le basalte). C'est un isolant certifié pour un usage dans le bâtiment pour l'isolation thermique, elle très utilisé dans l'isolation des plancher et les toits pour sa résistance à la compression .



Figure III.46 :Laine de roche – Source : : [www.enerpatsudoe.fr](http://www.enerpatsudoe.fr)

Propriétés physiques du matériau	
Conductivité thermique	0,034 a 0,044 W/m.°C
Densité	15 a 200 kg/m <sup>3</sup>
Chaleur spécifique	840 a 1000 J/kg.°C
Coefficient de diffusion a la vapeur d'eau	12,83
Perméabilité à la vapeur d'eau	35.10 <sup>-5</sup> a 70.10 <sup>-5</sup> g/m.h.mmHg
Bilan CO <sub>2</sub>	45 kg équivalent CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>

Figure III.47 :Tableau de propriétés physiques – Source : [www.enerpatsudoe.fr](http://www.enerpatsudoe.fr)

Dans le cas de la gare, nous l'avons donc intégré au niveaux des planchers et toitures , où nous avons constaté l'augmentation de la résistance thermique des différents éléments .

-Comparaison des planchers du RDC :

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. λ	
0 - Acier	0,003 m	0,0001 (m <sup>2</sup> .°C)/W	23,3400	52,0000 W/m.°C	↕
1 - Béton plein	0,200 m	0,1143 (m <sup>2</sup> .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C	↕
3 - Mortier de ciment	0,060 m	0,0429 (m <sup>2</sup> .°C)/W	132,0000	1,4000 W/m.°C	↕
3 - Laines de roche	0,100 m	2,4390 (m <sup>2</sup> .°C)/W	2,5000	0,0410 W/m.°C	↕
5 - Marbre	0,040 m	0,0138 (m <sup>2</sup> .°C)/W	103,6000	2,9000 W/m.°C	↕
Total		0,4030 m	2,6100 (m <sup>2</sup> .°C)/W	701,0000	

Figure III.48 :Interface de l'application CT-BAT, plancher isolé avec la laine de roche – Source : Auteur

## CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
0 - Acier	0,030 m	0,0006 (m <sup>2</sup> .°C)/W	233,4000	52,0000 W/m.°C	
1 - Béton plein	0,200 m	0,1143 (m <sup>2</sup> .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C	
2 - Mortier de ciment	0,060 m	0,0429 (m <sup>2</sup> .°C)/W	132,0000	1,4000 W/m.°C	
3 - Marbre	0,040 m	0,0138 (m <sup>2</sup> .°C)/W	103,6000	2,9000 W/m.°C	
Total	0,3300 m	0,1715 (m <sup>2</sup> .°C)/W	909,0000		

Figure III.49 : Interface de l'application CT-BAT, plancher sans la laine de roche – Source : Auteur

-Comparaison du toi terrasse :

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
0 - Sable + gravillons	0,050 m	0,0417 (m <sup>2</sup> .°C)/W	90,0000	1,2000 W/m.°C	
1 - Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0,001 m	0,0043 (m <sup>2</sup> .°C)/W	1,0000	0,2300 W/m.°C	
2 - Laines de roche	0,150 m	3,6585 (m <sup>2</sup> .°C)/W	3,7500	0,0410 W/m.°C	
3 - caoutchoucs, formo-phénoliques, polyesters, polyéthylènes, polyamides	0,001 m	0,0025 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,9000	0,4000 W/m.°C	
4 - Béton plein	0,200 m	0,1143 (m <sup>2</sup> .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C	
5 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,020 m	0,0571 (m <sup>2</sup> .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C	
Total	0,4220 m	3,8785 (m <sup>2</sup> .°C)/W	551,0000		

Figure II.50 : Interface de l'application CT-BAT, toiture isolé avec la laine de roche – Source : Auteur

Composition					Ajouter une couche
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
0 - Sable + gravillons	0,050 m	0,0417 (m <sup>2</sup> .°C)/W	90,0000	1,2000 W/m.°C	
1 - Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0,010 m	0,0435 (m <sup>2</sup> .°C)/W	10,0000	0,2300 W/m.°C	
2 - Béton plein	0,200 m	0,1143 (m <sup>2</sup> .°C)/W	440,0000	1,7500 W/m.°C	
3 - Plâtre courant d'enduit intérieur	0,020 m	0,0571 (m <sup>2</sup> .°C)/W	15,0000	0,3500 W/m.°C	
Total	0,2800 m	0,2566 (m <sup>2</sup> .°C)/W	555,0000		

Figure III.51 : Interface de l'application CT-BAT, toiture sans la laine de roche – Source : Auteur

### CHAPITRE III : Cas d'étude : la gare multi modale de TIZI OUZOU

✓ Vérification de la conformité après l'application des solutions sur tous les éléments concernés :

Conformité DTR	Echanges thermiques par transmission							
RDC gare multimodale de tizi ouzou - mod	3 038,68	10 596,14	0,29	✓ Conforme	66 905,89	110 423,13	0,61	✓ Conforme
SOUS SOL 01 gare multimodale de tizi ouzou - mod	970,20	11 655,28	0,08	✓ Conforme	26 398,04	45 606,06	0,58	✓ Conforme

Figure III.52 : Interface de l'application CT-BAT, vérification après modification– Source : Auteur

La seconde vérification, avec l'application des solutions proposées nous dévoile un résultat conforme au DTR C-3.2 et C-3.4 , ce qui nous prouve l'efficacité de l'utilisation des matériaux isolants à forte inertie thermique pour garantir un confort thermique durant les différents saisons .

CT-BAT effectue également des dimensionnement qui nous démontre que ,l'introduction des matériaux isolants nous permettent de diminuer les besoins en énergies pour le chauffage et la climatisation .

Enveloppe	Puissance de chauffage nécessaire	Puissance de climatisation nécessaire
SOUS SOL 01 gare multimodale de tizi ouzou	26,3 kW	115,19 kW
RDC gare multimodale de tizi ouzou	195,7 kW	303,12 kW

Figure III.53 : Interface de l'application CT-BAT, dimensionnement avant modification Source : Auteur



Composant	1	2
RDC gare multimodale de tizi ouzou - mod	72,3 kW	106,07 kW
SOUS SOL 01 gare multimodale de tizi ouzou - mod	17,5 kW	26,40 kW

Figure III.54 :Interface de l'application CT-BAT, dimensionnement après modification-Source : Auteur

### Conclusion :

Cette étude nous a permis de cerner les lacunes et les atouts de la gare multimodale de TIZI OUZOU, sur le plan fonctionnel mais surtout bioclimatique.

En proposant l'intégration de matériaux isolants à forte inertie thermique, on a démontré la possibilité d'améliorer un équipement comme celui de la gare de TIZI OUZOU, ces solutions ont permis d'augmenter l'efficacité de l'isolation thermique qui était inadaptée à la période estivale, tout en réduisant les besoins en chauffage et climatisation et donc réduire la consommation énergétique de ce dernier.

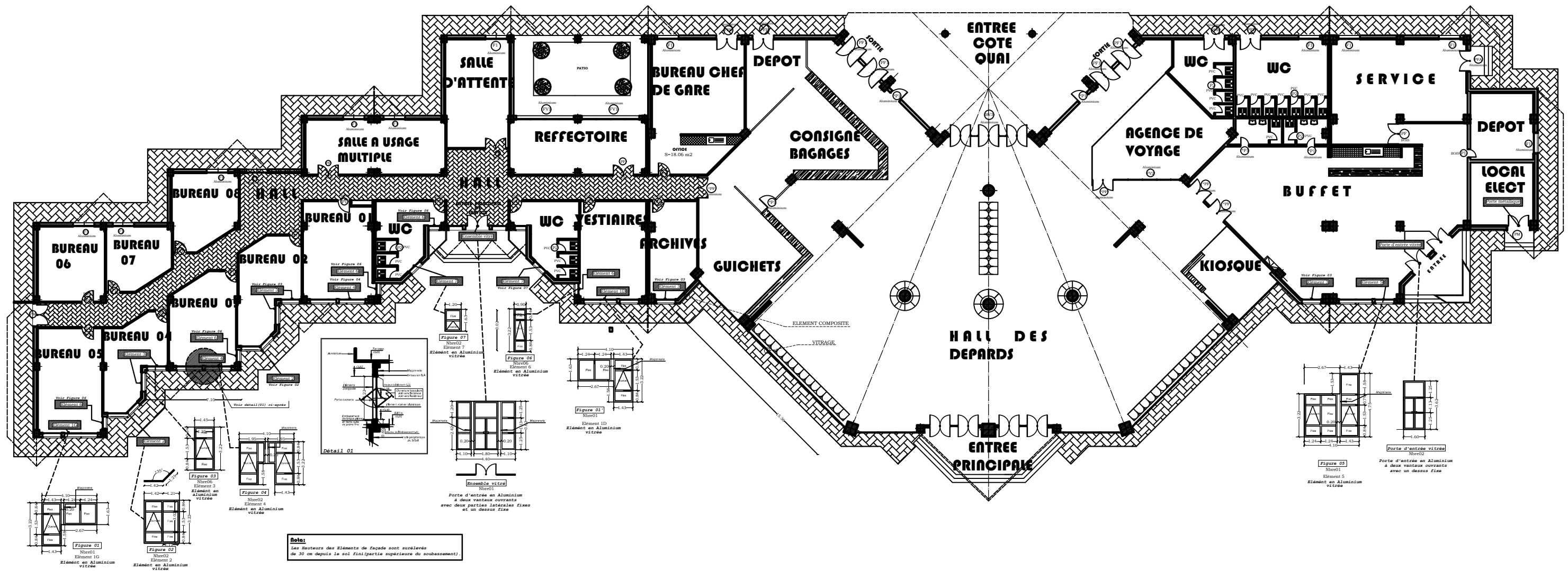
Et grâce au potentiel de l'ensoleillement dont dispose la ville de TIZI OUZOU et l'orientation du bâtiment, notamment la toiture du hall incliné plein sud, nous pouvons proposer une autre chose; qui est l'intégration de panneaux photovoltaïques qui permettra d'utiliser les apports solaires et ainsi réduire le recours aux autres ressources.

Par conséquent, il est aujourd'hui primordial d'intégrer l'architecture bioclimatique et l'efficacité énergétique dans toute sa dimension dans la conception de nos infrastructures, de développer de nouveaux matériaux, revoir nos systèmes constructifs et enfin promouvoir les entreprises de services énergétique, afin de concevoir une nouvelle génération de bâtiments plus respectueux de la nature et de l'homme.

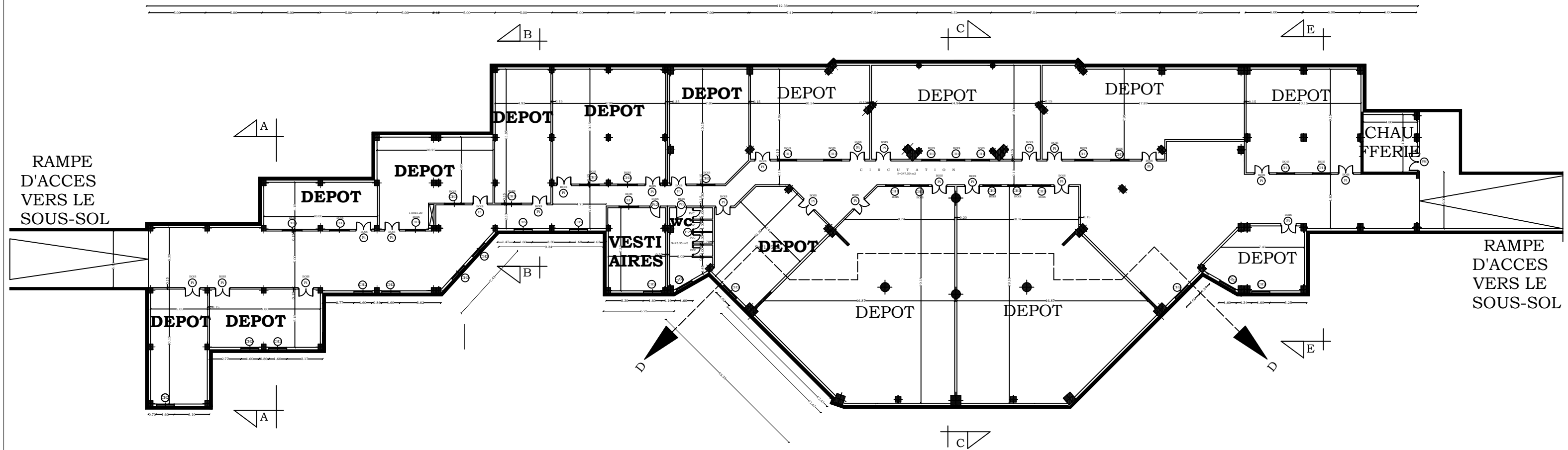


## **BIBLIOGRAPHIE :**

- Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (concevoir, édifier et aménager avec le développement durable par ALAIN LIEBARD, ANDR2 DE HERDE, Edition le moniteur.
- L'homme, l'architecture et le climat, B.Givoni : Ed .Le moniteur, Paris ,1978.
- L'architecture de Vitruve ,tome premier ,traduction nouvelle par M. Ch.-L. Maufra .Edition :C. L. F. Panckoucke, 1847,
- Revue : Bâtiments et démarche HQE : Ademe (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)
- Guide construction Eco énergétique. APRUE ,2014
- Documentaire Alternatiba Pei-La conception bioclimatique adaptée au milieu tropical, février 2016
- Adrien Roux-Delagarde : Naissance et évolution du Bioclimatique à l'ENSA de Toulouse (1974-1990), Mémoire de Master – Initiation à la recherche (2017-2018)



# PLAN DU RDC



PLAN DU SOUS-SOL