

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



UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB. BLIDA  
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT DE MECANIQUE



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme  
De Master en Génie Mécanique  
Option : systèmes thermiques et Energétiques  
Section : appliquées

Thème :

Amélioration Energétique D'un Habitat Situé A  
Blida



Sous la direction du :  
Dr. Semmar

Présenté par :  
Mr. Meghari talal

*Année Universitaire 2011/2012*

## **RESUME :**

Le travail présenté dans cette mémoire s'inscrit dans un projet plus large de simulation d'une maison pouvant subvenir elle-même à ses besoins grâce à ces hautes performances.

Ce projet, mené sur plusieurs années par plusieurs étudiants des universités algériennes et aussi par des chercheurs au niveau du CDER à Bouzaria, suit une évolution logique.

Cette thèse présente la création d'un modèle de maison énergétiquement performante, à partir de plans d'une maison bioclimatique réalisés par un groupe précédent. L'étude s'inscrit dans le cadre du développement durable et repose sur la conciliation de deux éléments distincts et contradictoires, celui de l'amélioration du confort thermique d'une part et le souci d'économie d'énergie d'autre part afin de sensibiliser les hommes de l'art sur la manière d'améliorer thermiquement l'habitat, tout en mise en place des systèmes actifs, ces systèmes, qui font largement appel aux énergies renouvelables à partir d'une isolation très performante vers un système de chauffage et climatisation performant aussi et un récupérateur de chaleur pour la ventilation, des panneaux solaires thermiques pour le chauffage et enfin des panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité.

Les résultats issus de la simulation thermique dynamique du bâtiment réalisé à l'aide du logiciel Pleiades+Comfie se seront un bilan thermique permettant de déterminer les possibilités de création d'un modèle de maison énergétiquement très performante.

Liste de mots clés : maison passive, bâtiment HPE, simulation Pleiades, chauffage et climatisation passive, rafraîchissement d'air, habitat solaire, solaire photovoltaïque, eau chaude sanitaire.

## **ABSTRACT :**

The work presented in this thesis is part of a larger project simulation can provide a home itself needs thanks to high performance.

This project, conducted over several years by several Algerian university students and also by researchers at the CDER to Bouzaria follows a logical progression.

This thesis presents the development of a model home energy efficient, from a bioclimatic house plans made by a previous group study falls within the framework of sustainable development and is based on the reconciliation of two separate and contradictory, the improvement of thermal comfort on the one hand and the desire for energy saving secondly to educate skilled in the art on how to improve the thermal habitat, while the focus is up active systems, these systems, which rely heavily on renewable energy from high-performance insulation to a heating and air conditioning performance and also for heat recovery ventilation, solar panels for heating and finally solar photovoltaic power generation.

The results of the dynamic thermal building simulation carried out using the software Pleiades + Comfie will have a heat balance will determine the possibilities of creating a model home energetically very efficient.

List of keywords: passive house building HPE simulation Pleiades, passive heating and cooling, air cooling, solar home, solar photovoltaic, hot water.

## **INTRODUCTION GENERALE :**

L'énergie va devenir rapidement un des secteurs le plus influent dans tous les domaines d'activité. Avec l'épuisement annoncé des énergies fossiles et les problèmes climatiques dus aux gaz à effet de serre, les pays industrialisés, très consommateurs, vont bientôt être dans l'obligation de prendre en considération les données écologiques et sociétales en plus des données financières. Les traités internationaux du type de celui de Kyoto sur la réduction des émissions des gaz à effet de serre vont dans ce sens. Le développement durable qui se répand dans beaucoup de secteurs a pour objectif de mettre en pratique ces considérations dans les choix industriels.

Le domaine du bâtiment, très énergétivore, apparaît au premier plan de cette tendance, bien que les consommations traditionnelles du bâtiment en chauffage soient en diminutions constantes depuis le premier choc pétrolier, d'autres postes de consommations dus aux besoins de confort toujours grandissant des populations, tels que les climatisations, se développent et masquent les effets de diminution du chauffage. Ainsi, des progrès très importants peuvent encore être réalisés dans le domaine du bâtiment et de nombreuses études sont en cours afin de faire du domaine du bâtiment un exemple énergétique. Pour cela, les solutions techniques apparaissent très rapidement même si elles ne sont pas toujours rentables. De plus, le recours aux diverses énergies renouvelables décentralisées est évidemment nécessaire car il est évident qu'une énergie d'une seule source n'est pas une solution à l'équation de la couverture énergétique d'un pays. La modélisation mais surtout la construction d'une maison individuelle qui assure une température confortable aussi bien en hiver qu'en été est obtenue avec un besoin en énergie extrêmement faible représente le meilleur moyen de mettre en application tous les concepts baisse de consommation et de production locale d'énergie.

L'étude présentée dans ce travail s'inscrit dans un projet de modélisation et simulation d'une Maison virtuelle situé a BLIDA afin d'améliorer ces performances tout on surmonte les contraintes dues aux fluctuations climatiques pour la zone de Blida. La phase décrite est celle de la modélisation et optimisation du bâtiment et la mise en place des productions et consommations d'énergie.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire:  
A Ma très chère maman  
Qui m'soutenu durant ce long parcours  
A mon grand Frère Islam  
Et le petit Hachem  
Et aussi Abdellah  
A ma chère grande mère  
A la mémoire de mes grands parents  
A mes oncles et mes tantes paternels et maternels  
A mes cousins et cousines qui sont en Algérie et à l'étranger  
A tous mes amis sans exception et à toute l'équipe du département de  
mécanique et plus précisément la section d'énergétique  
A mes maitres du primaire à l'université Je le dédie aussi à tous ceux qui  
m'ont aidé à le réaliser*



*Talal.....*

# Remerciement

*Je suis heureux d'exprimer mes sincères gratitude et vifs remerciements à tous mes enseignants qui ont contribués à ma formation et en particulier à Mon promoteurs **Mr Djafer Semmar** pour son assistance et ses conseils qui m'ont permis d'aboutir dans mon travail, comme je témoigne mes reconnaissances à **Mr khoja Mohamed el Hadi** pour leur conseils ainsi que leur aides bibliographiques, à mon frère Dayamita Abdellah qui ma aider souvent et mon chère ami Boulamallah Tayeb et en fin à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.*



*Talal.....*

## Sommaire :

Liste des figures .....	
Liste des tableaux.....	
Liste des symboles.....	
Acronyme & Abréviation.....	
Introduction générale.....	

### CHAPITRE I : ETAT DE L'ART ET ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1- Introduction.....	1
I.2- Les changements climatiques et les enjeux géopolitiques internationaux.....	1
I.3- Introduction a l'énergétique du bâtiment.....	4
I.3.1- Le bâtiment est un gros consommateur d'énergie.....	4
I.3.2- Suivant la conception, la consommation varie énormément.....	4
I.3.3- Applications de l'énergétique du bâtiment .....	5
I.3.4- Efficacité énergétique .....	6
I.3.4.1- Définition .....	6
I.3.4.2- L'efficacité énergétique des bâtiments .....	7
I.3.4.3- Augmentation de l'efficacité énergétique passive .....	7
I.4- Les exigences a l'intérieur d'un bâtiment .....	7
I.4.1- Le confort .....	7
I.4.2- Confort thermique .....	8
I.4.3- Le confort hygrothermique .....	9
I.5- Différents concepts d'habitats existants .....	9
I.5.1- Les maisons « écologiques » .....	10
I.5.2- Les maisons « bioclimatiques » .....	11
I.5.3- Les maisons « basse énergie » .....	13
I.5.4- Les maisons passives.....	13
I.5.5- Les maisons zéro énergie « ZEH ».....	14
I.5.6- Les maisons à énergie positive « MEPos » .....	15
I.6- La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie.....	16
I.6.1- Consommations dans le secteur résidentiel en Algérie .....	18
I.6.2- Consommation du gaz naturel et d'électricité.....	19
I.7- politiques procédures prises afin de minimiser la consommation .....	20
I.7.1- Programme ECO-BAT .....	21
I.7.2- Programme Eco-Lumière .....	21
I.7.3- Programme ALSOL.....	22
I.7.4- DTR (Documents Techniques Réglementaires).....	23
I.8- Norme énergétique.....	25
I.8.1- Avantage .....	26
I.8.2- Les obstacles.....	26
I.9- Etude bibliographiques .....	27

## **CHAPITRE II : PRESENTATION DU LOGEMENT D'ETUDE DANS LE SITE DE BLIDA**

II.1- Introduction .....	32
II.2- L'adaptation de la conception architecturale au climat .....	33
II.3- La ville de Blida.....	36
II.3.1. La situation géographique du site.....	36
II.3.2- Les caractéristiques climatiques du site .....	37
II.3.2.1-Les températures .....	37
II.3.2.2- L'ensoleillement.....	38
II.3.2.3- Autres mesures.....	39
II.4- Présentation du model étudiant.....	40
II.4.1- Description du projet.....	40
II.4.2- Définition des zones.....	42
II.4.3- Composition des parois .....	43
II.4.4- Les menuiseries .....	46
II.5- Conclusion .....	47

## **CHAPITRE III : APPLICATION DES LOGICIELS D'ETUDE AU CAS DU NOTRE HABITAT**

III.1- Introduction .....	48
III.2- Présentation générale de l'outil de simulation « le logiciel Pléiades + Comfie ».....	48
III.2.1- L'interface Pléiades + Comfie .....	49
III.2.2- Fichier de donnée météorologique .....	50
III.2.3- Traitement de fichier de donné .....	51
III.2.3.1- créer le fichier avec Meteronom.....	52
III.2.3.2- traiter le fichier avec Metecalc.....	52
III.2.4- La saisie de bâtiment.....	52
III.2.5- Description des systèmes constructifs sous Pléiades+Comfie.....	54
III.2.5.1- Description des parois .....	54
III.2.5.2- Les zones thermiques et les scenarios utilisés dans le logement .....	56
III.2.5.3- Environnement et Fonctionnement de la maison .....	56
III.2.5.4- Scenarios d'occupation.....	56
III.2.5.5- Scenarios de puissance dissipée .....	58
III.2.5.6- Scenarios d'occultation.....	60
III.2.5.7- Scenarios de ventilation .....	61
III.2.5.8- Consigne de thermostat.....	70
III.3- Conclusion .....	72

## **CHAPITRE VI : SIMULATION ET ANALYSE AVANT ET APRES L'AMELIORATION**

VI.1- Introduction .....	73
VI.2- Simulation de l'habitat actuel.....	73
VI.2.1- Démarche de la simulation .....	73
VI.2.1.1- Simulation sans consigne de thermostat.....	74
VI.2.1.2- Simulation avec consigne de thermostat.....	78
VI.3- Amélioration énergétique de notre habitat.....	85
VI.3.1- Intégration de la végétation.....	85
VI.3.1.1- La végétation caduque et persistante.....	85
VI.3.1.2- Les simulations.....	86
VI.3.2- Renforcement de l'isolation.....	88
VI.3.2.1- Nature et épaisseur de l'isolation.....	89
VI.3.2.2- Elimination des ponts thermiques.....	90
VI.3.2.3- Les simulations.....	92
VI.3.3- Jouer sur l'orientation.....	94
VI.3.3.1- Le traitement sur pléiades.....	94
VI.3.3.2- Les simulations.....	95
VI.3.4- Résultats final.....	97
VI.3.5- Energie photovoltaïque.....	98
VI.4- Conclusion.....	99
Conclusion générale.....	
ANNEXE.....	
Résumé & Abstract.....	
Références bibliographique & Webographique.....	

### **Liste des figures :**

#### **Chapitre I :**

Figure (I.1) : Schéma de l'effet de serre.....	3
Figures (I.2 ; 3) : Emission de gaz carbonique par les activités humaines et autres .....	3
Figure(I.4): Gammes d'indices de dépense d'énergie de bâtiments.....	4
Figure (I.5) : Plage de confort sur le diagramme de l'air humide.....	9
Figure (I- 6) : Schéma d'une maison bioclimatique.....	11
Figures (I- 7) : Stratégie du froid.....	12
Figures (I- 8) : stratégie du chaud.....	12
Figures (I.9) : Exemple d'une maison basse-énergie (K27).....	13
Figures (I.10) : Maison zéro énergie (Source : Misawa homes dans Daniel Quenard.....	15
Figures (I.11) : 1.000 m2 de bureaux à énergie positive – Le siège de Gamba.....	16
Figure (I.12) : Consommation d'énergie par secteur (période 1997-2010).....	17
Figure (I.13) : Consommation énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie.....	18

Figure (I.14) : Consommation de gaz et électricité (en K tep) dans le secteur résidentiel.....	19
--	----

## **Chapitre II :**

Figure (III.1) : La Wilaya de Blida en rouge.....	36
Figure (III.2) : La température moyenne mensuelle pour le site de Blida.....	38
Figure (III.3) : La température moyenne mensuelle pour le site de Blida.....	38
Figure (III.4): durée d'ensoleillement.....	39
Figure (III.5) : rayonnement global journalisée.....	39
Figure (III.6) : précipitations à Blida.....	39
Figure (III.7) : rayonnement à Blida.....	40
Figure (III.8) : logement en 3-D RDC réalisé à l'aide le logiciel ALCYONE.....	40
Figure (III.9) : logement en 3D 1 <sup>er</sup> étage réalisé à l'aide le logiciel ALCYONE.....	41
Figure (III.10) : plan du Rez-De Chaussée.....	41
Figure (III.11) : plan du 1 <sup>er</sup> ETAGE.....	41
Figure (III.12) : coupe de la maison.....	42
Figure (III.13) : Fenêtre double vitrages en aluminium.....	46
Figure (III.14) : Conservation de chaleur par un double vitrage.....	46

## **Chapitre III :**

Figure (IV.1) : L'interface Pléiades + Comfie.....	50
Figure (IV.2) : Plan 1 <sup>er</sup> ETAGE dessiné avec ALCYONE.....	53
Figure (IV.3) : Plan 2 <sup>em</sup> ETAGE dessiné avec ALCYONE.....	53
Figure (IV.4) : Débit d'air requis pour évacuer les divers polluants produits par une personne assise ayant une activité de bureau.....	64
Figure (IV.5) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique.....	66
Figure (IV.6) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique.....	66
Figure (IV.7) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique.....	68
Figure (IV.8) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique.....	68
Figure (IV.9) : Ventilation par événements.....	69

## **Chapitre VI :**

Fig. (V.1) : fonctionnement sans consigne de thermostat.....	75
Fig. (V.2) : évolution de température en hiver (semaine la plus froide).....	76
Fig. (V.3) : évolution de température en été (semaine la plus chaude).....	77
Fig. (V.4) : fonctionnement avec consigne de thermostat.....	78
Fig. (V.5) : évolution de température en hiver (semaine la plus froide).....	79
Fig. (V.6) : évolution de température en été (semaine la plus chaude).....	81
Fig. (V.7) : déclenchement de chauffage/climatisation en fonction de la température la zone de confort pour la saison d'hiver.....	81
Fig. (V.8) : déclenchement de chauffage/climatisation en fonction de la température de la zone de confort pour la saison d'été.....	82
Fig. (V.9) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver).....	82

Fig. (V.10) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) sans occultation. végétation.....	84
Fig. (V.11) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après intégrer la Végétation.....	87
Fig. (V.12) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après intégrer la végétation.....	108
Fig. (V.13) : principe d'élimination des ponts thermiques par isolation extérieurs.....	91
Fig. (V.14) : murs extérieur avant et après réordonner le classement d'isolation.....	92
Fig. (V.15) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après le renforcement d'isolation.....	93
Fig. (V.16) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après renforcement de l'isolation.....	94
Fig. (V.17) : l'outil de rotation pour faire orienter le bâtiment sur pléiades.....	95
Fig. (V.18) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après déterminé l'orientation final.....	96
Fig. (V.19) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après déterminé l'orientation final.....	97
Fig. (V.20) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après.....	97
Fig. (V.21) : panneau photovoltaïque pour compenser les besoins en électricités.....	98

## **Liste des tableaux :**

### **Chapitre I :**

Tableau (I-1) : La consommation finale d'énergie en Algérie des différents secteurs.....	17
Tableau (I-2) : consommation d'électricité par habitant (en kWh).....	20

### **Chapitre II :**

Tableau (III.1) : données climatique de Blida.....	37
Tableau (III.2) : La répartition des pièces en différentes zones.....	42
Tableau (III.3): Composition des murs utilisés pour la construction.....	43-44
Tableau (III.4) : Listing des parois et leurs contacts exemple de la cuisine.....	45
Tableau (III.5) : Caractéristique de la miniserie utilisée.....	46

### **Chapitre III:**

Tableau (IV.1) : Format et unités dans un fichier climatique.....	50
Tableau (IV.2) : Mur extérieur rez de chaussée.....	54
Tableau (IV.3) : Mur extérieur étage.....	54
Tableau (IV.4) : Mur intérieur.....	55
Tableau (IV.5) : Planchers bas.....	55
Tableau (IV.6) : Plafond bas.....	55



## **Nomenclature :**

- **Q** : Densité de flux de chaleur total en  $W / m^2$
- **te** : température air extérieur en  $^{\circ}C$
- **$\theta_n$**  : température intérieur paroi en  $^{\circ}C$
- **ti** : température air intérieur en  $^{\circ}C$
- **tsi** : température surfacique interne en  $^{\circ}C$
- **tse** : température surfacique externe en  $^{\circ}C$
- **TMR** : température moyenne radiante en  $^{\circ}C$
- **e** : épaisseur en m
- $\lambda$  : conductivité thermique en  $W/ m^{\circ}C$
- **$\rho$**  : masse volumique en  $Kg/m^3$
- **c** : chaleur massique en  $Wh/Kg^{\circ}C$
- **r** : résistance thermique en  $m^2. ^{\circ}C/ W$
- **Q<sub>c</sub>** : Consommation d'énergie de chauffage en  $kwh/m^2.an$
- **Ql** : Déperdition totale.
- **$\theta_i$**  : La température intérieure moyenne.
- **$\theta_e$**  : La température extérieure moyenne.
- **H** : Le coefficient de déperditions du bâtiment.
- **HT** : Le coefficient de déperditions par transmission.
- **HV** : Le coefficient de déperditions par renouvellement d'air.
- **HD** : Le coefficient de déperditions par transmission directe, en  $W/K$
- **HS** : Le coefficient de déperditions par le sol, en  $W/K$
- **A<sub>i</sub>** : l'aire de la paroi *i* de l'enveloppe du bâtiment, en  $m^2$
- **U<sub>i</sub>** : Le coefficient de transmission thermique de la paroi *i*  $W/(m^2K)$ .
- **l<sub>k</sub>** : La longueur du pont thermique linéaire, en m.
- **$\psi_k$**  : Le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique *k*, en  $W/ (m \cdot K)$ .
- **$\chi_j$**  : Le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique ponctuel *i*.
- **$\rho$**  : La masse volumique de l'air, en  $kg/m^3$ .

- **C** : La chaleur spécifique de l'air, en Wh/ (kg·K).
- **V<sub>ne</sub>** : Le débit d'air entre l'espace non chauffé et l'extérieur, en m<sup>3</sup>/h.
- **V<sub>in</sub>** : Le débit d'air entre les espaces chauffé et non chauffé, en m<sup>3</sup>/h.
- **U0** : Le coefficient de transmission thermique apparent.
- **D<sub>R</sub>** : Les déperditions par renouvellement d'air.
- **Q<sub>v</sub>** : Le débit spécifique de ventilation; en m<sup>3</sup>/h
- **Q<sub>s</sub>** : Le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent, en m<sup>3</sup>/h
- **V<sub>h</sub>** : Le volume habitable, en m<sup>3</sup>
- **Q<sub>vréf</sub>** : Le débit extrait de référence, en m<sup>3</sup>/h
- **A<sub>s</sub> et A<sub>l</sub>** : Les apports calorifiques sensibles et latents
- **APO** : Représente les apports par les parois opaques, en W
- **AV** : Représente les apports à travers les parois vitrées, en W
- **AI<sub>s</sub> et AI<sub>l</sub>** : Représentent les parties sensibles et latentes des apports internes, en W
- **AINF<sub>s</sub> et AINF<sub>l</sub>** : Représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air. en W
- **K<sub>été</sub>** : Le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été, en W/ m<sup>2</sup>. °C
- **S<sub>int</sub>** : La surface intérieure totale de la paroi, en m<sup>2</sup>
- **ΔT<sub>e</sub>(t)** : La différence équivalente de température à l'heure t. en °C
- **φ** : Humidité relative en %
- **r** : Humidité absolue en en g /kg
- **Q<sub>m</sub>** : Débit massique nécessaire de ventilation en kg /h
- **Q<sub>v</sub>** : Débit volumique nécessaire de ventilation en m<sup>3</sup> /h

### **Acronyme & Abréviation :**

- HPE : bâtiment a haute performance énergétique.
- THPE : Très haute performance énergétique.
- EnR : Energies renouvelables.
- BBC : Bâtiment Basse Consommation énergétique.
- DTR : Document technique réglementaire.
- STD : Simulation thermique dynamique.

- ECS : Eau chaude sanitaire.
  - PNME : Programme national pour la maîtrise de l'énergie.
  - APRUE : Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.
  - ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France).
  - CNERIB : Centre Nat d'Et.Recherche Intégrées du Bâtiment
  - CDER : Centre De Développement Des Energie Renouvelable
- 
- BTP Bâtiment et travaux publics
  - PEB Performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments
  - BEN : Bilan énergétique national
  - CEF : Consommation énergétique final
  - LPL : Logements public locatif
  - BLD : Blida

## **CHAPITRE I**

### **ETAT DE L'ART ET ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### I.1. Introduction :

Le mode de développement de nos villes produisait massivement des gaz à effet de serre (GES), dus principalement à la concentration massive des activités d'une part, et le rejet de gaz polluants (CO<sub>2</sub>) par l'industrie et les équipements domestiques (le chauffage) d'autre part. Ainsi, l'acte d'aménager et de construire est un acte ayant un fort impact sur l'environnement, gourmand en énergie fossile et grand émetteur de CO<sub>2</sub>, et ce de l'extraction des matériaux jusqu'à leurs utilisations dans le bâtiment. A titre indicatif, le secteur résidentiel et tertiaire en Algérie se trouve parmi les plus énergivores avec une consommation de 41 % de l'énergie finale [1].

Aussi, avec le boom colossal qu'a connu l'Algérie ces dernières années en matière de constructions résidentielles notamment le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements et dont la quantité a failli à la qualité [2].

Le Développement de ces logements s'est nécessairement accompagné d'un accroissement important des besoins énergétiques en matière de chauffage, de climatisation et d'électricité; car la généralisation d'un nouveau confort moderne repose sur une grande consommation d'électricité, ce qui engendre souvent des coupures d'électricité dans les heures de pointe dues à la consommation maximale.

De ce type d'habitat, découle les problèmes d'inconfort des ambiances intérieures dus à la précarité énergétique de l'enveloppe de la bâtisse: ils sont hyper consommateurs en énergie, très froids en hiver et très chauds en été.

En conséquence, l'objectif de ce chapitre consiste à montrer l'importance de l'énergétique du bâtiment pour construire des maisons confortables thermiquement on aura donc une consommation de manière passive ou bien nulle, on indiquant les différentes démarches réalisés dans le domaine et les besoins de l'occupant, enfin les programmes et les enjeux appliqués en Algérie pour améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment.

#### I.2. Les changements climatiques et les enjeux géopolitiques internationaux :

Aujourd'hui, les modifications climatiques enregistrées au XXe deviennent de plus en plus sensible.

Face aux dangers qu'elles représentent, l'opinion publique et les décideurs politiques commencent à prendre conscience de la nécessité de protéger le milieu naturel. L'urbanisme et l'architecture respectueuse est l'une des réponses aux problèmes soulevés lors des sommets internationaux.

Au début des années 90, le sommet de la terre organisé par les Nations Unies à Rio de Janeiro a alerté l'opinion sur les conséquences du pillage des matières premières, sur l'augmentation inquiétante de l'effet de serre et sur la dégradation rapide et spectaculaire des équilibres écologiques. Les mesures prises à Rio touchent entre autre l'activité industrielle, les transports, la maîtrise de l'énergie et la gestion des déchets.

➤ Dégradation des milieux naturelle, changement climatique et l'effet de serre :

Depuis plusieurs décennies, des experts ont mis en garde contre certains dommages irréversibles pour la planète et pour les hommes qui l'habitent. Ceux-ci sont liés à quatre phénomènes majeurs

- l'accroissement rapide de la population (1.5milliard en1900 à 6 milliard en2000) ;
- le gaspillage des matières premières et des sources d'énergie fossiles ;
- la dégradation de qualité de l'air, l'eau et du sol ;
- l'abondance des déchets.

Pour les changements climatiques, dans la deuxième conférence des Nations Unies qui se sont déroulée à Genève en 1996, les experts ont confirmé que « les désastres naturels significatifs ont été multiplié par quatre au court des trente dernières années ». Au XXe siècle la terre s'est réchauffée de 0.3° à 0.6°c et que le niveau des océans a monté en moyenne de 15 à 25cm, une accentuation importante de ce phénomène est prévue dans les décennies à venir si des mesures efficaces ne seront pas prises rapidement, on peut s'attendre au cours du XXIe siècle à un réchauffement de 2 à 5°c qui implique la fonte des calottes glaciaires, inondations, désertification, les cyclones et une augmentation du niveau des océans qui entrainera la destruction et voir même la disparition de nombreuses villes [3].

Le globe est entouré d'une couche gazeuse principalement constituée d'azote (78%), d'oxygène (21%) et d'autre gaz présents en petites quantité tel le dioxyde de carbone appelé aussi gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ou le méthane (CH<sub>4</sub>) qui retiennent une large part de l'énergie solaire renvoyée vers l'espace par la Terre sous forme de rayons de nature infrarouge appelé l'effet de serre (voir Figure1). Ce phénomène physique naturel maintient ainsi la température sur Terre à une moyenne d'environ 15°C, sans lui, cette moyenne descendrait à -18° C, ce qui interdirait le développement de la vie. Ce phénomène naturel vital qui a favorisé le développement de la vie sur Terre, connaît depuis cinquante ans une accentuation inquiétante, les experts estiment que le réchauffement de la planète est essentiellement lié à cet accroissement de l'effet de serre.

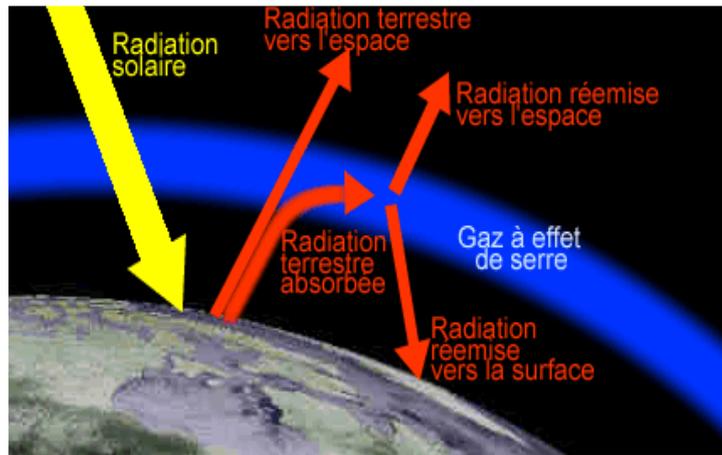
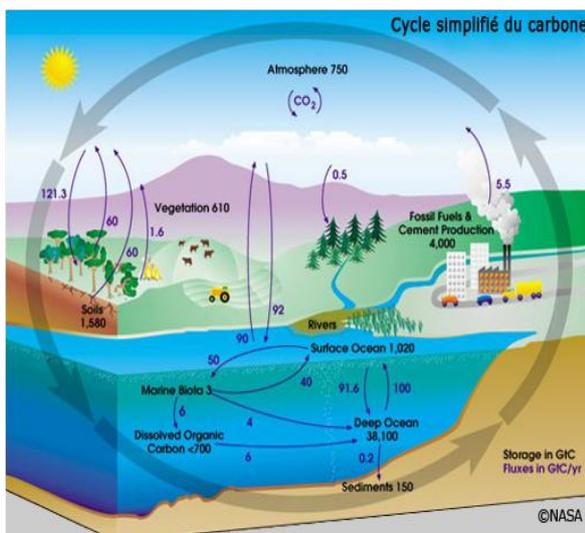


Figure (I.1) : L'effet de serre  
(Source : planet-terre.ens-lyon.fr)

La concentration en gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui est responsable pour environ 60% de l'effet de serre, a augmenté de 30% depuis 1750, cette date qui correspond aux débuts de l'ère industrielle, cette révolution a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie. Celle-ci n'a cessé ensuite de croître de façon explosive sous l'effet conjoint de l'augmentation du niveau de vie et la croissance simultanée de la population.

Actuellement la demande mondiale d'énergie croît de 2 % par an en moyenne. Jusque-là, l'atmosphère présentait une composition relativement stable à l'échelle terrestre, ces données sont tirées de l'analyse des « archives glaciaires » ces bulles de gaz piégées dans les couches de glace de l'Antarctique ou du Groenland [3].

Actuellement, plus de 21 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> sont rejetées chaque année dans l'atmosphère à cause de l'utilisation des combustibles fossiles.



Figures (I.2 ; 3) : Emission de gaz carbonique par les activités humaines et autres origines

(Source : NASA ; <http://a34.idata.over-blog.com>)

D'autres gaz liés aux activités humaines contribuent à aggraver la situation : le méthane(CH<sub>4</sub>), les chlorofluorocarbures(CFC) interdits par le Protocole de Montréal, (HCFC) les hydro- chlorofluorocarbures substitués actuels des CFC condamnés par la communauté européenne à l'horizon 2015 en raison de leur potentiel de destruction de la couche d'ozone (voir figures 2 et 3).

### I.3. Introduction à l'énergétique du bâtiment :

➤ *A quoi sert l'énergétique du bâtiment ?*

#### I.3.1. Le bâtiment est un gros consommateur d'énergie :

Dans les pays industrialisés, les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par la société et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment:

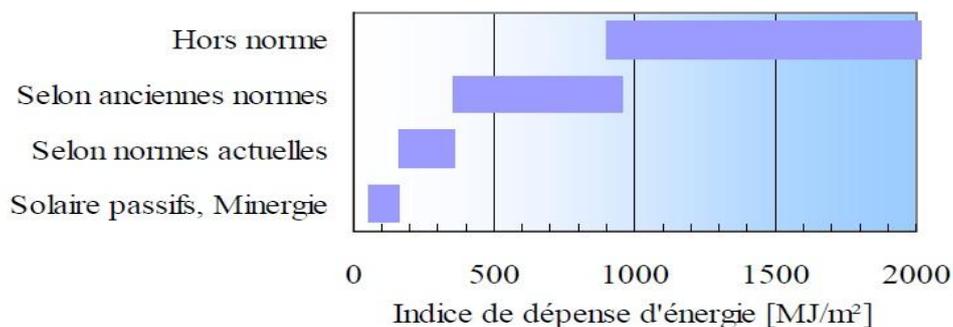
- le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable.
- la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage).
- les transports (ascenseurs).
- l'éclairage.
- les communications (téléphone, radio, télévision).
- la production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.).

Dans les climats tempérés et froids, la plus grande part de l'énergie utilisée par un bâtiment sert au chauffage. Le flux de chaleur généré dans le système de chauffage aboutit inévitablement à l'extérieur par différentes voies plus ou moins directes.

Dans les climats plus chauds, il peut être nécessaire et en tous cas confortable d'abaisser la température intérieure des bâtiments. Ce refroidissement, et l'assèchement de l'air (sous les tropiques) peut aussi être un grand consommateur d'énergie. [10]

#### I.3.2. Suivant la conception, la consommation varie énormément :

Un indice souvent utilisé pour comparer la consommation d'énergie des bâtiments est l'Indice De Dépense d'Énergie, ou IDE. On obtient cet indice en divisant la consommation annuelle d'énergie totale (de tous les agents énergétiques) exprimée en MJ (ou en kWh) par la surface brute de plancher chauffé (murs inclus).



Figure(I.4): Gammes d'indices de dépense d'énergie de bâtiments. [10]

La figure I.4 montre les gammes d'indices de dépense d'énergie de bâtiments suisses, on notera la large dispersion des valeurs, allant de presque zéro à plusieurs milliers de mégajoules par mètre carré pour certains bâtiments.

De nombreux exemples montrent qu'une forte consommation d'énergie ne va pas forcément de pair avec un confort élevé. Au contraire, la plupart des bâtiments à forte consommation sont inconfortables, et de nombreux bâtiments à basse consommation offrent un environnement intérieur de très bonne qualité.

La consommation annuelle d'un bâtiment résidentiel moyen suisse est d'environ 700 MJ par mètre carré de plancher chauffé, ce qui équivaut à environ 20 litres de mazout. On peut comparer ce chiffre à la consommation d'une grosse voiture américaine pour 100 km.

Les bâtiments bien isolés, construits selon les nouvelles normes, présentent une consommation annuelle moyenne réduite à moins de la moitié, soit 325 MJ/m<sup>2</sup> ou 10 litres de mazout, chiffre comparable à la consommation d'une voiture européenne moyenne pour 100 km.

Les bâtiments à basse consommation d'énergie existants, non seulement bien isolés mais encore construits pour utiliser au mieux les gains solaires passifs, présentent une consommation annuelle de moins de 160 MJ/m<sup>2</sup>, soit environ 4 litres de mazout. Voilà enfin un chiffre comparable à la consommation d'une voiture économique. De tels bâtiments existent, sont habités et trouvés très confortables. Leur coût de construction est égal ou très légèrement supérieur (quelque pour-cent) à celui d'un bâtiment classique conforme aux normes modernes. Ce surcoût est dû en partie aux frais d'étude, ces bâtiments nécessitant une planification plus soignée que les constructions usuelles. Ils sont toutefois encore rares et l'on ne peut que regretter que l'on ose encore construire autre chose! [10]

### I.3.3. Applications de l'énergétique du bâtiment :

Pour limiter la consommation d'énergie à des valeurs raisonnables, il est nécessaire de savoir où agir. Il faut donc pouvoir prédire les flux d'énergie dans le bâtiment, afin d'agir là où les mesures d'économie d'énergie seront les plus efficaces et les mieux à même d'offrir un confort élevé.

La connaissance des flux d'énergie au travers d'un bâtiment est nécessaire à la prise de décisions ou à la planification de travaux, notamment pour les tâches suivantes:

- Tenir compte de tous les critères voulus dans le choix de stratégies possibles lors de rénovation ou de construction d'ensemble d'immeubles. Parmi les critères à envisager, il y a non seulement le coût, l'esthétique ou l'habitabilité, mais aussi la consommation d'énergie.
- dimensionner correctement les installations énergétiques, en calculant la puissance de pointe minimum nécessaire

- prévoir la consommation annuelle et la minimiser en choisissant la variante la plus économique globalement, tout en tenant compte du confort et des contraintes architecturales.

Diminuer la consommation d'énergie primaire en minimisant tous ces flux, en les faisant passer aux bons endroits et en captant au mieux la chaleur de l'environnement (énergie solaire, pompes à chaleur) est un problème où la physique a déjà apporté des solutions et qui continue à être étudié. Les solutions à ce problème particulier peuvent entraîner des problèmes ailleurs, et en tous cas ont une influence sur les diverses caractéristiques du bâtiment. De ce fait, il ne faut pas se restreindre à des examens sectoriels pour résoudre des problèmes dans le bâtiment, mais toujours envisager toutes les conséquences d'une modification.

Le but premier de ce cours est de présenter des modèles physiques du bâtiment, de ses installations et des occupants, permettant de mieux comprendre l'écoulement des flux d'énergie au travers du bâtiment. [10]

#### I.3.4. Efficacité énergétique :

La notion d'efficacité énergétique est de plus en plus présente lorsque l'on s'intéresse de près aux milieux proches de l'environnement et de la gestion de l'énergie. Tous le monde en parle, et émet une définition, propre à son usage. Mais que veut réellement dire ce terme, employé autant par des gestionnaires que par des spécialistes du domaine

##### I.3.4.1. Définition :

###### a) Définition 1 :

Il existe donc de multiples définitions à cette notion. On pourra toutefois retenir que l'efficacité énergétique se réfère au rapport de l'énergie exploitée de manière "utile" sur le total de l'énergie dont on disposait globalement. Ce rapport tend donc vers 1 dans un système parfait, où on ne peut observer de pertes, de gaspillage, et où les différents produits permettant le transport et l'utilisation de cette énergie sont "parfaits".[16]

###### b) Définition 2 :

En physique et ingénierie mécanique, l'efficacité énergétique (ou efficacité thermodynamique) est un nombre sans dimension, qui est le rapport entre ce qui peut être récupéré utilement de la machine sur ce qui a été dépensé pour la faire fonctionner [16], cette notion est très souvent confondue avec le rendement qui est le rapport entre l'efficacité réelle de la machine et l'efficacité théorique maximale qu'on peut attendre d'elle. Le rendement a toujours une valeur comprise entre 0 et 1 (ou 0 et 100%), alors que selon le système, l'efficacité peut prendre n'importe quelle valeur positive.

#### I.3.4.2. L'efficacité énergétique des bâtiments :

L'efficacité énergétique d'un bâtiment est donc, d'après la définition, le rapport de la quantité d'énergie "utile" sur la quantité totale d'énergie qu'on lui a fournie. Il y a bien évidemment diverses pertes énergétiques, ainsi qu'un certain nombre d'activités consommant "inutilement". L'efficacité énergétique d'un bâtiment est ainsi régulièrement assez éloignée de la valeur 1 vers laquelle elle devrait tendre idéalement. On dispose toutefois d'axe d'amélioration de cette efficacité énergétique.

#### I.3.4.3. Augmentation de l'efficacité énergétique passive :

L'efficacité énergétique passive est la capacité d'un bâtiment à utiliser naturellement au mieux les différentes énergies qui lui sont fournies. On pourra noter par exemple son isolation, qui permet de manière non-active de pallier aux pertes thermiques par exemple. Bien d'autres facteurs entrent en compte dans la détermination de ce paramètre. L'inertie des murs, la qualité des systèmes d'aération, l'orientation du bâti et la capacité naturelle à profiter de l'énergie lumineuse, sont aussi des facteurs importants permettant d'augmenter l'efficacité énergétique passive. Cependant, hormis durant la période de conception du bâtiment, ou lors d'une étape de rénovation importante, il n'est bien entendu pas réellement possible d'augmenter l'efficacité énergétique passive d'un bâtiment.

#### I.4- Les exigences a l'intérieur d'un bâtiment :

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences primordiales: maîtriser les impacts de la consommation des énergies fossiles sur l'environnement extérieur, et assurer des ambiances intérieures saines et confortables. Ainsi, une vision globale du confort thermique qui tient compte de sa pluridisciplinarité est indispensable.

En fait, l'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants car les températures extrêmes, qu'elles soient chaudes ou froides, peuvent provoquer des effets gênants et parfois mortels chez l'homme. Donc il y a lieu de définir tous les éléments et paramètres qui influent sur le confort thermique des occupants.

#### I.4.1- Le confort :

Le confort est un état de bien être général. Il est mesuré par le taux d'insatisfaction des occupants. Indépendamment des conditions propres à l'individu (métabolisme activité, habillement), il est reconnu que les paramètres suivants interviennent dans le confort, en plus des paramètres qui caractérisent l'individu lui-même (taux d'activité, habillement, etc.):

Conditions thermiques:	Température de l'air Sources de rayonnement (radiateurs, poêles, soleil) Température des surfaces environnantes Perméabilité thermique des surfaces en contact avec ..... le corps
Qualité de l'air:	Vitesse relative de l'air par rapport au sujet Humidité relative de l'air. Pureté ou pollution de l'air, ..... odeurs
Acoustique:	Niveau de bruit, nuisance acoustique Temps de réverbération (durée d'écho)
Visuel:	Éclairage naturel et artificiel Couleurs Volumes intérieur et distribution des volumes
Autres influences:	Degré d'occupation des locaux "Ambiance" Etc.

#### I.4.2. Confort thermique :

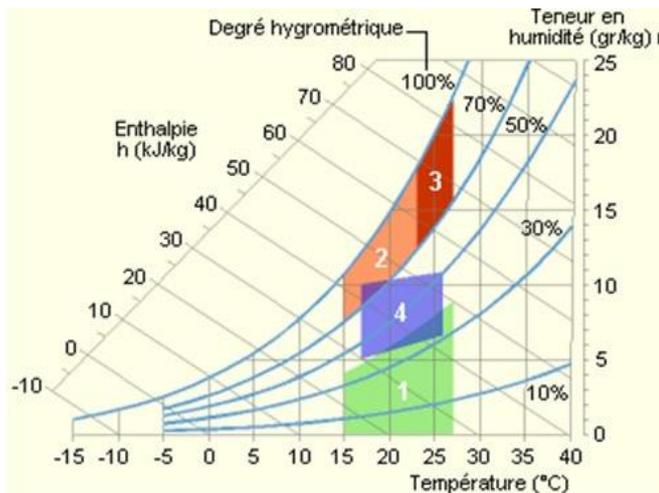
Le confort thermique correspond à un état d'équilibre thermique et hydrique entre le corps humain et son environnement.

Il dépend de l'activité physique, du métabolisme, de l'habillement et de la sensibilité (aspect psychosociologique) de chaque individu, d'une part, et de la température de l'environnement (air, parois), des mouvements d'air et de l'humidité, d'autre part.

De plus, le comportement de l'individu aux conditions d'ambiance tend à réduire l'inconfort, ce qui est aujourd'hui décrit par l'approche du « confort adaptatif ». Ainsi, les notions de confort et d'inconfort sont très délicates à caractériser et de nombreuses méthodes ont été proposées.

Néanmoins, par des méthodes statistiques, il est possible de définir des conditions de confort thermique acceptable et de les représenter dans un diagramme de l'air humide selon divers paramètres p. ex. climat, vitesse de l'air.

En simplifiant et pour des conditions d'humidité situées entre 40 et 80 %, les limites de température couramment admises pour cette zone vont de 18 à 27 °C.



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

Figure (I.5) : Plage de confort sur le diagramme de l'air humide. [10]

#### I.4.3. Le confort hygrothermique :

Selon Lavigne, 1994, « le confort ne dépend pas seulement du paramètre température mais aussi de l'hygrométrie de l'air ambiant ».

Reconnu comme une cible de la haute qualité environnementale, le confort hygrothermique est défini comme étant la sensation que ressent une personne par rapport à la température et à l'humidité ambiante du local où elle se trouve. Les tentatives d'objectivation du confort hygrothermique se sont appuyées sur des approches statistiques.

Il en ressort des critères physiques supposés satisfaire une majorité d'individus. Ces critères sont principalement les températures de l'air et des parois, les variations spatiales de ces températures, l'hygrométrie de l'air, les vitesses de l'air.

Certains spécialistes dans le domaine donnent des valeurs précises pour chaque facteur :

- Température des murs : 22 +2°C.
- Humidité relative entre 40 et 60%.
- Température du sol : 19 à 24°C.
- Vitesse de l'air : inférieure à 0.15 m/s.
- Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C.
- Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C. [11]

#### I.5- Déficients concepts d'habitats existants :

Déficients concepts couramment rencontrés actuellement, ayant tous pour point commun une vision différente de l'habitat traditionnel, plus sain et énergétiquement plus sobre.

Sans rentrer dans les grands détails. On traitera ainsi, par ordre décroissant de consommation d'énergie.

On distingue :

- maisons « basse énergie »

- maisons « passives »
- maisons « zéro énergie »
- maisons à « énergie positive »

Deux autres concepts couramment rencontrés, mais qui peuvent difficilement se classer dans la liste établie ci-avant, seront également évoqués.

Il s'agit d'une part, des maisons « écologiques » et d'autre part, des maisons « Bioclimatiques », à noter que les termes maisons « éco-biologiques » « bioécologiques », ... se rencontrent également. D'où la confusion régnant sur ce sujet, d'autant plus que les frontières entre ces différents concepts se recouvrent le plus souvent. [8]

➤ Le point commun de tous ces concepts :

Ces habitats ont tous pour point commun de présenter des alternatives intéressantes aux habitats traditionnels.

Ils peuvent engendrer un confort plus important pour leurs occupants et éviter des consommations importantes d'énergie par l'usage de technologies plus efficaces.

De plus, ils peuvent mettre en œuvre des matériaux plus naturels et moins émetteurs de substances toxiques pour la santé, celle-ci étant dès lors préservée.

Ce dernier paramètre n'est pas à négliger, la profusion d'informations disponibles sur internet concernant l'état de la pollution intérieure des bâtiments témoigne de l'importance croissante accordée à ce sujet, la santé pouvant en être largement affectée (allergies, infections des muqueuses, infections pulmonaires, ...) une ventilation efficace a donc un rôle primordial.

Dans l'ensemble, la qualité de vie de ces habitats s'en voit considérablement améliorée. On comprend dès lors leur succès grandissant auprès des populations sensibilisées.

I.5.1. Les maisons « écologiques » :

Le terme « écologique » est assez général et ne semble pas relever d'une définition stricte, ni de recommandation de performances. Cette appellation peut regrouper différents concepts.

Une des considérations clef d'une maison « écologique » est d'utiliser des matériaux respectueux de l'environnement. On entend par là des matériaux minimisant les impacts dus à leur fabrication, des matériaux recyclables, naturels, de production locale pour éviter l'énergie due à leur transport, etc. Leur utilisation rime avec un confort accru, en tous cas au moins en ce qui concerne la qualité de l'air intérieur (présence de polluants intérieurs en moindre quantité).

Cependant, la solution idéale n'existe pas. Chaque cas est unique et adapté aux situations particulières de l'habitat et au gré de son (ses) occupant(s).

La provenance naturelle des matériaux n'est pas l'unique critère de sélection, leur gestion entre également en ligne de compte. Ainsi, leur provenance, leur acheminement vers l'habitat leur utilisation et la technique avec laquelle ils seront mis en œuvre, leur élimination, la gestion des déchets qu'ils produisent et leur recyclage, tous ces

paramètres sont pris en considération (et également repris sous le terme « énergie grise »).

I.5.2. Les maisons « bioclimatiques » :

Les maisons bioclimatiques relèvent d'un concept architectural qui exploite au mieux les possibilités offertes par le climat.

L'habitat bioclimatique désigne un bâtiment dans lequel l'architecte profite au maximum des apports solaires, de l'orientation du bâtiment, des éléments architecturaux ou végétaux (ombrages, limitation des réflexions...) (voir Figure (I.6)), dans le but de réduire les besoins en chauffage et en climatisation.

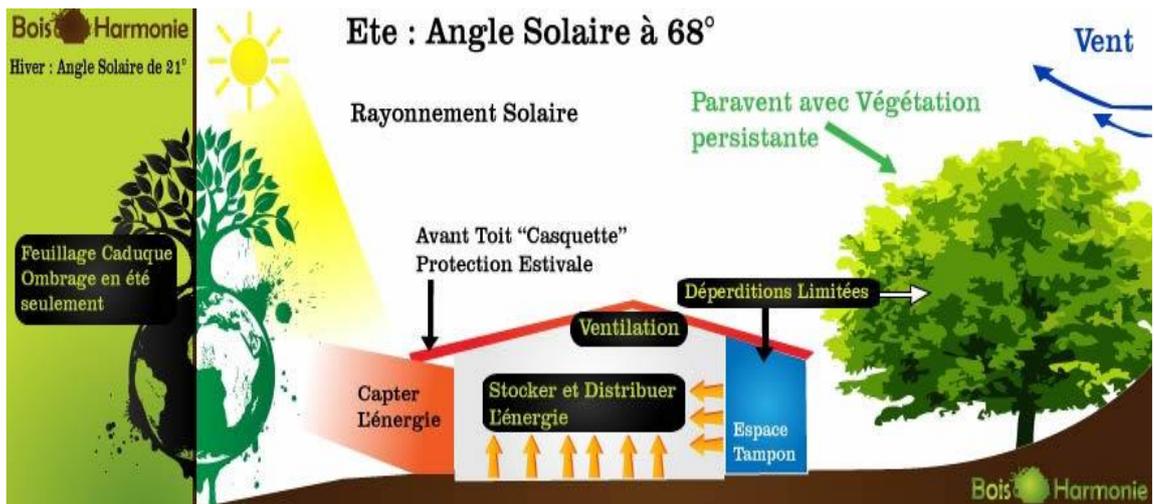
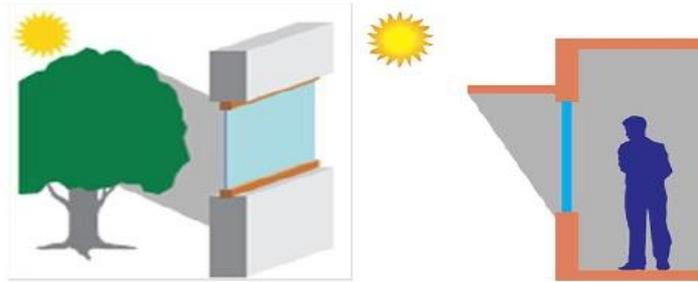


Figure (I- 6) : Schéma d'une maison bioclimatique  
(Source : [http://boisetharmonie.com/construction bioclimatique](http://boisetharmonie.com/construction%20bioclimatique))

Les principes fondamentaux de l'architecture bioclimatique sont de capter, diffuser et conserver la chaleur en hiver (« stratégie du chaud ») et de protéger, minimiser les apports dissiper d'énergie en été (« stratégie du froid »).

L'orientation du bâtiment est primordiale. Ainsi, il convient que la façade sud soit largement pourvue de surfaces vitrées.

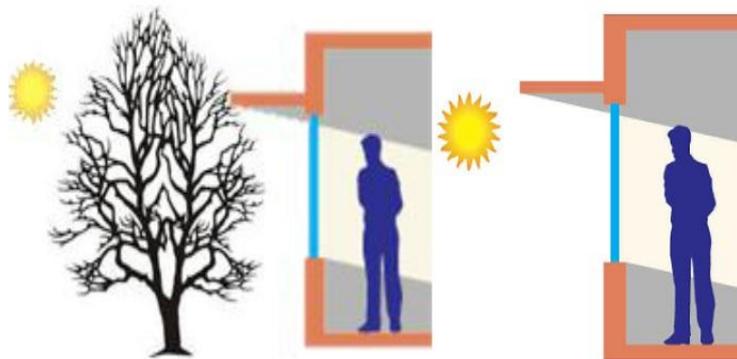
En été, ces ouvertures seront protégées par des avancées de toiture, d'un écran végétal ou des volets (voir Figure (I- 7)). On privilégiera la ventilation pour dissiper la chaleur excédentaire (par exemple en profitant de la température plus clémente de la nuit pour rafraîchir l'habitat ou encore par l'usage d'un puits canadien Par ailleurs, on essaiera de minimiser les apports internes (priorité à l'éclairage naturel par exemple).



Figures (I- 7) : Stratégie du froid  
(Source : A. De Herde, A. Evrard, Architecture et Climat)

En hiver, le soleil bas sur l'horizon frappera les ouvertures avec un faible rayon d'incidence, pénétrant plus facilement dans l'habitat (voir Figure (I- 8)). La végétation ayant perdu ses feuilles laissera entrer la lumière. Des matériaux à forte inertie (dalles de sol, chapes en béton murs intérieurs exposés au soleil, ...) capteront ces rayons lumineux durant la journée, les stockeront et diffuseront durant la nuit la chaleur accumulée.

La notion de forte inertie est importante, car c'est grâce à elle que la température extérieure variable sera temporisée. Les murs, dalles de sol, chapes en béton et autres éléments denses et à forte capacité calorifique joueront ainsi le rôle d'un tampon qui permettra de réduire les écarts de température intérieure et de conférer une plus grande stabilité à cette dernière.



Figures (I- 8) : stratégie du chaud  
(Source : FEBELCEM, Bulletin n°35 :18)

La façade nord ne comportera pas ou peu d'ouverture et les ouvertures des façades est et ouest seront de taille modérée.

Une autre caractéristique importante de l'architecture bioclimatique est l'organisation des pièces dans l'habitat. Les pièces de vie seront ainsi placées plutôt du côté sud et du côté nord, on prévoira les pièces nécessitant peu de lumière (garage, buanderie, sanitaire, etc.).

Le bio-climatisme reprend donc un ensemble de recommandations, mais ne formule aucune exigence de performances particulières. **[8]**

### I.5.3. Les maisons « basse énergie » :

Le terme bâtiment « basse énergie » est en général utilisé pour désigner un bâtiment dont les performances énergétiques sont supérieures à celles d'une nouvelle construction ou à celles des exigences légales, et qui aura dès lors une consommation énergétique faible comparée aux bâtiments standards.

Ce concept peut évoluer dans le temps, dès lors que les exigences légales deviennent plus strictes ou que les performances énergétiques des nouvelles constructions tendent à s'améliorer. Par ailleurs, un bâtiment « basse énergie » dans un pays pourrait bien être un bâtiment peu efficace dans un autre dont les exigences en matière de performances énergétiques seraient supérieures.

En Belgique par exemple, l'habitation basse énergie répond à un standard correspondant à une consommation pour le chauffage inférieure à 60kWh/m<sup>2</sup>/an, tandis qu'elle est <50kWh/m<sup>2</sup>/an en France qui se réfère souvent au label « Effinergie».

Les bâtiments « basse énergie » mettent en œuvre des techniques d'isolation et de ventilation efficaces, mais pas aussi poussées que dans le cas du passif.

Souvent en rénovation, la prise en compte du bâti existant de la préservation du cachet original du bâtiment et des contraintes techniques ne permettent pas l'implémentation des mesures permettant d'atteindre les performances du passif, et seule la rénovation basse énergie est possible. [12]



Figures (I.9) : Exemple d'une maison basse-énergie (K27)

Constructions conventionnelles, mais moins que celles des maisons passives :

- isolation importante, double ou triple vitrage.
- étanchéité de l'enveloppe importante, mais sans obligation d'atteinte de performance spécifique.
- ponts thermiques évités autant que possible mais tolérés.
- nécessité d'un système de chauffage conventionnel.
- maintien de la possibilité de la ventilation naturelle sous certaines conditions (notamment, que l'étanchéité du bâtiment la permette).

### I.5.4. Les maisons passives :

La maison passive n'est pas un type de construction déterminé, mais un standard de construction qui respecte certains critères. Grace au développement constant de

l'architecture de la technologie, de l'écologie et du confort, on est passé en Allemagne, du règlement sur l'isolation thermique en 1984 à la maison basse énergie puis à la standard maison passive.

La consommation énergétique d'une maison passive représente seulement 25 à 33 % d'une maison conventionnelle (au fur et à mesure du standard de construction). [9] Une maison passive selon le passivhaus institut à Darmstadt, un bâtiment qui atteint une température ambiante agréable sans chauffage conventionnelle en hiver et sans climatisation en été.

Pour une maison passive Les besoins calorifique = 15 kWh /m<sup>2</sup>a, électricité incluse (limite à 120kwh/m<sup>2</sup>a), La maison se chauffe et se refroidit de manière<<passive>>. L'installation d'un chauffage conventionnel est inutile, l'enveloppe étanche du bâtiment diminuant la déperdition thermique.

Les faibles déperditions thermiques se compensent presque complètement grâce aux apports directs de chaleur de manière chiffrée, la maison passive peut se décrire ainsi : un bâtiment avec un besoin en chauffage de 15KWh/m<sup>2</sup>a par an (correspond environ à 1,5 litres de fioul par m<sup>2</sup>), et un bâtiment avec un indice de dépense d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'électricité du foyer inférieur à 120 KWh/m<sup>2</sup>a Une source d'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation, on différencie l'énergie renouvelable (énergie éolienne, hydraulique et solaire) de l'énergie fossile (pétrole, charbon, combustible nucléaire, gaz naturel).

La consommation d'énergie finale est la consommation totale du chauffage, de l'eau chaude sanitaire et d'électricité. Pour protéger l'environnement, il faut non seulement diminuer la consommation énergétique mais aussi l'énergie primaire :  $q_p \leq 120 \text{ KWh/m}^2\text{an}$ .

#### I.5.5. Les maisons zéro énergie « ZEH » :

La maison « zéro énergie », ou « à énergie zéro » est une maison énergétiquement suffisante. Elle produit elle-même la totalité de l'énergie dont elle a besoin.

Une distinction doit être apportée entre le concept de maison énergétiquement « suffisante » et celui de maison énergétiquement « autonome » ou « indépendante ».

En effet, la maison « énergétiquement suffisante » produira, sur une année complète, une quantité d'énergie équivalente (à peu de choses près) à la quantité d'énergie consommée Cela ne signifie cependant pas qu'elle peut se passer du réseau électrique, car elle ne consommera pas nécessairement l'énergie dont elle a besoin au moment où elle la produit.

Dans la pratique, ce seront souvent des panneaux solaires photovoltaïques, éventuellement complétés par une petite éolienne (ou vice versa, qui produiront de l'électricité durant les périodes ensoleillées et/ou venteuses.

D'autres sources d'énergie renouvelable peuvent néanmoins également être utilisées la maison sera dès lors globalement excédentaire (elle sera fournisseuse nette d'énergie sur le réseau) durant l'été, lorsque les panneaux photovoltaïques produiront de l'électricité à leur rendement optimal.

Durant l'hiver, les panneaux photovoltaïques ne pourront pas compenser la consommation plus importante de l'habitat, et ce dernier sera dès lors importateur net d'énergie.

Dans l'ensemble cependant, la production excédentaire en été compensera le manque en hiver, de telle sorte que le bilan total sur l'année sera nul. [8]



Figures (I.10) : Maison zéro énergie (Source : Misawa homes dans Daniel Quenard, Vers des bâtiments à énergie positive)

La maison « totalement autonome », quant à elle, n'est pas connectée au réseau électrique. Cela peut être le cas de maisons fortement isolées (éloignées du réseau) et dont le coût de raccordement au réseau est prohibitif.

Afin de pouvoir bénéficier d'électricité durant la nuit ou lorsque les panneaux ne peuvent fournir autant que les besoins le nécessitent, l'énergie doit être stockée dans des batteries.

Les maisons à énergie zéro se chauffent en général par des panneaux solaires thermiques avec l'appoint fourni par une pompe à chaleur alimentée en électricité. Certaines maisons à énergie zéro sont également chauffées uniquement par une pompe à chaleur. Les panneaux photovoltaïques sont donc dimensionnés par les besoins en électricité de la pompe à chaleur, additionnés par les autres besoins électriques.

Le principe de la maison à énergie zéro est donc complètement différent de celui de la maison passive, puisqu'il consiste en une compensation de la consommation totale, quelle qu'elle soit, et non en une optimisation des conditions favorisant la sobriété énergétique de la maison.

En pratique, cependant, et afin que les panneaux photovoltaïques puissent compenser les besoins électriques des appareils consommateurs sans nécessiter de superficie démesurée, les maisons à énergie zéro présentent des niveaux d'isolations supérieurs à la moyenne. Parfois, il s'agit même de maisons passives dont les besoins énergétiques sont fournis par le soleil (panneaux photovoltaïques et/ou thermiques) ou par d'autres formes d'énergie renouvelable.

#### I.5.6. Les maisons à énergie positive « MEPos » :

Les maisons à énergie positive sont, comme leur nom l'indique, des maisons qui produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment.

Pratiquement, il peut s'agir de maisons passives pourvues de suffisamment de sources d'énergies renouvelables, ou de maisons ne répondant pas spécialement aux critères passifs, tout comme les maisons à énergie zéro, mais présentant malgré tout un surplus de production énergétique global.



Figures (I.11) : 1.000 m<sup>2</sup> de bureaux à énergie positive – Le siège de Gamba Acoustique à Labège (Source : blog-habitat-durable.com)

Ces maisons sont donc des minis centraux électriques insérés dans un réseau centralisé et sont fournisseuses nettes d'énergie à ce réseau, en moyenne sur une année complète.

#### I.6. La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie:

L'importance de l'énergie dans la vie socio-économique a multiplié les travaux sur les questions énergétiques, il est connu que pour notre pays, les produits pétroliers et surtout le gaz a déjà affiné leur primauté comme matière première pour la pétrochimie et la thermoélectricité, et comme source d'énergie essentielle pour le transport l'industrie et les besoins ménagers.

« Cela est justifié par la décision du 24 février 1971, l'Algérie prend la décision de nationaliser le secteur pétrolier et recouvre ainsi la maîtrise et le contrôle de ses ressources pétrolières et gazières. » [4]

La consommation globale d'énergie en Algérie, sera probablement multipliée par quatre entre les années 1997 et 2010 [5] cette évolution est indiquée sur le (Tableau I-1) et cela pour les différents types d'énergie utiliser par différents secteurs.

	1997	2000	2003	2005	2008	2010
Secteur « industrie et BTP »	3802	4218	5149	5817	7 253	8 019
Secteur « transports »	4148	4324	5963	5845	6 903	11 215
Secteur « ménages et autres »	7276	8658	11313	12776	15 144	12 415
Consommation finale	15226	17200	22424	24437	29 299	31 650

Tableau (I-1) : La consommation finale d'énergie en Algérie des différents secteurs  
(Source : DGE/APRUE (CEF), 2010, réadapté par l'étudiant)

Concernant la consommation de l'énergie en Algérie (fig.1.12), c'est le secteur résidentiel et tertiaire qui domine de l'ordre de 40%, suivi du secteur des transports de 35% et ensuite industriel BTP de 25%.

La consommation d'énergie finale par habitant est de 0.58 TEP en 1997 ,0.71 TEP en 2000 à 1.15TEP en 2010 et 1.88 TEP en 2020 [4].

Plusieurs facteurs interviennent directement dans la détermination de l'utilisation de l'énergie:

- Facteurs socio-économiques en rapport avec le niveau de vie des algériens.
- Facteurs de la caractéristique de l'habitat et l'aménagement urbain (par les caractéristiques thermiques de la construction, la densité des groupements...).

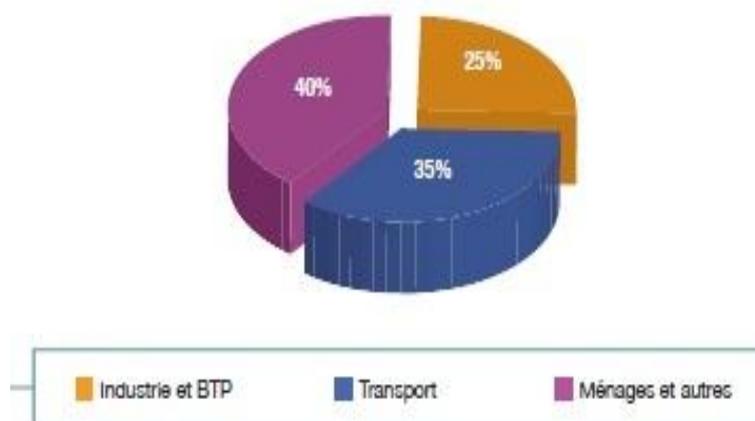


Figure (I.12) : Consommation d'énergie par secteur (période 1997-2010)  
(Source : D.G.E, 2010)

Pour cette raison le besoin d'énergie de chauffage ou de climatisation dans un logement résulte du maintien d'une certaine température à l'intérieur. Et ce maintien dépend des caractéristiques physiques du logement et du contexte climatique dans lequel il se trouve.

La caractéristique du logement intervient sur le besoin énergétique ; où la relation du volume de l'habitation, du degré d'isolation et de son exposition au soleil et au vent demeure essentielle.

#### I.6.1. Consommations dans le secteur résidentiel en Algérie :

La consommation globale d'énergie en Algérie, a été probablement multipliée par deux entre les années 1997 et 2010 [5]. L'électricité, le gaz naturel (en conduites ou en bouteilles), fuel, charbon, bois et même piles électriques sont les vecteurs d'énergie du secteur domestique. Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages [4] :

- Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique.
- L'éclairage, l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie.
- L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%.
- La cuisson représente près de 5%.

D'ailleurs, la lecture du graphe ci dessous (fig. I.13) fait ressortir que la consommation du gaz le taux le plus élevé pour le chauffage ensuite de l'électricité pour l'éclairage par rapport à d'autres consommations résidentiel, ce qui explique la forte demande pour le secteur habitat dont le premier besoin est le chauffage en hiver et la climatisation en été.

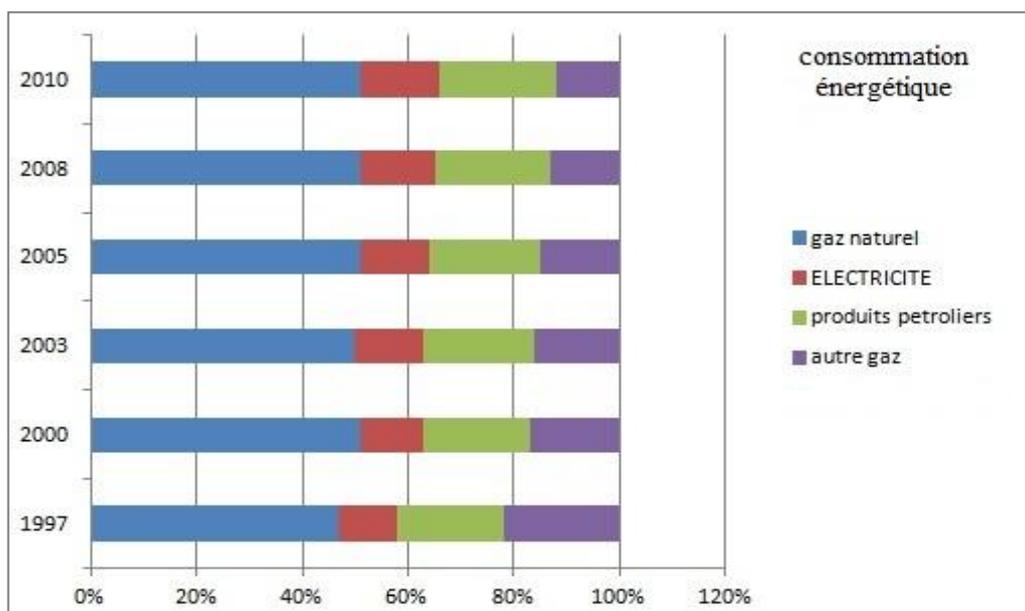


Figure (I.13) : Consommation énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie.

(Source : DGE/APRUE (CEF), 2010, réadapté par l'étudiant)

I.6.2. Consommation du gaz naturel et d'électricité:

La consommation intérieure du gaz naturel a démarré en 1961 au rythme de 156 millions de m<sup>3</sup>, et elle atteint 1.4 milliards de m<sup>3</sup> en l'an 2000.

D'après les données statistiques relevées auprès des services SONELGAZ (fig. I.14), on enregistre une évolution de la consommation de gaz où le recours à l'utilisation du gaz naturel a multiplié par 30 en l'an 2000 avec un rythme annuel de 4.6% d'évolution prévisible de la consommation.

Quant à la consommation et à la production d'électricité, elles enregistrent une augmentation de 41,5% et 61,5% durant la période de 1980 à 1990.

Selon la DGE [6], la consommation d'électricité en Algérie a augmenté durant les dernières années de 4% par an et la demande d'électricité devait à long terme croître de 7% par année.

En outre, la distribution de l'électricité connaît depuis quelques années de fortes perturbations du fait d'une augmentation croissante de la demande intérieure due essentiellement à l'usage multiplié des climatiseurs surtout dans le secteur résidentiel. Ceci conduit l'entreprise Sonal gaz à opérer des délestages pour rééquilibrer un appel de consommation devenu trop important.

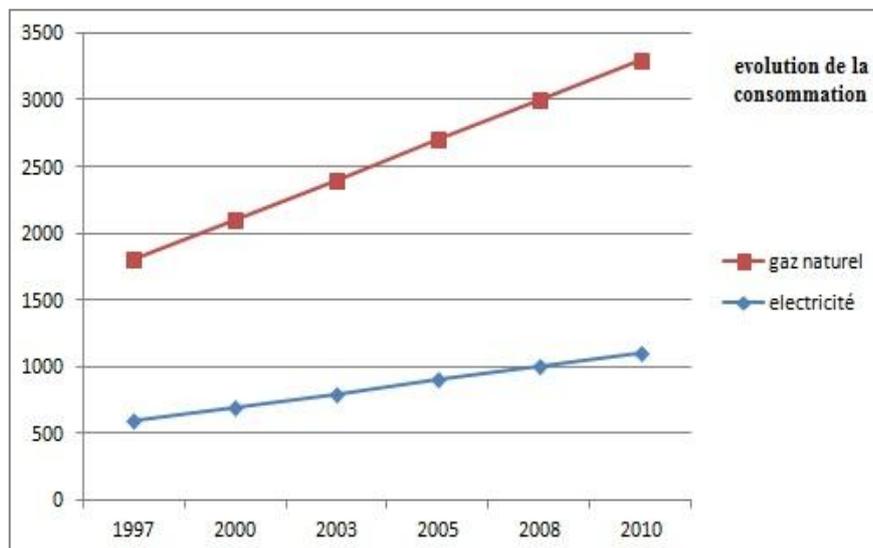


Figure (I.14) : Consommation de gaz et électricité (en K tep) dans le secteur résidentiel en Algérie. (Source : APRUE CEF, 2010, réadapté par l'étudiant)

D'après le tableau ci-dessous, il apparaît que La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 1100 Ktep, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national, et on peut constater que :

1- L'évolution de la consommation avec des taux élevés contrairement au taux moyen a connu son pic durant la première crise pétrolière de 1970-1973, soit 15.05% et puis, elle sera de 5.79% durant les années 1996 à 2000 et enfin de 5.2% de 2000 à 2010.

2- L'évolution de la consommation d'électricité s'est accompagnée par l'augmentation de la consommation / habitant de 126.26 kWh en 1970 à 702 kWh en 2002 comme le montre le (tableau I-1) ci-dessous :

année	1970	1980	1990	1995	1996	2000	2002
Consommation /habitat	126.2	327.03	539.51	568.4	577.26	658	702

Tableau (I-2) : consommation d'électricité par habitant (en kWh)  
(Source : SONAL GAZ, bulletin statistique 1970-2002, ONS, 200228)

La consommation d'électricité et de gaz des ménages par rapport aux autres secteurs a connu Une augmentation de 36.75 % due essentiellement à l'expansion en surface (plus de constructions).

#### I.7. politique procédures prises afin de minimiser la consommation :

L'Algérie veut combler son retard en matière d'efficacité énergétique dans les différents secteurs et alors faire un pas en avant dans le monde d'économie d'énergie et pour cela la ministère de l'énergie et des mines a lancé Le programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME) qui a été fixé par le décret exécutif n°04-149 du 19 mai 2004. Il est établi, par l'APRUE sous la responsabilité du Ministre de l'Energie et après avis du Conseil Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie (CIME), le PNME est approuvé par le Gouvernement. Son contenu, en tant que programme quinquennal de l'action gouvernementale, est défini par le décret exécutif n°04-149 à travers:

- La définition du cadre et des perspectives de la maîtrise de l'énergie.
- L'évaluation des potentiels et la définition des objectifs à atteindre en matière de maîtrise de l'énergie.
- Les actions à réaliser dans le cadre de ces objectifs à court, moyen et long termes.

Dans ce cadre des projets ont été programmées ; a titre d'exemple : la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique sur tout le territoire national, dès le premier semestre 2011, l'expérience doit être rééditée durant le prochain quinquennat avec 3000 autres logements de type public locatif (LPL).

Dans le prochain plan quinquennal, il a été également prévu la réhabilitation thermique de 4000 logements. Ces divers projets s'inscrivent dans le cadre du programme Eco-Bat, initié par l'agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE). Il vise l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation, autres programmes indispensables pour faire réussir le PNME sont :

Programme Eco-Lumière, Programme Alsol, programme Top-Industrie, programme Prop-Air, l'intérêt tout particulier porté par les pouvoirs publics sur le bâtiment est qu'il s'agit d'un secteur énergivore.

#### I.7.1. Programme ECO-BAT :

Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 36% de la consommation énergétique finale nationale [1]. L'évolution de sa consommation en énergie est en progression continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques.

En réponse à cette situation, l'APRUE met en œuvre, dans le cadre du PNME 2007-2011, un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), dénommé ECO-BAT. Ce programme se présente comme une opération démonstrative et une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie.

C'est dans ce cadre que l'APRUE et 11 OPGI (Offices de promotion et de gestion immobilières) ont signé, le 14 mai 2009, au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, une convention définissant les conditions et les modalités d'intégration des mesures d'efficacité dans 600 logements pilotes répartis sur onze wilayas : Laghouat, Béchar, Blida, Tamanrasset, Alger, Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et El Oued.

Pour les experts de l'APRUE, les logements prévus dans le programme ECO-BAT présenteront la particularité d'exploiter les opportunités offertes par les conditions des climats locaux afin d'assurer un confort intérieur optimal.

Ils présenteront des solutions répondant à une logique de réduction des besoins énergétiques et d'optimisation des fonctions de l'enveloppe architecturale : réduire les déperditions thermiques, exploiter l'éclairage naturel et assurer le confort thermique d'été et d'hiver.

Le programme ECO-BAT a pour ambition également d'ouvrir des perspectives en termes de promotion des matériaux efficaces en énergie et de généralisation des stratégies conceptuelles, il a aussi pour objectif de généraliser les bonnes pratiques dans la conception architecturale de l'efficacité énergétique dans un secteur éminemment important de l'économie nationale. A travers le programme ECO-BAT, les pouvoirs publics se proposent d'apporter un soutien financier et technique à la réalisation de ces logements assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation d'énergie liée à la consommation d'appareils électrodomestiques énergivores, au chauffage et à la climatisation.

Par ce programme ECO-BAT, les deux agents et acteurs d'un logement bioclimatique dans le cadre d'un développement durable, que sont ici l'APRUE et les OPGI, projettent de réussir, à court terme, à réduire de près de 40% la consommation énergétique des ménages, mais également faire descendre le taux d'émissions de gaz à effet de serre et surtout à maîtriser la consommation d'énergie qui reste pour beaucoup de pays, dont l'Algérie, une préoccupation majeure [13].

#### I.7.2. Programme Eco-Lumière :

L'éclairage domestique est à l'origine de 32% de la consommation électrique des ménages algériens [1]. Il est également responsable de la formation de la pointe de puissance nationale et dans le but de projeter à réussir le programme ECO-BAT, L'APURE annonce un programme afin de minimiser les consommations d'éclairage domestique qui lui appelé Eco-Lumière, ce programme dépend de la possibilité de généralisé a l'échelle national l'utilisation des systèmes d'éclairage les plus économiques d'énergie.

L'APRUE en partenariat avec SONELGAZ porteront sur la diffusion d'un million de LBC (lampe basse consommation) dans les ménages algériens. Les lampes économiques sont destinées à remplacer les lampes à incandescence, Elles seront diffusées sur l'ensemble du territoire national avec meilleur rapport qualité/prix, l'APRUE assure que Les meilleures lampes économiques existantes sur le marché international seront distribuées à un prix concurrentiel. [7]

La nouvelle campagne d'information et de sensibilisation, lancée le 19 avril 2009, s'inscrit en droite ligne dans le Programme national de maîtrise de l'énergie (PNME) 2007-2011 qui identifie une série d'actions prioritaires visant à freiner la croissance continue de consommation énergétique en Algérie, à rationaliser le recours aux énergies traditionnelles et promouvoir les énergie nouvelles et renouvelables et des équipements peu énergivores

Dans ce cadre l'APRUE se propose d'agir en ciblant une série de paramètres dont le comportement des usagers ou le changement total d'équipements énergivores comme les lampes à incandescence ou ordinaires à remplacer progressivement par des lampes fluo compactes dites Lampes économiques.

Cette opération pilote, renouvelée à intervalles réguliers dans le temps par l'APRUE, vise donc en premier lieu à informer, conseiller et sensibiliser sur les multiples avantages des Lampes économiques, des lampes fluorescentes plus avantageuses et plus économes que les lampes classiques couramment utilisées par les ménages algériens dans leur majorité.

Pour atteindre un objectif d'efficacité qui cherche a utilisé que les lampes économique qui permet l'économie d'énergie de 80 % par rapport à une lampe à incandescence, ça est soutenue et relayée par une stratégie d'accompagnement en communication tous azimuts pour développer un large éventail d'information sur les comportements et les bons gestes à adopter au quotidien pour maîtriser et économiser l'énergie électrique. [7]

### I.7.3- Programme ALSOL :

L'Algérie est un pays ensoleillé avec une durée d'insolation qui peut atteindre parfois les 3900 heures par an notamment dans les hauts palataux et dans le sud, ces conditions qui sont très favorables pour le développement des filières solaires, notamment thermiques sont hélas insuffisante.

L'APRUE s'apprête à lancer un vaste programme national d'installation de chauffe-eau solaires individuels et collectifs, selon la directrice de la communication de l'APRUE. [17]

Baptisée ALSOL, cette opération, qui s'étalera jusqu'en 2014, porte sur l'installation annuelle de 2 000 kits pour habitations individuelles et 3 000 mètres carrés (m<sup>2</sup>) de champs captant collectifs à travers les différentes régions du territoire national. L'installation des champs captant sera, dans un premier temps, exclusivement destinée au secteur des services, notamment les établissements sanitaires et hôteliers, alors que les logements collectifs ne seront concernés qu'après la mise en œuvre d'une réglementation adéquate définissant les modalités d'exploitation commune de ces équipements par les habitants afin d'éviter tout contentieux dans ce sens. [17]

Inscrit dans le cadre du Programme national de maîtrise de l'énergie (PNME) pour la période 2011-2014, ALSOL devrait incessamment prendre le relais d'une opération similaire, mais moins importante, lancée dans le cadre du précédent PNME 2007-2011 et portant sur l'installation de 400 chauffe-eau solaires individuels, qui touche à sa fin.

Sur le plan financier, l'opération sera prise en charge à hauteur de 45 % par le Fonds national de maîtrise de l'énergie (FNME), les 55 % restants étant à la charge des bénéficiaires. Le coût du kit est de 11 000 dinars. Par ailleurs, une convention entre l'APRUE et le ministère des Affaires religieuses et des WAQFS portant sur la fourniture de kits collectifs pour 15 000 mosquées à travers le territoire national est en cours d'élaboration. En outre, deux grandes chaînes hôtelières internationales présentes en Algérie veulent équiper leurs établissements à Oran et à Alger avec ces kits.

Ce programme ambitieux qui obéissent à la volonté des pouvoirs publics de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie, ont pour objectif de produire les mêmes biens et services mais en utilisant le moins d'énergie possible. Après avoir été limitées dans des projets pilotes durant les deux dernières années, ce projet ainsi reconduites et renforcées par des opérations plus larges tant en matière d'objectifs que de déploiement géographique.

Ainsi, la nouvelle politique énergétique de l'Algérie vise à réduire sa dépendance des énergies fossiles et à se tourner vers des énergies renouvelables. Ce que les experts qualifient de démarche cohérente, dès lors qu'elle permet au pays d'éviter une sur utilisation de la production pétrolière, en se tournant vers les énergies renouvelables.

#### I.7.4. DTR (Documents Techniques Réglementaires) :

La mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs [14].

Le DTR apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour :

- ✓ le problème d'hiver en introduisant non seulement les déperditions calorifiques, mais également les apports solaires et internes,
- ✓ problème d'été,
- ✓ aux locaux à usage autre que l'habitation,
- ✓ à l'aération des locaux,
- ✓ à la migration des vapeurs d'eau et à sa condensation.

Dans le cadre de cette réglementation le Centre National de la Recherche de l'Industrie du Bâtiment [CNERIB] a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir:

- Le DTR.C 3-2 qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation.
- Le DTR.C 3-4 relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usage d'habitation.
- Le DTR.C 3-31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti.

La mise en application de cette réglementation permettra d'après nos estimations de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.

Pendant, sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs à travers notamment des journées techniques dédiées à cet effet. **[15]**

- Objets et domaine d'application :

Le document technique réglementaire (DTR) a pour l'objet de fixer les méthodes de :

- ✓ Détermination des déperditions et des apports calorifiques des bâtiments ;
- ✓ Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique ;
- ✓ Dimensionnement des installations de chauffage et de climatisations des bâtiments ;
- ✓ Conception thermique des bâtiments...ect

Ces méthodes s'appliquent aux locaux:

- à usage d'habitation ;
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos, ...) ;
- à usage de bureaux ;
- d'enseignement (classes, salles d'études, ...) ;
- d'accueil (bibliothèque, bureaux de poste, banques, ...) ;
- de réunion (salle de spectacle, lieux de culte) ;
- de vente (boutique, supermarché, ...) ;
- de restauration (café, restaurant, ...) ;
- à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petits ateliers...)

Tous les concepts présentés dans cette partie convergent autour de quelques critères simples visant à l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment, à la valorisation des ressources énergétiques locales ou à l'intégration de préoccupations environnementales ou économiques. Seuls l'approche retenue, le niveau d'exigence et les spécificités géographiques locales expliquent la variété des critères considérés.

Définir l'ensemble des bâtiments « à *basse consommation et producteurs d'énergie*» qui intègre notamment les bâtiments à basse consommation, les bâtiments passifs et les bâtiments à énergie positive' ne pose aucun a priori sur la valeur des bilans d'énergie ni sur les choix technologiques envisageables. Le bilan énergétique doit être considéré avant tout comme un objectif de conception, dont seules des mesures sur un bâtiment réel permettront d'attester la validité.

En particulier, le standard bâtiment passif, en raison de son large développement et du retour d'expérience qui en découle, pourra constituer une base de travail pertinente pour l'étude de bâtiments HPE. [15]

#### I.8. Norme énergétique :

La maison passive est un moyen de réduire la consommation d'énergie (low-energy-house, ou maison basse consommation, ou maison basse énergie). On désigne généralement par maison passive, un bâtiment qui est pratiquement autonome pour ses besoins en chauffage. Il se contente des apports solaires, des apports métaboliques (habitants, machines) et d'une bonne isolation, ce qui relègue le rôle du chauffage à un simple appoint.

La norme allemande "Passivhaus" est accordée à partir d'un besoin de chauffage inférieur à 15 kWh/m<sup>2</sup>/an, et un besoin de moins de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie finale (les 15 kWh/m<sup>2</sup>/an du chauffage + l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau + l'électricité consommée par la ventilation + climatisation + électricité domestique). Un besoin calorifique aussi faible signifie qu'en pratique ces habitations n'utilisent un système de chauffage que quelques jours par an (et non pas qu'elles ont besoin d'une chaudière miniature).

En comparaison, les logements des années 1960 et 1970 nécessitent en moyenne, 320 kWh/m<sup>2</sup>/an.

La norme fixe également des exigences minimales au niveau de la résistance thermique des différents éléments de l'ouvrage (murs, fenêtre, toit, etc.), cependant, il est possible d'obtenir les performances d'une maison passive sans pour autant respecter ces exigences. En effet, il y a deux manières de réduire les besoins énergétiques :

La première consiste à isoler le bâtiment pour diminuer ses pertes, c'est la sur-isolation, qui utilise par exemple des doubles ou des triples vitrages et des épaisseurs d'isolant de plusieurs dizaines de cm.

La seconde consiste à augmenter les apports solaires, c'est le bio-climatisme, qui cherche plus à capter mieux qu'à perdre moins (puisque l'énergie est gratuite et renouvelable).

La plupart du temps, une maison passive est le résultat de ces deux méthodes, mais la norme Passivhaus et le label MinergieP suisse (sensiblement équivalent) penchent toutes deux plus du côté sur isolation. La limite de cette démarche est son coût, car les grandes épaisseurs d'isolants et les vitrages performants ne sont pas bon marché. (10% sur le coût global de la construction selon plusieurs témoignages d'habitants.) On peut se passer de système de chauffage.

Enfin, puisque les besoins sont diminués, la part des apports internes dus aux occupants de la maison et à leurs activités n'est plus négligeable, et au contraire devient un apport important.

C'est pour ces raisons que l'on utilise le terme de "passif" car la majeure partie des besoins de chauffage sont remplis automatiquement, sans appareil mécanique ni surveillance ou programmation. L'inconvénient est que les performances de la maison deviennent vite dépendantes du mode de vie de ses occupants. Ceux-ci peuvent donc nuire au bilan final en utilisant mal les fenêtres ou le système de ventilation par exemple [4].

#### I.8.1. Avantage :

- Conservation de la chaleur à long terme (sous réserve d'utilisation de matériaux d'isolation durables).
- Bien moins de problèmes d'humidité (sous réserve du bon entretien de la VMC).
- Plus de confort grâce à un meilleur équilibre de la température et de l'humidité (réserves identiques).
- Une meilleure qualité de l'air (réserves identiques).
- Économiquement attrayant grâce à des frais de chauffage minimaux, il faut tout de même attendre un certain temps pour rentabiliser le surcoût de départ avec le prix de l'énergie d'aujourd'hui.
- Écologique: protection des ressources, émission réduite de CO2.

#### I.8.2. Les obstacles :

Une question importante nous vient à l'esprit : pourquoi construire une maison passive qui coûte plus cher qu'une traditionnelle pour la même surface habitable ?

Les « écologistes » disent que ce concept est accessible et applicable, que la maison passive rejette moins de CO2 dans l'atmosphère et participe donc à l'effort national et international pour la réduction des gaz à effet de serre. C'est évident, mais tout le monde n'est pas un écologiste convaincu et, de plus, nous vivons dans un monde capitaliste (même si la crise en cours pourrait modifier certains comportements) qui recherche souvent les profits à court terme.

Les principaux obstacles au développement de la maison passive pourraient être classés en:

- le « **communicationnel** » qui comprend, entre autres, le manque d'information et les préjugés;
- le « **psychologique** » qui englobe le manque de volonté, la peur de s'aventurer hors des sentiers battus;
- les « **pratiques** » : qui comportent le manque criant d'architectes et d'entrepreneurs formés et spécialisés dans le domaine de l'utilisation rationnel de l'énergie « URE », le surcoût engendré par ce type de construction, les restrictions urbanistiques...

I.9- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUES :

MEMOIRE

Pour L'obtention Du Diplôme D'ingénieur  
« Modélisation d'une maison à énergie positive »  
*Institut National des Sciences Appliquées* à Lyon (France)  
Présenté par : Diez-Webster Urko Randle Sébastien

RESUME :

La diminution de la consommation énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre annoncées par les pays industrialisés impliquent un effort consenti par tous, et dans tous les domaines. Le monde du bâtiment a un rôle important à jouer car il est très énergétivore. Le travail présenté dans ce rapport s'inscrit dans un projet plus large de simulation d'une maison pouvant subvenir elle-même à ses besoins grâce aux énergies renouvelables. Ce projet, mené sur plusieurs années par plusieurs groupes d'étudiants de l'INSA de Lyon et de l'école Centrale de Lyon, suit une évolution logique.

Ce rapport présente la création d'un modèle de maison à énergie positive, à partir de plans d'une maison bioclimatique réalisés par un groupe précédent. L'étude se décompose en deux parties, l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment, puis la mise en place des systèmes actifs. Ces systèmes, qui font largement appel aux énergies renouvelables sont un puits canadien et un récupérateur de chaleur pour la ventilation, une pompe à chaleur dotée d'une sonde géothermique pour le chauffage, des panneaux solaires thermiques pour le chauffage et enfin des panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité.

Les résultats issus de la simulation dynamique du bâtiment réalisé à l'aide du logiciel TRNSYS permettront de déterminer les possibilités de création d'un modèle de maison à énergie positive. Liste de mots clés : bâtiment à énergie positive, simulation TRNSYS, solaire thermique, solaire photovoltaïque, pompe à chaleur géothermique, chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire.

---

MEMOIRE

Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur  
Dans l'habitation collective.  
Cas de la nouvelle ville ali mendjeli constantine  
Pour l'obtention du diplôme de magister  
Option : architecture bioclimatique Institut d'Architecture, Université Mentouri,  
Constantine, Algérie  
Présenté par : M<sup>me</sup> Bellara ( Nee Louafi ) Samira  
(2004–2005)

Résumé :

Chaleur en hiver, fraîcheur en été... sont les éléments du confort pour le bien être de l'individu. Mais l'utilisation du chauffage et de la climatisation coûte cher en énergie.

A cet effet l'architecture bioclimatique tente de répondre aux exigences du confort des habitants en tirant passivement le meilleur parti des éléments du "climat". Par conséquent "Construire avec le climat" permet de réduire considérablement les dépenses en chauffage et en énergie électrique.

La crise économique a soulevé la problématique de l'économie d'énergie dans toute construction. Pour cela, la prise en considération de l'aspect climatique, dépend du respect des facteurs du site qui peuvent être utile : orientation, ensoleillement, protection contre les intempéries, vents dominants.

La présente recherche s'intéresse à la qualité thermique intérieure du bâtiment contemporain suivant les différentes orientations. Elle a pour objectif d'apprécier l'impact de l'orientation sur la température de l'espace intérieur et de rechercher l'orientation optimale.

L'orientation d'une façade est le paramètre clé des interactions visuelles, thermique et acoustique ; cependant au niveau thermique cela, se traduit par l'ensoleillement disponible, la pression du vent et l'humidité de l'air ;

En exploitant les paramètres du bâtiment, on peut réduire les consommations énergétiques et on peut assurer des ambiances intérieures confortables à savoir :

- L'orientation par rapport au soleil et au vent.
- La couleur et la nature des surfaces exposées de la paroi.
- la taille et la protection de l'ouverture.

Une étude est effectuée sur le site de la nouvelle ville ALI MENDJELI de Constantine afin de comparer et de chercher la relation entre les éléments du climat et l'orientation. Une investigation sur terrain (relevé des températures, humidité relatives, températures de surfaces) est entreprise pour évaluer la réponse quantitative globale pour ce type de climat (semi aride).

Parallèlement à cela une simulation à l'aide d'un logiciel TRNSYS (version 14.1) a été effectuée pour valider les résultats du terrain et pour tester plusieurs possibilités d'orientations et d'améliorations afin de déterminer les éléments qui peuvent servir à des conditions meilleures.

Les résultats montrent que le climat peut être un élément déterminant dans l'architecture.

Le contrôle des facteurs orientation par rapport aux rayonnements solaires, le vent et l'ombrage participent au comportement thermique des espaces intérieurs, et à la création d'ambiance confortable.

La prise en compte du critère orientation fait participer le bâtiment à une conception plus performante thermiquement et plus économe énergétiquement.

Mots Clés & Concepts:

**H**abitation collective – **C**limat – **C**onfort thermique – **B**ioclimatique – **E**nergie - **O**rientation –

**T**empérature intérieure et extérieure – **A**mbiance intérieure.

MEMOIRE

Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique  
Et la consommation énergétique du bâtiment  
pour l'obtention du diplôme de magister

Option : architecture bioclimatique Institut d'Architecture, Université Mentouri,  
Constantine, Algérie

Présenté par : D. Medjelakh et S. Abdou

(Reçu le 04 Août 2008 – accepté le 30 Septembre 2008)

Résumé :

L'inertie thermique des bâtiments, sujet de notre propos, est derrière l'intelligente relation qui repose sur la bonne compréhension des échanges thermiques entre le dedans et le dehors. Elle participe au bon rendement, à la bonne utilisation et au confort de la machine thermique (bâtiment). Une investigation a été menée sur une maison de l'époque coloniale à Guelma afin d'estimer le rôle de l'inertie sur le confort hygrothermique. En comparaison, une villa contemporaine a été choisie pour évaluer l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique des bâtiments. Les résultats montrent que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort hygrothermique et la consommation réduite de l'énergie. La validation des résultats de l'investigation par le logiciel TRNSYS.V14 réaffirme le rôle prépondérant de l'inertie thermique dans le maintien de l'équilibre hygrothermique intérieur. Bien que l'inertie des matériaux, selon les résultats, doit être associée aux moyens de chauffage (d'appoint) et de refroidissement naturelle (ventilation nocturne) dans les situations les plus défavorables.

Résultats :

Il en résulte de l'étude les conclusions suivantes:

- L'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort hygrothermique et la consommation réduite de l'énergie.
- L'inertie thermique assure l'équilibre hygrothermique. En été, elle permet de lisser les flux thermiques et les températures extrêmes. En hiver, elle évite les chutes trop brutales de la température et met bien en évidence la gestion optimale des apports de chaleur. Mais elle doit être combinée avec les moyens de chauffage et de refroidissement naturel pour le bon comportement thermique.
- Avec l'assurance du confort hygrothermique hivernal et estivale, l'inertie permet une consommation énergétique réduite.

## MEMOIRE

Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment  
Cas du climat semi aride

Mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère option : architecture bioclimatique,  
Université Mentouri, Constantine, Algérie

Présenté par : Melle Benhalilou Karima  
(2008)

### **Résumé :**

En ce début du XXIème siècle, l'émergence de préoccupations environnementales a revêtu une importance cruciale nécessitant des études plus approfondies sur la demande énergétique des bâtiments, liée principalement aux systèmes de conditionnement des ambiances.

En Algérie, le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergivores. En période estivale, les bâtiments résidentiels sont confrontés à des problèmes d'inconfort liés au phénomène de surchauffe et d'exposition des façades aux radiations solaires intenses et de consommation irrationnelle et abusive d'électricité pour la climatisation. En effet, l'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants Car les températures extrêmes, qu'elles soient chaudes ou froides, peuvent provoquer des effets gênants chez l'homme. Avec la crise énergétique, le recours aux procédés passifs a connu donc un essor de plus en plus amplifié. Par conséquent, l'effet de la végétation comme dispositif de rafraîchissement est reconnu ; son impact sur le confort extérieur a fait l'objet de maintes recherches. Quant à l'effet de la végétation sur le confort intérieur, celui-ci semble être insuffisamment traité.

L'objectif de notre étude consiste donc à évaluer le confort hygrothermique des bâtiments sous l'effet des écrans végétaux dans un climat semi aride de Constantine. Pour cela, une campagne de mesures in situ a été effectuée, autour de laquelle des échantillons représentatifs ayant la même orientation ont servi de support à l'analyse du comportement thermique de ces derniers.

Cette investigation sur cas réel de quatre maisons individuelles a permis d'évaluer l'impact de la végétation grimpante sur la température de l'air et de surfaces, ainsi que l'humidité de l'air, en d'autres termes sur le confort hygrothermique de ces maisons en période estivale.

D'ailleurs, les résultats de mesures ont révélé que, les plantes grimpantes à feuillage caduc sur un mur orienté sud ouest ont un effet bénéfique sur l'environnement thermique extérieur près du bâtiment et par conséquent sur l'ambiance intérieure de ces derniers. En outre, nous avons relevé que la performance hygrothermique des plantes grimpantes vis-à-vis des bâtiments dépendait étroitement de la densité du feuillage, de son épaisseur et du rapport de couverture, et finalement de la typologie.

### **Mots clés :**

Végétation grimpante à feuillage caduc, mesures in situ, confort hygrothermique estival, climat semi aride.

---

### I.10. Conclusion

L'état de l'art et l'étude bibliographique présentés dans cette partie ont permis d'identifier les enjeux, les objectifs et les caractéristiques des bâtiments performants, de proposer une définition du bâtiment HPE et d'identifier les équipements les plus adaptés à ce type de bâtiment ; en particulier les bâtiments passifs.

Dans le cadre d'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment ; ainsi que le programme national pour la maîtrise de l'énergie ; un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique a été mise en place dans 11 wilayas parmi ces projets la réalisation de 30 logements HPE à Tamanrasset.

Dans ce contexte, nous avons entrepris une étude énergétique d'un logement individuelle type F3, (70 m<sup>2</sup> habitable) pour réaliser un confort thermique adéquat. Le chapitre suivant, porte sur les détails de calcul.

## CHAPITRE II : PRESENTATION DU LOGEMENT D'ETUDE DANS LE SITE DE BLIDA

### II.1. Introduction :

L'essor de « l'architecture solaire » puis « bioclimatique » permet à la fois la théorisation et la concrétisation de cette réflexion dans la production normale du cadre bâti. Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle », c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement.

L'intérêt du 'bioclimatique' va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui en fait un facteur fondamental de l'art de construire.

Pour cela, il faut veiller à:

- Préserver les ressources énergétiques conventionnelles.
- Réduire les coûts des investissements énergétiques, notamment en matière de chauffage et de climatisation.
- Réduire l'impact des énergies fossiles sur l'environnement.

Avec la raréfaction des ressources d'énergies fossiles et leurs coûts qui prennent l'ascenseur, en plus des effets négatifs des émissions qui en résultent sur le réchauffement de la planète, on commence à prendre conscience des biens faits d'intégrer le climat dans le mode de construire et d'en faire un facteur important (pour ne pas dire prépondérant) dans la recherche architecturale pour adapter les constructions aux conditions climatiques de la région d'implantation afin d'atteindre le niveau de confort thermique requis à moindre consommation d'énergie.

Dans ce chapitre ; nous allons déterminer les caractéristiques climatiques du notre site ; le concept architectural ; puis une description du projet.

#### ➤ Contexte du travail :

- Les objectifs du projet :

La conception d'un bâtiment performant implique nécessairement la prise en compte des conditions climatiques du milieu. En effet, remédier à l'actuelle standardisation de la morphologie des bâtiments en favorisant la prise en compte du climat local constitue un enjeu majeur. Ainsi, lors de notre étude, nous avons aspiré à tirer parti des conditions naturelles (choix de matériaux adaptés et utilisation d'énergies renouvelables).

Nos principales préoccupations tout au long de la conception de ce bâtiment ont été d'une part l'économie d'énergie et d'autre part, le gain de confort.

- Les outils informatiques :

Plusieurs logiciels performants ont été mis à notre disposition afin de modéliser les différentes configurations que nous avons choisies. Les résultats des simulations effectuées grâce à ces logiciels nous ont guidés dans nos choix et nous ont permis de proposer, puis de tester des solutions toujours plus performantes. Sans conteste, les logiciels suivants ont constitué un outil précieux pour l'avancement de notre étude :

❖ ALCYONE : a permis la modélisation architecturale de l'ensemble du bâtiment et la caractérisation des différents matériaux utilisés.

❖ COMFIE-PLEIADES : a constitué l'outil d'évaluation des échanges thermiques dans les différents espaces, mais aussi d'analyse des différentes consommations en chauffage et climatisation.

❖ METEONORM : est une référence complète météorologique. Il vous donne accès à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

❖ METEOCALC : est un outil intégré à pléiades+comfie (module STD COMFIE) pour générer des fichiers météorologiques Traitement très rapide et génération de fichiers météo horaires (8760 heures)

## II.2. L'adaptation de la conception architecturale au climat :

L'homme de par sa constitution physiologique, ne pouvant s'adapter aux conditions climatiques extrêmes, a toujours tenté de rechercher un environnement favorable, tout en le développant à travers les temps, en essayant d'optimiser ses qualités, dans l'objectif d'atteindre les conditions de confort optimales souhaitées.

Cependant l'interaction entre le climat et l'homme nécessite un équilibre avec l'environnement, qui dépend de la conjugaison de plusieurs facteurs, qui vont être traité pour pouvoir comprendre toutes les caractéristiques d'une ambiance confortable.

Si une conception architecturale vise à utiliser, les éléments favorables du climat et de l'environnement, en vue de la satisfaction des exigences du confort thermique ; on dit que elle est adapté a son climat, c'est ce qu'on appelle donc l'architecture bioclimatique. [7]

En effet l'architecture bioclimatique insiste sur l'optimisation de la relation de l'habitation avec le climat en vue de créer des ambiances « confortable » par des moyens spécifiquement architecturaux ; Le but de l'architecture bioclimatique est d'exploiter les effets bénéfiques du climat (captage du soleil en hiver, ventilation en été) tout en offrant une protection contre les effets négatifs (trop de soleil en été, expositions aux vents dominants en hiver) [8] , une conception consciente de l'énergie ; et qui place l'occupant et son confort au centre de ses préoccupations.

L'adaptation au climat est la relation retrouvée entre l'homme habitant et le climat elle permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être à

l'intérieur des logements avec des températures agréables et une humidité contrôlée... les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire sont à prendre en considération. L'influence du rayonnement solaire c'est-à-dire l'effet radiatif « sol air température » sur la température de l'air au voisinage de la paroi, et sur la température de la face exposée au soleil tient compte de plusieurs facteurs :

- Rayonnement solaire sur toute l'enveloppe du bâtiment.
- Température de l'air suivant l'heure du jour et la position du soleil.
- Orientation du bâtiment (par rapport au soleil et au vent).
- Caractéristiques des parois extérieures (masse thermique, couleur, état de surface des matériaux, isolation...).
- Protection solaire de toutes ces parois.
- Emplacement et taille des fenêtres.

L'effet radiatif permet donc d'après une meilleure connaissance du comportement thermique d'un bâtiment donné, et qui facilite aussi l'étude de son orientation, de l'emplacement des fenêtres susceptibles de produire le meilleur confort thermique au cours des quatre saisons. [9]

L'orientation [est la direction vers laquelle sont tournées les grandes façades vitrées] joue un rôle important dès les phases primaires de la conception architecturale construire en harmonie avec les heures de la journée et des saisons donne une architecture plus confortable et plus conviviale pour l'habitant.

L'orientation d'une façade est le paramètre clé des interactions visuelles, thermique et acoustique ; Cependant au niveau thermique cela se traduit par l'ensoleillement disponible, la pression du vent et l'humidité de l'air ; tout cela gère simultanément le rôle que joue la façade Le niveau du rayonnement sur un mur est sensiblement plus élevé dans une direction et moindre dans l'autre, ce qui signifie que les conditions de protection sont importantes, et en particulier la ou il y a des fenêtres « il n' en reste pas moins qu'une bonne orientation des baies vitrées est un choix essentiel pour faire des économies d'énergie » [8], a titre d'exemple la conception architecturale d'une habitat qui se trouve au nord européen ne peut être appliqué a 100% pour construire une habitat En Amérique de sud ou bien ici en Algérie, chaque endroit possède son environnement et son propre climat qui exige telle conception pour garantir un ambiance confortable a l'intérieur de l'habitat.

Ici on Algérie et précisément a la Mitidja ce ne sont pas les températures moyennes journalières qui sont inconfortables, mais plutôt la fluctuation qui est à la base de l'inconfort. Pour atténuer cet effet, on réalise des parois de grande inertie thermique qui ont la capacité de stocker la chaleur pendant la journée pour la restituer la nuit, au moment où les usagers ouvrent leurs fenêtres pour ventiler et rafraîchir les espaces internes.

D'une façon générale, la température de l'air dans la ville est toujours supérieure à celle de son environnement. Cette différence est due, d'une part à la chaleur générée par les moyens de transport, le chauffage, le conditionnement d'air, les usines, et d'autre part par la basse vitesse de refroidissement des masses de béton qui, en raison de leur haute inertie thermique, restituent, la nuit, la chaleur accumulée pendant le jour.

Le degré hygrométrique, le rayonnement solaire (qui dépend surtout de l'albédo des surfaces urbaines), les couleurs et la couverture végétale influente sur l'élévation de la température et aussi du taux d'humidité relative, pour les zones de la Mitidja, le climat et l'environnement, doivent être déterminant et non facultatifs dans toute étude de bâtiment.

Le mode de construire ancien adaptait l'architecture aux facteurs sociaux, culturels et climatiques pour pouvoir supporter des conditions de vie parfois difficiles, que cela soit au sud ou au nord. Le besoin de construire beaucoup, vite et pas cher a entraîné une rupture entre l'architecture et le climat, ce qui nécessite le recours abusif à des systèmes mécaniques de conditionnement d'air énergivores pour atteindre le confort thermique requis dans les locaux.

Le choix du site d'implantation est le premier facteur garantissant une conception architecturale thermiquement performante bien qu'il n'affecte ni les températures ni les humidités, mais il a un effet non négligeable sur le vent, la pluie et le rayonnement solaire.

En effet, l'observation des choix effectués, depuis l'antiquité, en matière de zones constructibles, doit orienter le processus de recherche du terrain adéquat. La morphologie et la pente du terrain, l'exposition au soleil, les masques de protection contre les vents dominants, sont autant d'éléments à prendre en compte.

Dans l'architecture traditionnelle au nord algérien, le confort de l'utilisateur était assuré par une combinaison de plusieurs stratégies passives de contrôle thermique, qui sont le résultat d'une connaissance approfondie des conditions climatiques. Ainsi, la réduction des températures internes pouvait être réalisée au moyen de concepts de refroidissement passifs tels que : évaporation, convection, rayonnement nocturne, ventilation, absorption de l'humidité en climat chaud et humide, radiation vers la voûte céleste, bâtiment enterré.

Un choix judicieux des matériaux de construction participe à la réduction des températures de l'air ambiant à l'intérieur des locaux. Leurs effets thermiques dépendent de deux qualités principales, la résistance thermique et la capacité calorifique.

Les parois et le renouvellement de l'air sont les principales sources de déperditions thermiques dans une construction. Il faut donc, réduire les besoins en assurant une bonne étanchéité à l'air (isolation) et une bonne aération en privilégiant la ventilation naturelle.

La conception du bâtiment doit mettre en œuvre des principes simples, basés sur le bon sens et qui ont prouvé leur efficacité dans les constructions anciennes. Elle doit être adaptée aux besoins saisonniers (chaleur en hiver, fraîcheur en été) et favoriser au maximum l'apport solaire passif et minimiser les déperditions. Dans ce cadre, nous dirons que l'architecture passive ou bioclimatique doit prendre en compte les principes suivants: [3]

- Utiliser des matériaux massifs pour augmenter l'inertie thermique.
- Supprimer les points faibles, tels que les ponts thermiques, ou les balcons qui font corps avec le reste du bâtiment, et agissent comme ailettes de refroidissement.

- prévoir des vitrages isolants (par exemple double vitrage), qu'il faut protéger par des volets, des stores et des casquettes, tout en privilégiant l'éclairage naturel des espaces.
- Éviter les surchauffes estivales en protégeant le bâtiment par une végétation
- appropriée utiliser des dispositifs architecturaux de protection tels que toiture opaque, casquette, ...etc.

En conclusion, la qualité du confort au niveau des espaces intérieurs ou extérieurs s'exprimera par les effets des caractéristiques du climat sur le site.

### II.3. La ville de Blida :

Environ 7% de la surface totale de l'Algérie est caractérisée par un climat méditerranéen. La ville de Blida, zone retenue dans cette étude, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe et un taux d'humidité élevé où l'inconfort est fortement ressenti. L'analyse de la distribution mensuelle de la température et de l'humidité relative de la ville de Blida indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort. Les bâtiments doivent, donc, être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence.

Il est donc plus approprié de viser la période de surchauffe pour déterminer les techniques de refroidissement passif qui aident à réduire les températures internes pour atteindre des ambiances confortables.



Figure (II.1) : La Wilaya de Blida en rouge.

Source :( <http://www.google.dz/imgres>)

#### II.3.1. La situation géographique du site :

La commune de Blida est située au centre de sa wilaya de Blida elle est a 47 km au sud-ouest d'Alger La ville de Blida est située au pied du versant nord du massif montagneux (l'Atlas blidéen) et au centre de la plaine de la Mitidja, à une altitude de 260 mètres, la situation précise de la station est donnée par ses coordonnées géographiques.

Latitude 36.42°

Longitude 2.8°

Altitude 341m

Ces différentes données seront importantes en vue de déterminer les conditions climatiques auxquelles le site est soumis tout au long de l'année et notamment l'éclairement global.

II.3.2. Les caractéristiques climatiques du site :

L'Atlas tellien protège la ville des vents secs du sud en provenance des Hauts Plateaux. Cette protection permet à la région de bénéficier d'un climat méditerranéen propice à l'agriculture qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Ces dernières données auront un impact sur le choix des matériaux en termes d'inertie thermique. Or, plus l'inertie est importante, plus elle permet de diminuer les écarts de température au cours du temps.

<b>Données climatiques</b>	<b>TA (°c)</b>	<b>HR(%)</b>	<b>DIN(h)</b>	<b>RR (mm)</b>	<b>FF (m/s)</b>
janv	9.4	85	143	93	1.4
fév	10.5	82	156	96	1.2
mar	12.1	79	196	86	1.1
avr	14.5	76	223	63	1.7
mai	18.3	72	279	43	1.7
juin	22.6	65	305	16	2.0
juil	26.4	61	352	5	1.8
aout	26.5	64	326	7	1.6
sep	23.4	70	255	31	1.7
oct	18.6	76	215	71	1.0
nov	13.7	81	171	95	1.5
dec	10.1	86	145	113	1.3

Tableau (II.1) : données climatique de Blida  
(Source : métronome réadapté par l'étudiant)

Les données climatiques ci-dessus nous serviront à choisir les énergies renouvelables les Plus adaptées à notre milieu (panneaux solaires...).

Tous les graphes météorologiques qui suivent sont pris du METEONORME (V.7).

II.3.2.1. Les températures :

Les températures que connaît le site varient entre 6°C et 33°C en moyenne tout au long de l'année, comme l'indique le graphique suivant :

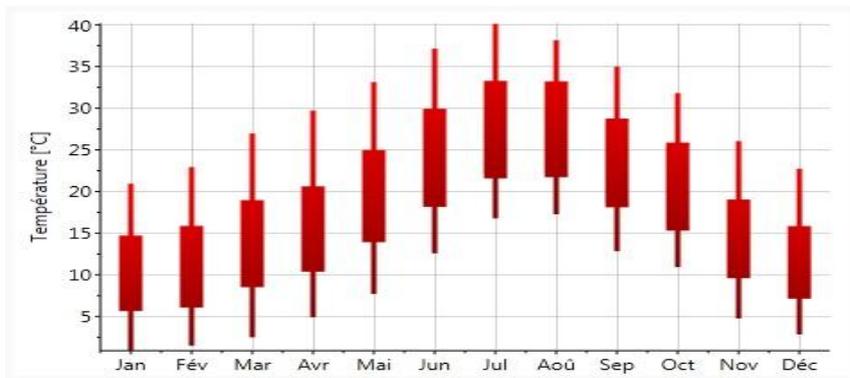


Figure (II.2) : La température moyenne mensuelle pour le site de Blida.

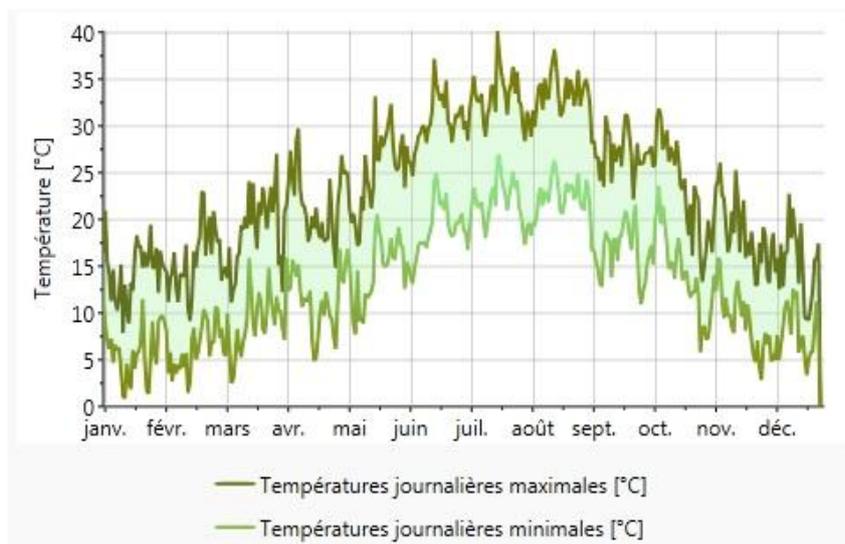


Figure (II.3) : La température journalière pour le site de Blida.

En été, les températures varient en moyenne entre 22°C et 33°C tandis qu'en hiver elles oscillent entre 6°C et 14.5°C. Ainsi, comme ça on peut dire que l'absence du confort thermique peut régiter en hiver et aussi qu'en été, mais un peut plus en été si on considère que l'intervalle de confort est entre 20°C et 26°C, au vu de ces températures, nous avons pu définir le point clé de notre étude :

- Assurer un bon confort thermique en hiver tout en limitant les besoins en chauffage.
- Mais le plus préoccupant c'est assurer un bon confort thermique en été tout en limitant les besoins en climatisation.

### II.3.2.2. L'ensoleillement :

L'ensoleillement du site est une donnée importante, puisqu'elle permet de donner une bonne indication pour évaluer les apports solaires, ainsi que pour estimer le potentiel de captage de l'énergie solaire par des panneaux solaires que nous pourrions éventuellement installer, voici l'ensoleillement global observé entre 1986-2005 une forte variance entre l'été et l'hiver furent observés.

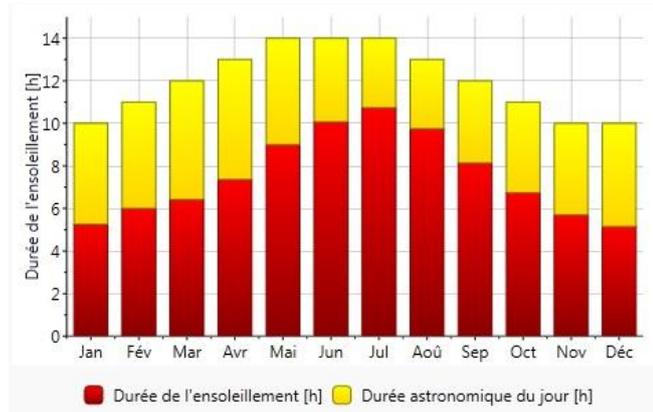


Figure (II.4): durée d'ensoleillement.

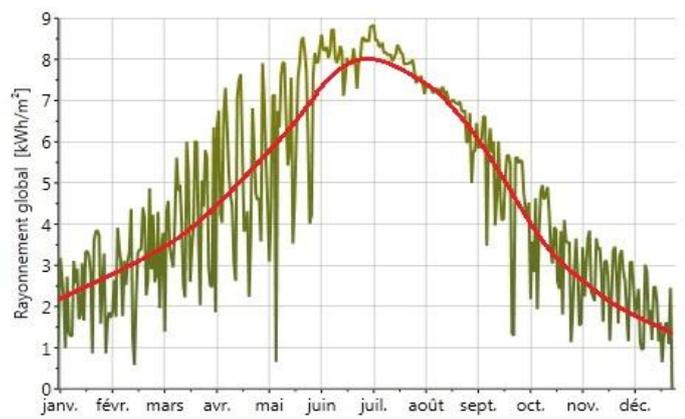


Figure (II.5) rayonnement global journalisé.

On peut en déduire que l'ensoleillement global oscille autour de 2 kWh/m<sup>2</sup> en hiver, et peut dépasser 8 kWh/m<sup>2</sup> en été. Ces données seront notamment prises en considération lors de l'évaluation des apports solaires.

II.3.2.3. Autres mesures :

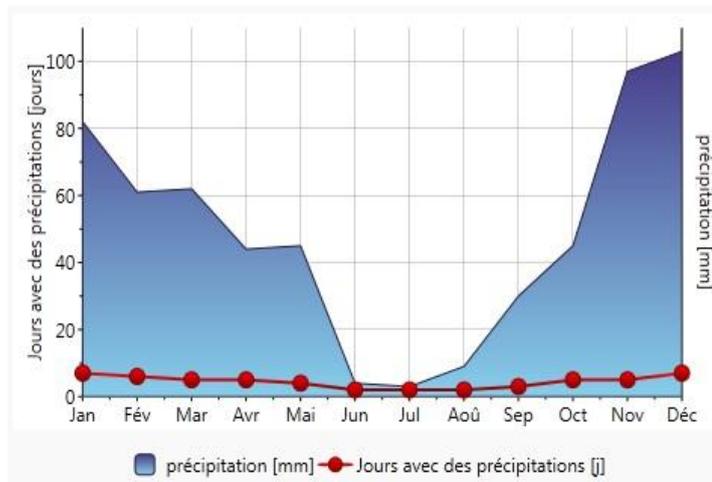


Figure (II.6) : précipitations à Blida.

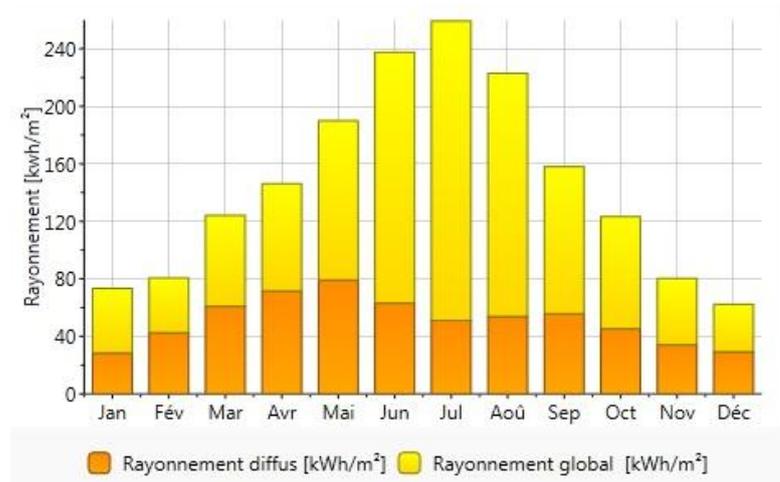


Figure (II.7) : irradiation à Blida.

#### II.4. Présentation du model étudiant :

##### II.4.1. Description du projet :

Notre habitat est une maison individuelle qui comporte essentiellement un séjour et quatre chambres, elle est composée en deux étages, son plan est pris d'un document livré par monsieur le promoteur de cette thèse, elle a été réalisée déjà en France et avec calcul de toutes ces consommations annuelles.

Dans la réalisation de cet habitat des paramètres sont respectés :

- L'orientation ; qui joue un rôle très important pour maximiser les apports solaires, de ce fait, les espaces de vie tels que la salle de séjour et les chambres devraient être orientés vers le sud.
- L'isolation est la clef de la maison passive, elle doit être appliquée sur toute l'enveloppe du bâtiment.
- Le vitrage ; utilisant des fenêtres en aluminium doubles vitrages.

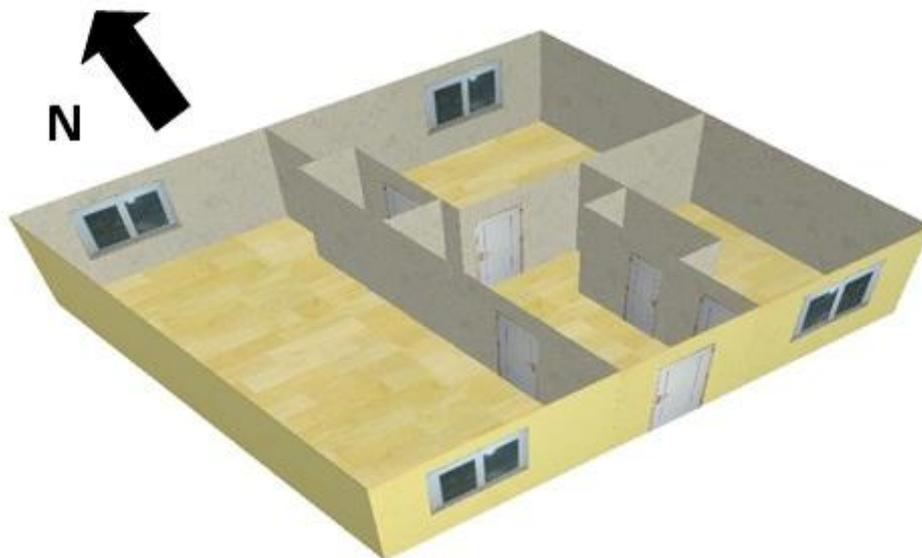


Figure (II.8) : logement en 3-D RDC réalisé à l'aide du logiciel ALCYONE.



Figure (II.9) : logement en 3D 1<sup>er</sup> étage réalisé à l'aide le logiciel ALCYONE.

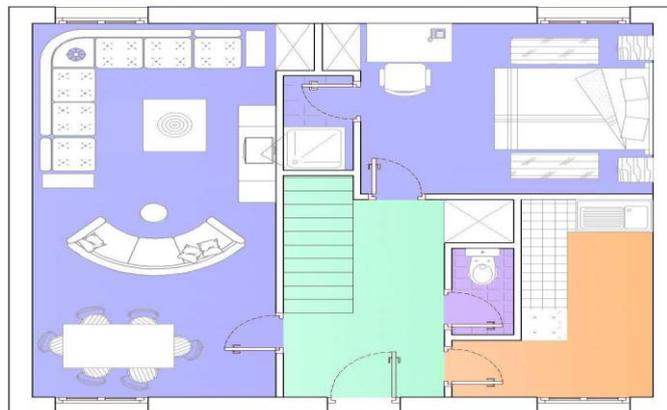


Figure (II.10) : plan du Rez-De Chaussée réalisé avec Autocad.

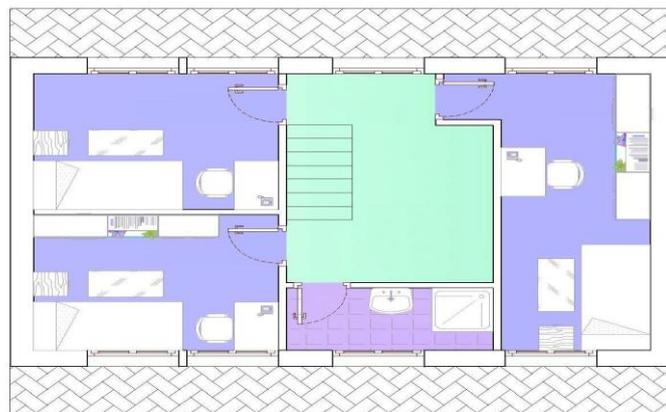


Figure (II.11) : plan du 1<sup>er</sup> ETAGE réalisé avec Autocad.



Figure (II.12) : coupe de la maison

#### II.4.2. Définition des zones :

La première étape est de séparer l'ensemble de la maison en différentes zones couplées les unes avec les autres. La séparation des différents espaces de la maison se fait en fonction de l'emplacement, de l'occupation et de l'utilisation, quarts zones différentes ont été créées et sont répertoriées dans le tableau (II.2), à noter que les pièces qui appartiennent à la même zone possèdent les mêmes caractéristiques de fonctionnement (voir le chapitre 3).

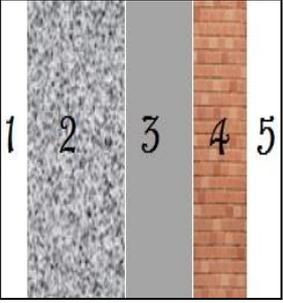
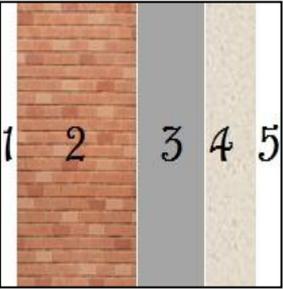
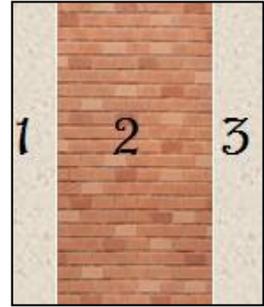
ZONE	NOM	ESPACE	VOLUME (m <sup>3</sup> )
2	CUISINE	cuisine	25.28
4	COULOIR BAS	Hall, circulation et escalier rez de chaussée	24.75
1	SEJOUR	séjour	67.01
3	WC	Toilette	3.26
1	CH1	Chambre 1	38.3
1	DOUCHE	douche	4.19
3	BAINS	bains	10.92
1	CH4	Chambre 4	25.22
1	CH2	Chambre 2	33.96
4	COULOIR HAUT	Hall, circulation et escalier 1ère étage	28.85
1	CH3	Chambre 3	25.19

Tableau (II.2) : la répartition des pièces en différentes zones.

Chaque zone est considérée comme une cellule séparée pour laquelle il faut définir le volume et les surfaces des parois, pour chaque paroi il faut définir ses caractéristiques ainsi que la zone adjacente. Par exemple la cuisine dispose d'un mur extérieur orienté vers le sud ouest avec une fenêtre, un mur donnant sur la chambre 1, etc.

II.4.3. Composition des parois :

Pour les premières simulations, un bâtiment de référence a été défini, les caractéristiques des matériaux et les épaisseurs d'isolant correspondent à des valeurs classiques pour des bâtiments bien isolés, le tableau (II.3) donne la composition des murs :

DESIGNATION ET REPRESENTATION	COMPOSITION	EPAISSEUR [m]	$\lambda$ [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C/W]
<p><b>MUR EXTERUEUR ALLEGE REZ DE CHAUSSE</b></p> 	<p>1/he 1-Enduit extérieur 2-Béton 3-Ouate de cellulose 4-Brique creuse 5-Enduit intérieur 1/hi</p>	<p>0.02 0.15 0.075 0.05 0.015</p> <p><b>E=0.31</b></p>	<p>1.15 1.40 0.05 0.50 0.46</p>	<p>0,06 0.02 0.11 1.67 0.10 0.03 0,11</p> <p><b>R=2.1</b></p>
<p><b>MUR EXTERUEUR ALLEGE ETAGE</b></p> 	<p>1/he 1-Enduit extérieur 2-Brique creuse 3-Ouate de cellulose 5-Placoplatre 6-Enduit intérieur 1/hi</p>	<p>0.02 0.125 0.075 0.035 0.015</p> <p><b>E=0.27</b></p>	<p>1.15 0.60 0.05 0.50 0.46</p>	<p>0,06 0.02 0.21 1.63 0.07 0.03 0,11</p> <p><b>R=2.4</b></p>
<p><b>MUR INT</b></p> 	<p>1/hi 1-Mortier 2-Brique creuse 3-Mortier 1/he</p>	<p>0.013 0.125 0.013</p> <p><b>E=0.151</b></p>	<p>1.15 0.60 1.15</p>	<p>0.085 0.01 0.21 0.01 0.085</p> <p><b>R=0.4</b></p>

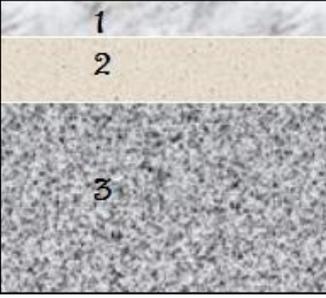
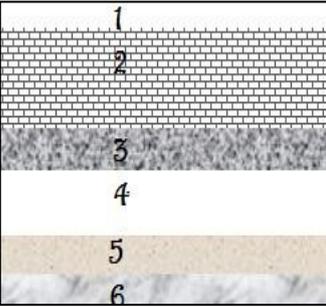
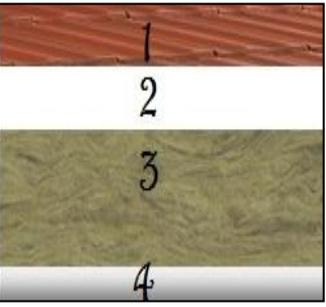
<b>PLANCHER BAS</b>				
	1/hi 1-carrelage 2-Mortier 3- Béton lourd	0.02 0.04 0.2	1.70 1.15 1.75	0,110 0.01 0.03 0.11
		<b>E=0.26</b>		<b>R=0.26</b>
<b>PLAFOND BAS</b>				
	1/hi 1- Plâtre 2- Hourdis 3- Dalle en béton 4- Polystyrène 5- Forme de pente 6- Carrelage 1/he	0.015 0.2 0.04 0.1 0.03 0.02	0.35 1.33 0.16 0.04 0.16 1.70	0,06 0.04 0.15 0.25 2.56 0.19 0.01 0,110
		<b>E=0.405</b>		<b>R=3.37</b>
<b>PLAFOND HAUT RAMPONT</b>				
	1/he 1-Terre cuite 2- Lame d'air 3-Laine de verre 4-Placoplatre BA 1/hi	0.01 0.015 0.2 0.013	1.15 0.09 0.04 0.32	0.21 0.01 0.16 4.88 0.04 0.07
		<b>E=0.238</b>		<b>R=5.37</b>

Tableau (II.3): composition des murs utilisés pour la construction.

Après introduire les pièces et leurs contacts et les caractéristiques des parois au niveau du module Dh-Multi sur Pléiades on obtient une liste de tous les parois, tableau (II.4) donne l'exemple de la définition de la cuisine. Dans cet exemple, les parois adjacentes aux autres zones (chambre 1) déjà définies ou le plafond, considéré comme le plancher d'une autre zone, ne sont pas présentées pour éviter les répétitions, Un tableau complet est présenté en annexe.

Nom de la pièce	Nom de la paroi	Contact	Surface	Orientation	Incli.	Composition
CUISINE - 1	Plancher 1/1	Sol	10.07	0		180 Plancher bas PFE
CUISINE - 1	Plafond Int.1/2.1	CH2 - 9 / Plancher Int.9/1	7.05	0		0 Plafond bas PFE
CUISINE - 1	Paroi 1/4	Extérieur	7.43	0		90 MUR EXT ALLEGE REZ DE CHAUSSE
CUISINE - 1	Paroi 1/5	Extérieur	10.19	-90		90 MUR EXT ALLEGE REZ DE CHAUSSE
CUISINE - 1	Paroi 1/6	CH1 - 5 / Paroi 5/6	5.57	0		90 MUR INT
CUISINE - 1	Paroi 1/7	COULOIR BAS - 2 / Paroi 2/8	2.26	-90		90 MUR INT
CUISINE - 1	Paroi 1/8	WC - 4 / Paroi 4/4	4.42	90		90 MUR INT
CUISINE - 1	Paroi 1/9	WC - 4 / Paroi 4/3	1.86	0		90 MUR INT
CUISINE - 1	Paroi 1/10	COULOIR BAS - 2 / Paroi 2/5	3.51	-90		90 MUR INT
CUISINE - 1	Plafond EXT.1/2	Grenier ventilé	2.63	0		0 Plafond rampant PFE
CUISINE - 1	Plafond Int.1/2.2	BAINS - 7 / Plancher Int.7/1.2	0.37	0		0 Plafond bas PFE

Tableau (II.4) : listing des parois et leurs contacts exemple de la cuisine.

II.4.4. Les menuiseries :

Les fenêtres sont du type très performant existant sur la bibliothèque de notre logiciel Pléiades voici les caractéristique dans le Tableau (II.5)

Nom : Fen boit DV A2+A2 4.6.4

Complément : Double vitrage 4 + 4 mm huisserie bois

Origine : Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-BV

Nombre de vitrage : 2

composant paramètres	Cadre (30 %)	Vitrage (70%)	Cadre + vitrage (100%)
Facteur solaire	_____	0.81	0.57
Coeff U (w/m <sup>2</sup> k)	2.60	3.25	3.06

Tableau (II.5) : caractéristique de la miniserie utilisée.

➤ Le double vitrage :

Un double vitrage est une paroi vitrée constituée de deux vitres séparées par une épaisseur d'air immobile, dite « lame d'air » ou bien du gaz.

Le double vitrage est un dispositif qui améliore l'isolation thermique et phonique de notre habitation et permet de réduire l'"effet de paroi froide" et la condensation en hiver, l'ouverture est hermétique avec un gain d'isolation de 30% par rapport au vitrage classique.



Figure (II.13) :

Fenêtre double vitrages en aluminium.

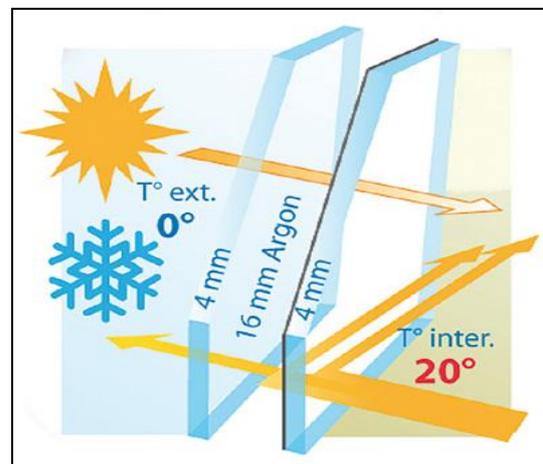


Figure (II.14) :

Conservation de chaleur par un double vitrage

(Source : <http://www.vitrerie-billomoise.com>)

### II.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons déterminé l'influence du climat sur la conception architecturale, particulièrement où se situe notre site d'étude (ville de BLIDA) tout en déterminant les caractéristiques climatiques détaillées de cette dernière.

Par la suite, nous avons fait une description du logement étudié et les caractéristiques des matériaux composant les murs externes et internes ainsi que les planches bas et haut, et le vitrage utilisé dans cette habitation.

## CHAPITRE III : APPLICATION DES LOGICIELS D'ETUDE AU CAS DU NOTRE HABITAT

### III.1. Introduction :

Les outils de simulations énergétiques permettent la simulation du comportement thermique d'un bâtiment, en lien éventuel avec les questions de confort acoustique et d'éclairage. De tels outils calculent les besoins énergétiques nécessaires au maintien du confort thermique (chauffage, rafraîchissement), voire l'ensemble des besoins énergétiques. Au-delà de l'aspect énergétique, certains logiciels évaluent les impacts environnementaux liés au bâtiment sur la totalité de son cycle de vie.

PLEIADES + COMFIE est intégré à un ensemble de logiciel interfacé complet facilitant la saisie rapide de toutes les caractéristiques du bâtiment, de ses équipements et de ses scénarios de fonctionnement, d'une part, et chaîné à un calcul d'analyse de cycle de vie du bâtiment, d'autre part.

Dans ce chapitre ; nous allons présenter le logiciel d'étude ; faire un model du logement ; rentrer le fichier de donnée météorologique ; intégrer le concept proposé et les scenarios de fonctionnements.

### III.2. Présentation générale de l'outil de simulation « le logiciel Pléiades + Comfie » :

#### ➤ Pourquoi la simulation thermique dynamique ?

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'occupation des locaux,...

Au final, on accède aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires...heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment. La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes. La STD permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenues.

#### ➤ Une analyse pertinente :

Une STD est nécessaire en phase de conception d'un projet de construction, afin de valider les objectifs de faible consommation. Elle l'est aussi dans l'existant quand il s'agit d'établir une stratégie de rénovation. Dans ce dernier cas, on réalise une série de STD pour tester différentes solutions techniques a tout niveau (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement...).

On peut trouver l'optimum entre performances et retour sur investissement, et établir une stratégie de rénovation énergétique permettant d'atteindre la performance énergétique avec un temps de retour minimal.

➤ Pléiades + Comfie :

Le logiciel Pléiades + Comfie est développé par le Centre d'énergétique de l'Ecole des Mines de Paris, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine-type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

Chaque ouverture vitrée peut être affectée d'un masque intégré à la construction (auvent, brise-soleil etc.). Les masques lointains (relief, autres bâtiments), les obstacles à l'ensoleillement à proximité de chaque paroi (arbre, masques architecturaux) sont également pris en compte.

III.2.1. L'interface Pléiades + Comfie :

Les ventilations extérieures sont définies pour chaque zone par un scénario hebdomadaire et horaire. Il est également possible de prendre en compte différents types de ventilation interne entre les pièces : ouverture de porte avec indication de la fréquence d'ouverture ou d'une régulation, orifices de ventilation, ventilation mécanique inter zones, mur Trombe.

Les zones peuvent être à évolution libre (température flottante), ou bien thermostatées (avec une consigne de chauffage et une consigne de climatisation hebdomadaire et horaire). Dans ce dernier cas les puissances de chauffe et de rafraîchissement nécessaires pour maintenir la température souhaitée sont calculées à chaque pas de la simulation. Pour chaque zone, il est aussi possible de définir la puissance de l'équipement de chauffage et de refroidissement, l'efficacité de l'échangeur récupérateur (en ventilation double flux) et la position du thermostat (qui peut être dans une autre zone).

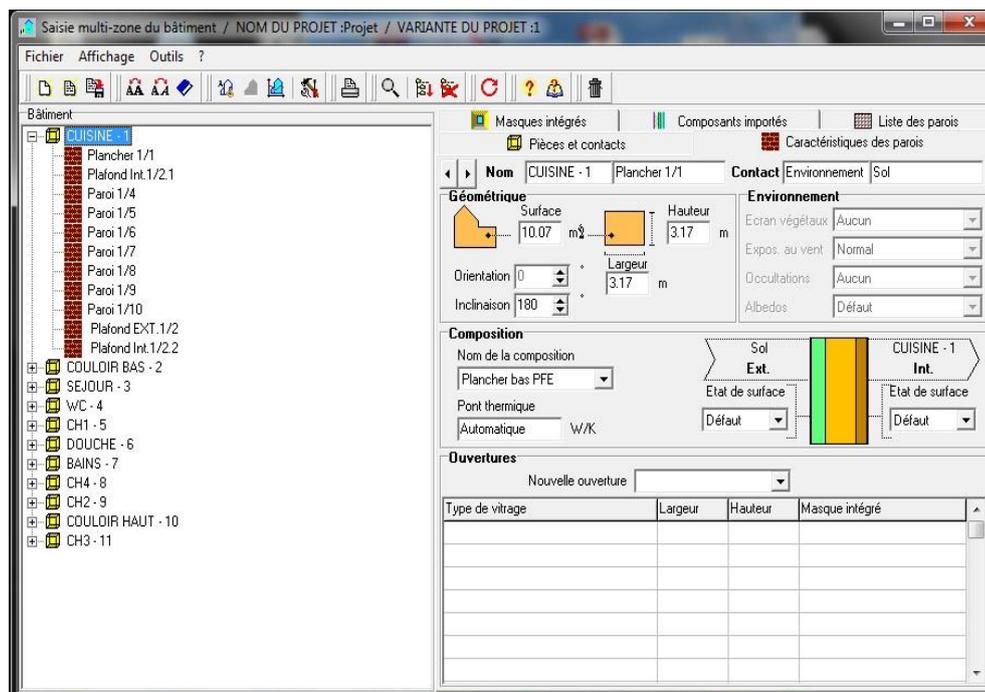


Figure (III.1) : L'interface Pléiades + Comfie.

Un éditeur de graphes facilement paramétrable permet l'analyse graphique des résultats et la comparaison des variantes. Une série d'indices est générée automatiquement après la simulation pour apprécier rapidement les performances du bâtiment.

Ils permettent de mieux appréhender sur la période analysée les surchauffes (calcul de la moyenne de dépassement de température durant la période de surchauffe la plus importante), l'amplification (moyenne des pourcentages journaliers d'amplification de la température extérieure), le taux d'inconfort (pourcentage de temps durant lequel la température a été supérieure ou inférieure à certaines valeurs), les besoins énergétiques (somme des besoins nets de chauffage et de rafraîchissement) et le pourcentage de besoins nets de chauffage par rapport aux déperditions théoriques sans apports solaires ni apports internes.

Tous les résultats (analyses, valeurs et courbes) peuvent être imprimés, récupérés par copier coller, ou bien enregistrés pour exportation dans d'autres logiciels comme Word ou Excel.

### III.2.2. Fichier de donnée météorologique :

Pour structurer le fichier de donnée rapidement ; on utilise MéteoCalc qui est un module utilitaire permettant de traiter des fichiers de données météorologiques sur les 8760 heures annuelles.

Il comprend les fonctions suivantes : passage au format PLEIADES + COMFIE, visualisation des données en graphiques ou en tableau, vérification des données, avec contrôle de cohérence sur les valeurs ou les écarts aberrants, importation universelle à partir d'un fichier texte quelque soit son formatage initial, recopie de bloc de données

interpolation à partir de données tri horaires, calcul de l'ensoleillement diffus à partir du coefficient d'insolation ou de la nébulosité.

Enfin différents algorithmes permettent de générer des fichiers météorologiques annuels à pas horaire à partir de données mensuelles (moyenne mensuelle des températures journalière moyenne, minima et maxima et durée d'insolation), plus facilement disponibles que des fichiers horaires.

### III.2.3. Traitement de fichier de donné :

Pléiades + Comfie accepte un fichier de données météorologique de format TRY (Test Référence Years) ou SRY (Short Référence Years) avec une structure bien déterminée.

Le fichier Nom.SRY contient huit semaines, deux par saison, en total 1344 lignes, À chaque heure correspond une ligne du fichier. Par contre dans le fichier format Nom.TRY ; Les lignes sont écrites pour chaque heure selon le format spécifié ci-dessus, mais pour une période entière de l'année et non pour huit semaines. Cette période peut être plus courte que 52 semaines, mais elle doit être un nombre entier de semaines et commencer le premier janvier. La période de simulation peut ne pas correspondre à la période du fichier climatique: la première et la dernière semaine sont demandées avant la simulation. Pendant les calculs météorologiques, il est nécessaire de calculer le rayonnement sur les plans inclinés pour l'ensemble du fichier climatique. Mais si ce fichier contient moins de 52 semaines, il faut bien sûr tenir compte de cette limite lors de la simulation.

Chaque colonne du fichier de donnée possède une caractéristique météorologique, comme le montre le tableau suivant :

Position	Quantité et unité	Format	Note
1	Identificateur	a3	1
2	Température extérieure sèche (0,1°C)	i4	2
3	Rayonnement global horizontal (J/cm2)	i4	2
4	Rayonnement diffus horizontal (J/cm2.h)	i4	2
5	Rayonnement direct normal (J/cm2.h)	i4	2,3
6	Durée d'ensoleillement (minutes)	i4	2,4
7	Humidité relative (%)	i3	2
8	Vitesse du vent (0.1 m/s)	i3	2,4
9	Mois	i2	
10	Jour	i2	
11	heure (1-24)	i2	

Tableau (III.1) : Format et unités dans un fichier climatique.

a3 : signifie 3 lettres, i4 un entier de 4 chiffres, i2 de 2 chiffres...

(1) trois lettres indiquant la station, par exemple BLD pour Blida.

(2) Les valeurs sont données pour l'heure précédente : la première heure contient une valeur moyenne entre 0h et 1h.

(3) Cette valeur est utilisée dans l'option SRY mais pas dans l'option TRY. Si elle est inconnue, la remplacer par 4 blancs.

(4) Cette valeur n'est jamais utilisée dans Comfie. Si elle n'est pas connue, la remplacer par le nombre de blancs correspondant au format. [3]

#### III.2.3.1. créer le fichier avec Meteronom :

Comme nous avons décrit précédemment métronome nous permette d'accéder à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde. Premièrement il suffit de générer un fichier climatique au format Excel qui contient seulement trois grandeurs sont : la température extérieure sèche ( $^{\circ}\text{C}$ ), Rayonnement global horizontal ( $\text{w}/\text{m}^2$ ), Rayonnement diffus horizontal ( $\text{w}/\text{m}^2$ ), le fichier est générer sous Excel pour qu'il puisse être importé vers Meteocalc. (Voir annexe).

#### III.2.3.2. traiter le fichier avec Metecalc :

A l'aide du Meteocalc on affecte des traitements très rapides et on génère des fichiers météo horaires (8760 heures) ; Premièrement en indique nos trois grandeurs : la température extérieure sèche, Rayonnement global horizontal, Rayonnement diffus horizontal toute en indiquant la taille fixe ou bien variable pour chacune (elle est composé de trois chiffres au plus ?) ensuite en indique pour chaque grandeurs le facteur nécessaire qu'on doit multiplier avec pour convertir la température du ( $^{\circ}\text{C}$ ) vers ( $1/10^{\circ}\text{C}$ ) et les deux rayonnement du ( $\text{w}/\text{m}^2$ ) vers des ( $\text{j}/\text{cm}^2.\text{h}$ ), les facteurs seront par ordre 10 et 0.36.

Après tous ça on lance l'importation du le fichier Excel créée par Metronom, on aura donc sur la listes des valeurs des données bien classées a travers les 8760 lignes, il ne reste donc qu'a remplir la colonne de Identificateur par les trois lettre significatif a notre site (BLD) a l'aide d'un outils de remplissage dans le logiciel et de même pour le mois, le jour et l'heur.

En fin on effectue une analyse afin de savoir s'il n'y a pas d'erreurs comme des valeurs illogiques (très grandes, très petites), on enregistre les résultats en format TRY Donc on dit que le fichier météorologique est utilisable sous pléiades. (Voir annexe).

#### III.2.4. La saisie de bâtiment :

PLEIADES + COMFIE a été enrichi d'ALCYONE, un module de saisie graphique par niveau avec visualisation en 3D permettant d'accélérer considérablement la saisie des projets. Une palette d'outils très complète permet de tracer rapidement un projet, d'affecter des ouvertures (fenêtres, portes) sur les parois, de créer des masques proches, de recopier un niveau, de sélectionner les zones thermiques, de changer l'orientation, etc. Une image scannée peut être insérée en fond d'écran pour faciliter la saisie, même dès la première esquisse.

ALCYONE permet également de visualiser les projets en 3D avec diverses possibilités de représentation (zoom, vues par niveau, rotation, affichage des zones thermiques, etc.). Il est ainsi possible de contrôler facilement la cohérence de la saisie, mais aussi de visualiser une première esquisse.

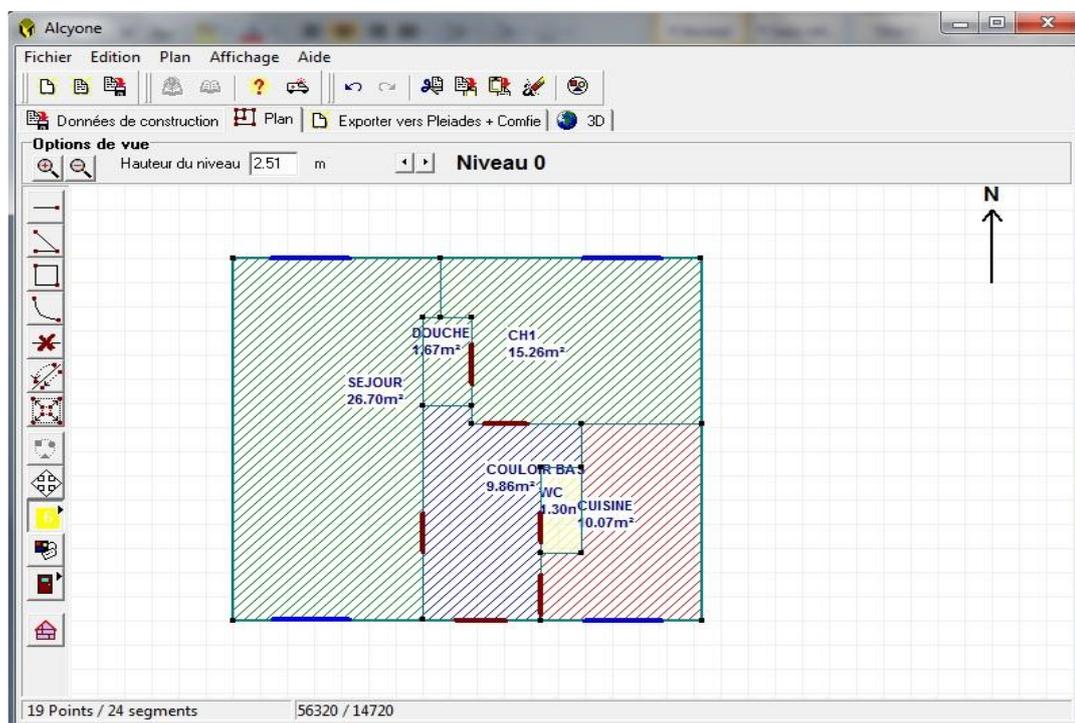


Figure (III.2) : Plan 1<sup>er</sup> ETAGE dessiné avec ALCYONE.

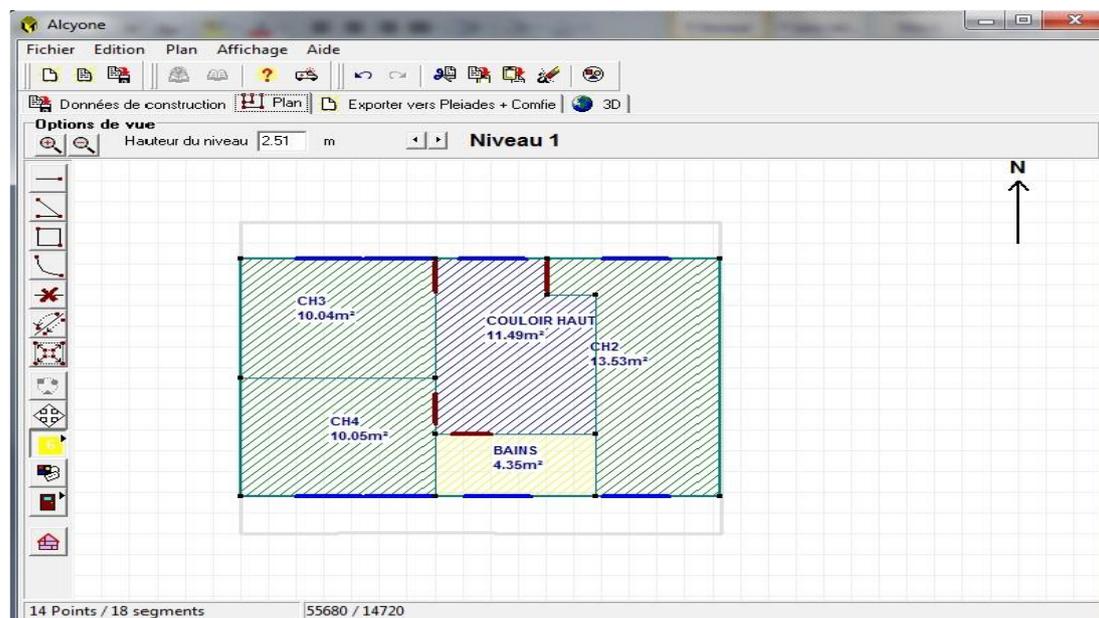


Figure (III.3) : Plan 2<sup>em</sup> ETAGE dessiné avec ALCYONE.

Les pièces de même couleur appartiennent à la même zone, c'est-à-dire que les conditions intérieures sont identiques (température, ventilation, occupation...).

L'appartement est divisé en quatre Zone :

Zone 01 (zone de confort) : Séjour (26,70 m<sup>2</sup>) + toutes les chambres + douche (50,55m<sup>2</sup>) « en vert ».

Zone 02 : Cuisine (10,07 m<sup>2</sup>) « en rouge ».

Zone 03 : Salle de bain (4,35 m<sup>2</sup>)+ WC (1,30 m<sup>2</sup>) « en jaune ».

Zone 04: Couloire bas (9,86 m<sup>2</sup>) +couloir haut (11,49 m<sup>2</sup>) « en bleu ».

### III.2.5. Description des systèmes constructifs sous Pléiades+Comfie :

#### III.2.5.1. Description des parois :

Le logiciel PLEIADE+COMFIE possède une grande base de données de matériau et même on peut faire rentrer d'autres éléments connaissant leurs masses volumiques leurs conductivités thermiques et leurs capacités thermiques.

La modélisation des surfaces de l'enveloppe thermique utilisée se fait comme suit :

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	λ	R	
Enduit extérieur	M	2.0	34	1.15	0.02	<b>Extérieur</b>  <b>Intérieur</b>
béton avec granulats ord	M	15.0	293	1.40	0.11	
Quate de cellulose	M	7.5	4	0.05	1.67	
Brique creuse de 5 cm	E	5.0	36	0.50	0.10	
Enduit INTERIEUR	M	1.5	18	0.46	0.03	
<b>Total</b>		<b>31.0</b>	<b>385</b>		<b>1.93</b>	

Tableau (III.2) : Mur extérieur rez de chaussée.

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	λ	R	
Enduit extérieur	M	2.0	34	1.15	0.02	<b>Extérieur</b>  <b>Intérieur</b>
Brique creuse de 12.5 cm	E	12.5	86	0.60	0.21	
Quate de cellulose2	M	7.5	4	0.05	1.63	
Placoplatre BA 35	E	3.5	28	0.50	0.07	
Enduit INTERIEUR	M	1.5	18	0.46	0.03	
<b>Total</b>		<b>27.0</b>	<b>170</b>		<b>1.96</b>	

Tableau (III.3) : mur extérieur étage

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	R	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	M	1.3	26	1.15	0.01	
Brique creuse de 12.5 cm	E	12.5	86	0.60	0.21	
Mortier	M	1.3	26	1.15	0.01	
Total		15.1	138		0.23	

Tableau (III.4) : Mur intérieur.

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	R	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Mortier	M	4.0	80	1.15	0.03	
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	
Total		26.0	586		0.15	

Tableau (III.5) : Planchers bas.

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	R	Extérieur ↓ Intérieur
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	
forme de ponte	M	3.0	60	0.16	0.19	
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
Béton cellulaire 400	M	4.0	16	0.16	0.25	
Hourdis de 20 en béton	E	20.0	260	1.33	0.15	
Plâtre courant	M	1.5	12	0.35	0.04	
Total		40.5	397		3.20	

Tableau (III.6) : plafond bas

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	R	Extérieur ↓ Intérieur
Terre cuite	M	1.0	19	1.15	0.01	
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16	
Laine de verre	M	20.0	2	0.04	4.88	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		23.8	31		5.09	

Tableau (III.7) : plafond haut

### III.2.5.2. Les zones thermiques et les scenarios utilisés dans le logement :

Sur Pléiades, il n'est pas possible de créer dans une même simulation, des scenarios pour l'hiver et pour l'été (par exemple, ventilation d'été et ventilation d'hiver en même temps). On a donc été obligé, de considérer soit le confort d'hiver soit le confort d'été ; certains points seront identiques durant toute l'année, comme les scenarios d'occupation et les gains de chaleur interne.

### III.2.5.3. Environnement et Fonctionnement de la maison :

Tout d'abord, pour pouvoir simuler le fonctionnement de la maison, il faut au préalable créer des zones thermiques, chaque zone ayant des caractéristiques de chauffage, de ventilation, de puissance dissipée et d'occupations différentes. Il est donc nécessaire de définir ces zones en fonction de leur utilité, en faisant par exemple une zone « chambres+ séjour », une zone « cuisine », une zone « salle de bain + toilette » une zone « hall + escaliers ».

### III.2.5.4. Scenarios d'occupation :

Les scenarios d'occupations permettent de définir le nombre de personnes résidant dans la maison et leur fréquence de présence dans cette dernière. Le but de ces scenarios étant de reproduire la chaleur émise par la présence d'une personne.

- Les apports internes des 7 personnes occupant le logement sont estimés à 80 W/personne.
- Le week-end : occupation permanente.

Pour notre modélisation, nous avons décidé de créer 2 scenarios différents :

- Scenario de 7 personnes dans la zone : chambres + séjour et la cuisine.
- Scenario d'une personne utilisé pour le reste des zones : hall + escaliers et salle de bain + WC.

a) pour la première zone : chambres + séjour (zone de confort)

- Le weekend : Occupation de 7 personnes de 23h-09h, Occupation proposé varie entre 4-5 personnes pour le reste de la journée;
- Les autres jours : Occupation de 7 personnes de 23h-07h, Occupation proposé varie entre 2-4 personnes pour le reste de la journée.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	100	100	0
9 H	0	0	0	0	100	100	0
10 H	0	0	0	0	71	71	0
11 H	29	29	29	29	57	57	29
12 H	29	29	29	29	57	57	29
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	43	43	43	43	0	0	43
15 H	43	43	43	43	57	57	43
16 H	43	43	43	43	57	57	43
17 H	43	43	43	43	57	57	43
18 H	57	57	57	57	57	57	57
19 H	57	57	57	57	57	57	57
20 H	57	57	57	57	57	57	57
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	57	57	57	57	57	57	57
23 H	57	57	57	57	57	57	57
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau (III.8) : Scenario d'occupation pour la zone 1.

b) pour la deuxième zone : la cuisine

- Le weekend : Occupation d'une personne de 07h-12h; 2 personnes entre 18h-20h ; occupation de 6 les moments des repas.
- Les autres jours : Occupation d'une personne de 08h-12h et 13h-14h, Occupation proposé varie entre 4-6 personnes pour les moments des repas.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	71	71	71	71	0	0	71
9 H	14	14	14	14	14	14	14
10 H	14	14	14	14	14	14	14
11 H	14	14	14	14	14	14	14
12 H	14	14	14	14	14	14	14
13 H	57	57	57	57	86	86	57
14 H	14	14	14	14	0	0	14
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	29	29	29	29	29	29	29
20 H	29	29	29	29	29	29	29
21 H	86	86	86	86	86	86	86
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau (III.9) : Scenario d'occupation pour la zone 2.

c) pour le reste des zones :

- Occupation d'une personne de 7h-23h ;

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	100	100	100	100	100	100	100
10 H	100	100	100	100	100	100	100
11 H	100	100	100	100	100	100	100
12 H	100	100	100	100	100	100	100
13 H	100	100	100	100	100	100	100
14 H	100	100	100	100	100	100	100
15 H	100	100	100	100	100	100	100
16 H	100	100	100	100	100	100	100
17 H	100	100	100	100	100	100	100
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau (III.10) : Scenario d'occupation utilisé pour le reste des zones.

### III.2.5.5. Scenarios de puissance dissipée :

Cette fonction permet de simuler la chaleur émise par les appareils électroménagers ou tous ce qui pourrait produire de la chaleur autre que les personnes. Pour cela nous avons généré un scenario en particulier pour chaque zone.

a) Pour la 1<sup>ère</sup> zone : chambres + séjour (zone de confort) :

- 6 lampes (33 watts pour chaque une) de 18h-00h ;
- 1 tv + 1 Démodulateur + (100+100 watts) de 13h-22h ;
- pc (100 watts) de 18h- 22h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	200	200	200	200	200	200	200
15 H	200	200	200	200	200	200	200
16 H	200	200	200	200	200	200	200
17 H	200	200	200	200	200	200	200
18 H	500	500	500	500	500	500	500
19 H	500	500	500	500	500	500	500
20 H	500	500	500	500	500	500	500
21 H	500	500	500	500	500	500	500
22 H	500	500	500	500	500	500	500
23 H	200	200	200	200	200	200	200
24 H	200	200	200	200	200	200	200

Tableau (III.11) : Scenario puissance dissipée da la 1ere zone.

b) Pour la 2<sup>eme</sup> zone : cuisine :

- 1 lampe (33 watt) de 18h- 00h; Un réfrigérateur (70 watt) tout le temps ;
- four a gaz (300 watt) de 7h-9h, 11h-13h, 18h- 20h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	70	70	70	70	70	70	70
1 H	70	70	70	70	70	70	70
2 H	70	70	70	70	70	70	70
3 H	70	70	70	70	70	70	70
4 H	70	70	70	70	70	70	70
5 H	70	70	70	70	70	70	70
6 H	70	70	70	70	70	70	70
7 H	70	70	70	70	70	70	70
8 H	370	370	370	370	370	370	370
9 H	370	370	370	370	370	370	370
10 H	70	70	70	70	70	70	70
11 H	370	370	370	370	370	370	370
12 H	370	370	370	370	370	370	370
13 H	70	70	70	70	70	70	70
14 H	70	70	70	70	70	70	70
15 H	70	70	70	70	70	70	70
16 H	70	70	70	70	70	70	70
17 H	70	70	70	70	70	70	70
18 H	403	403	403	403	403	403	403
19 H	403	403	403	403	403	403	403
20 H	403	403	403	403	403	403	403
21 H	103	103	103	103	103	103	103
22 H	103	103	103	103	103	103	103
23 H	103	103	103	103	103	103	103
24 H	103	103	103	103	103	103	103

Tableau (III.12) : Scenario puissance dissipée da la 2eme zone.

c) Pour la 3<sup>eme</sup> zone : salle de bain + WC :

- 2 lampes (33 watt pour chaque une) : on suppose qu'une seule lampe est allumée en alternance une heure allumée et une heure éteinte ; plus une machine à lavée (200 watt) : le Vendredi de 9h -12h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	33	33	33	33	33	33	33
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	33	33	33	33	33	33	33
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	33	33	33	33	33	33	33
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	33	33	33	33	33	33	33
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	33	33	33	33	33	33	33
10 H	0	0	0	0	200	200	0
11 H	33	33	33	33	200	200	33
12 H	0	0	0	0	200	200	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	33	33	33	33	33	33	33
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	33	33	33	33	33	33	33
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	33	33	33	33	33	33	33
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	33	33	33	33	33	33	33
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	33	33	33	33	33	33	33
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	33	33	33	33	33	33	33

Tableau (III.13) : Scenario puissance dissipée da la 3<sup>ème</sup> zone.

d) Pour la 4<sup>ème</sup> zone : hall + escaliers :

- 3 lampes (33 watt pour chaque une), de 18h- 00h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau (III.14) : Scenario puissance dissipée da la 4<sup>ème</sup> zone.

### III.2.5.6. Scenarios d'occultation :

Les scenarios d'occultations gèrent la fréquence de fermeture des volets de chaque fenêtre du logement. Il est donc possible de gérer chaque fenêtres du logement en choisissant à quelle heure on ouvre et on ferme le volet mais aussi de combien on ouvre le volet (entre 0 et 100%). Ces scenarios ont une importance primordiale en été pour éviter les surchauffes dues au soleil, en hiver pour profiter des gains de chaleur due aux rayons solaires durant la journée.

Dans cette étude, on distingue deux scénarios d'occultation : volet été, et volet hiver.

The screenshot shows a software window titled 'Bibliothèque thermique / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :1'. The main area displays a table with columns for days of the week (Lundi to Dimanche) and hours (0 H to 24 H). The 'Volet été' scenario is selected in the left sidebar. The table shows a value of 0 for all hours from 0 H to 17 H, and a value of 95 for all hours from 18 H to 24 H, indicating that the window is closed during the day and open at night.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	95	95	95	95	95	95	95
9 H	95	95	95	95	95	95	95
10 H	95	95	95	95	95	95	95
11 H	95	95	95	95	95	95	95
12 H	95	95	95	95	95	95	95
13 H	95	95	95	95	95	95	95
14 H	95	95	95	95	95	95	95
15 H	95	95	95	95	95	95	95
16 H	95	95	95	95	95	95	95
17 H	95	95	95	95	95	95	95
18 H	95	95	95	95	95	95	95
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	0	0	0	0	0	0	0
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau (III.15) : Scenario d'occultation (volet été).

The screenshot shows the same software window, but with the 'Volet d'hiver' scenario selected. The table shows a value of 95 for all hours from 0 H to 17 H, and a value of 0 for all hours from 18 H to 24 H, indicating that the window is closed during the day and open at night.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	95	95	95	95	95	95	95
1 H	95	95	95	95	95	95	95
2 H	95	95	95	95	95	95	95
3 H	95	95	95	95	95	95	95
4 H	95	95	95	95	95	95	95
5 H	95	95	95	95	95	95	95
6 H	95	95	95	95	95	95	95
7 H	95	95	95	95	95	95	95
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	95	95	95	95	95	95	95
19 H	95	95	95	95	95	95	95
20 H	95	95	95	95	95	95	95
21 H	95	95	95	95	95	95	95
22 H	95	95	95	95	95	95	95
23 H	95	95	95	95	95	95	95
24 H	95	95	95	95	95	95	95

Tableau (III.16) : Scenario d'occultation (volet hiver).

### III.2.5.7. Scenarios de ventilation :

La ventilation est certainement, après l'enveloppe thermique, le point le plus important de la simulation. En effet, en effectuant une gestion efficace des flux de chaleur, il est possible de limiter de manière très significative les pertes.

Avant ça, on va faire un rappel sur l'aération et la ventilation et par la suite calculer les débits nécessaires a notre zone de confort pour les deux saisons : l'hiver et l'été.

a) Confort lié a la qualité de l'air :

Un air de bonne qualité ne contient pas d'impuretés en quantités gênantes ou dangereuses pour les occupants.

En général, l'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur. Le rôle de l'aération est précisément de remplacer l'air intérieur pollué par de l'air extérieur, en principe plus propre.

Donc on peut dire que le but de l'aération est d'assurer un environnement intérieur confortable, maintenant les occupants en bonne santé. De plus, ce but doit être atteint avec une consommation d'énergie minimale.

En l'absence d'aération, l'oxygène est la dernière chose qui manque. Les occupants seront incommodés en premier lieu par une concentration trop élevée en contaminants divers, dont notamment la vapeur d'eau et la chaleur.

En général, l'aération apporte à l'intérieur de l'air extérieur, afin de diluer les sources de nuisances localisées dans les bâtiments. Ces nuisances sont essentiellement générées par l'activité des occupants. Elles sont notamment:

- les odeurs, auxquelles les personnes entrant dans les locaux sont très sensibles,
- le gaz carbonique, qui, en trop grande concentration, rend les occupants léthargiques,
- les poussières, aérosols et gaz toxiques provenant des activités et du bâtiment lui-même. En principe, le bâtiment (les matériaux de construction) ne devrait pas être sources de nuisances. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas.
- la chaleur en excès, provenant des activités humaines, augmente la température et doit donc être évacuée,
- Et la vapeur d'eau, qui augmente l'humidité relative, donc le risque de moisissures

b) Aération et ventilation :

- Aération: terme général pour tout renouvellement de l'air intérieur d'un bâtiment (ou d'une pièce), en principe échangé contre de l'air extérieur.

Si l'aération est trop forte	Si l'aération est insuffisante
Consommation d'énergie exagérée	Mauvaise qualité d'air, odeurs
Courants d'air, mauvais confort thermique	Condensation aux endroits froids
Condensation dans les fuites	Trop haute température
	Mauvaise combustion

Tableau (III.17) : Comparaison entre aération forte et insuffisante

- Ventilation: aération volontaire (ventilation mécanique, ouverture des fenêtres, etc...)

Ventilation mécanique	Ventilation naturelle
<b>Avantages</b>	
Contrôle du débit et du climat intérieur	Bien acceptée
Utilisable en environnement pollué ou bruyant	Coût très faible
Récupération de chaleur.	Pas d'énergie pour le transport d'air
<b>Inconvénients</b>	
Mal accepté	Récupération de chaleur difficile
Coûteux	Inutilisable en environnement pollué ou bruyant
Occupe un grand volume	
Consomme de l'énergie électrique	
Parfois bruyant	

Tableau (III.18) : Comparaison entre la ventilation mécanique et naturelle

c) Impuretés dans l'air ambiant :

<b>Air extérieur</b>	
Chauffages, transports, industrie	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, hydrocarbures, poussières,
Nature	bactéries, spores, pollens
<b>Occupant</b>	Odeurs, CO <sub>2</sub> , vapeur d'eau, particules, bactéries
Tabac, feux ouverts	CO, aldéhydes, particules
Combustion de gaz	CO, CO <sub>2</sub> , vapeur d'eau, NO <sub>x</sub> , particules
Matériaux	Aldéhydes, amiante, solvants
Produits divers	
Sprays, nettoyage, papier, encre, etc.	Odeurs, solvants, composés organiques

Tableau (III.19) : sources de pollution dans l'habitation [4]

d) Quel débit d'air pour une personne?

En l'absence d'aération, l'oxygène est la dernière chose qui manque. Les occupants seront incommodés en premier lieu par une concentration trop élevée en polluants divers, dont notamment les odeurs, la vapeur d'eau et la chaleur.

La quantité d'air inspiré par personne et par heure est nettement plus faible que la quantité d'air nécessaire pour diluer, à une concentration acceptable, les polluants émis par cette même personne: gaz carbonique, vapeur d'eau, chaleur, odeurs corporelles.

Il s'ensuit que l'aération est essentiellement requise pour évacuer ces polluants.

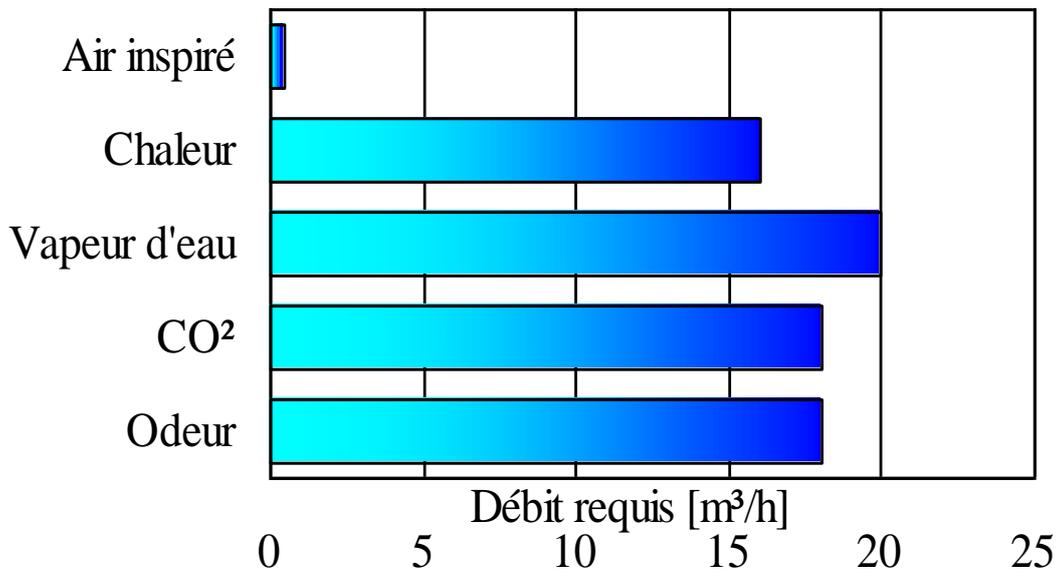


Figure (III.4) : Débit d'air requis pour évacuer les divers polluants produits par une personne assise ayant une activité de bureau [4].

Puisqu'on a plusieurs polluants, on calcule le débit nécessaire pour chaque polluant, et on adopte le plus grand (c'est-à-dire le : débit de vapeur d'eau). En effet, ce débit suffira aussi pour diluer les autres (odeurs, CO<sub>2</sub>, chaleur et l'air nécessaire pour la respiration) voir figure ci-dessus.

#### e) Conditions générales pour une bonne qualité d'air :

Les trois conditions principales à remplir pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur tout en limitant la consommation d'énergie sont:

1. Limiter l'intensité des sources de polluants.
2. Contrôler les débits d'air.
3. Réduire la perméabilité à l'air de l'enveloppe.

#### f) Contrôle des débits :

Le débit de ventilation doit être suffisant pour assurer la qualité de l'air, mais réduit au minimum pour éviter le gaspillage d'énergie. Il doit donc être contrôlé en fonction de la demande (le scénario de ventilation doit suivre celui de l'occupation).

Ce contrôle peut être manuel, par l'ouverture des fenêtres et des grilles de ventilation, ou par l'enclenchement d'un ventilateur (hotte de cuisine par exemple).

Il peut être piloté par une horloge, dans les cas où la demande a un horaire fixe connu (par exemple dans les bureaux).

Il peut enfin être contrôlé par des capteurs de polluants, qui règlent le débit de manière à maintenir la concentration de ce polluant près d'une valeur de consigne. Dans ce cas, il est essentiel que le capteur soit sensible au polluant principal, celui qui nécessite le plus grand débit. Dans la mesure où le bâtiment est propre, les indicateurs les plus utilisés sont :

- le gaz carbonique comme indicateur de présence pour les auditoriums et les salles de conférence non fumeurs;
- la vapeur d'eau pour les logements;
- les composés organiques combustibles pour les locaux de réunion avec fumeurs.

La teneur en gaz carbonique se mesure par absorption de rayonnement infrarouge alors que l'humidité relative est aisément mesurée avec un hygromètre. Le capteur de composés combustibles (dit aussi capteur multi gaz) est un semi-conducteur chauffé, qui mesure le courant d'électrons libérés par la combustion de composés se déposant sur la surface du capteur.

La détection de monoxyde de carbone a été longtemps utilisée pour les parcs automobiles.

L'avènement des catalyseurs, supprimant ce composant dans les gaz d'échappement, a rendu ce type de détecteur caduc.

#### g) Déduction des scénarios de ventilation :

##### g).1. Calcul des débits d'air nécessaires :

Une personne typique transpire environ 72 g d'eau par heure. Les masses volumiques de l'air intérieur sont calculé à partir des volumes spécifiques de chaque cas.

Pour les pressions, on a pris une pression moyenne pour chaque saison.

##### g).2. Définir le débit Minimal de la zone de confort (Chambres + Séjour):

On se référant au Diagramme psychrométrique (utilisation du logiciel diagramme de l'air humide par Frédéric Benêt), on peut définir les humidités absolues pour calculer la gamme de débits nécessaire dans les deux périodes de l'année :

- Période hivernal : Pression atmosphérique :  $P_{moy} = 101,87 \text{ kPa}$ . [1]

##### Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : on prend la température extérieur de base pour le site de Blida :  $T_{ext} = 2 \text{ °C}$ . [2].

L'humidité relative :  $\varphi = 84 \%$ .

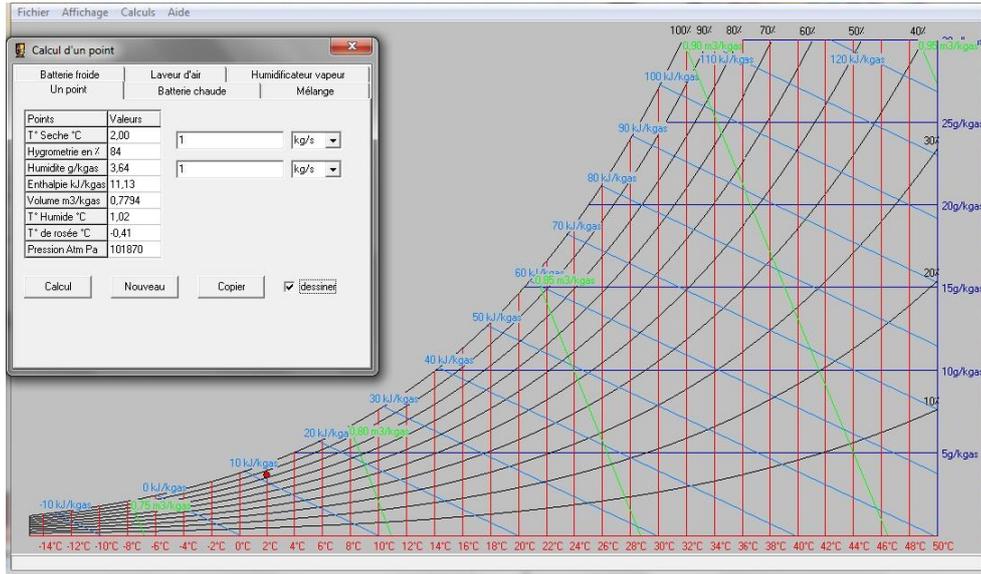


Figure (III.5) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On obtien l'humidité absolue  $r_{ext}=3,64 \text{ g/kg}$

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur  $T_{int}=20^{\circ}\text{C}$  L'humidité relative :  $\phi = 50\%$ .

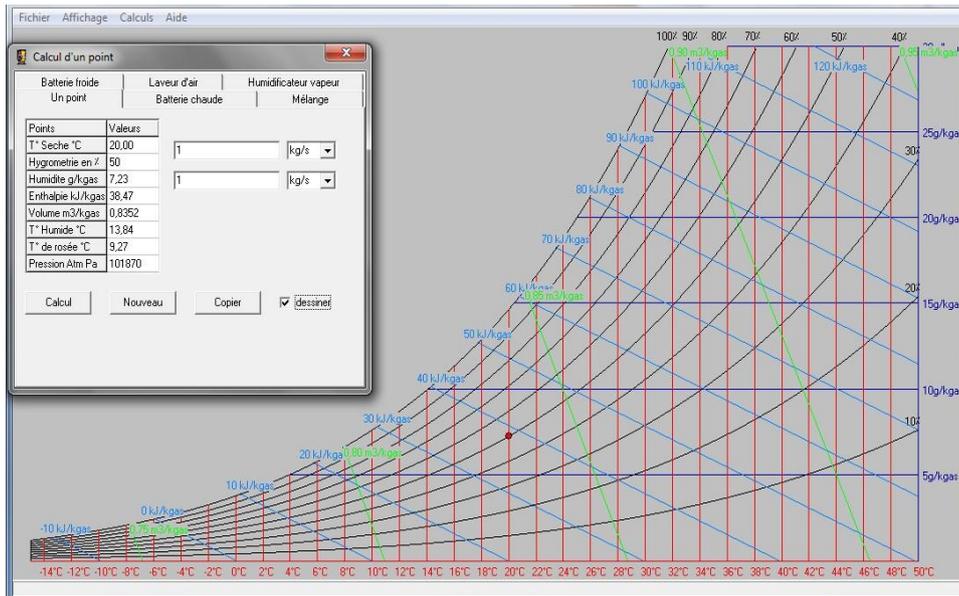


Figure (III.6) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On obtien l'humidité absolue  $r_{int}=7,23 \text{ g/kg}$

$$\text{Débit nécessaire} = \frac{72 \text{ g/h}}{(r_{int} - r_{ext}) \text{ g/kg}}$$

$$\text{Débit nécessaire en hiver} = \frac{72 \text{ g/h}}{(7,23-3.64) \text{ g/kg}}$$

$Q_m=20,05 \text{ kg /h}$  en utilisant la loi de la masse volumique  $\rho_{\text{Int}}=1/0,8414=1,19 \text{ kg/m}^3$

On trouve  $\rightarrow Q_v=16,87 \text{ m}^3 \text{ /h}$ .

On a sept personnes donc le débit total sera égale à  $118,09 \text{ m}^3 \text{ /h}$

Zone de confort est de volume  $193,87\text{m}^3$  le débit va être égal à  $0,60 \text{ vol/h}$

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	100	100	100	100	100	100	100
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	100	100	0
9 H	0	0	0	0	100	100	0
10 H	0	0	0	0	71	71	0
11 H	29	29	29	29	57	57	29
12 H	29	29	29	29	57	57	29
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	43	43	43	43	57	57	43
16 H	43	43	43	43	57	57	43
17 H	43	43	43	43	57	57	43
18 H	57	57	57	57	57	57	57
19 H	57	57	57	57	57	57	57
20 H	57	57	57	57	57	57	57
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	57	57	57	57	57	57	57
23 H	57	57	57	57	57	57	57
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau (III.20) : Scénario de ventilation hiver

➤ La période estival : Pression atmosphérique :  $P_{\text{moy}} = 101,52 \text{ kPa}$ . [1]

Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure :  $T_{\text{ext}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ .

L'humidité relative :  $\phi = 63\%$ .

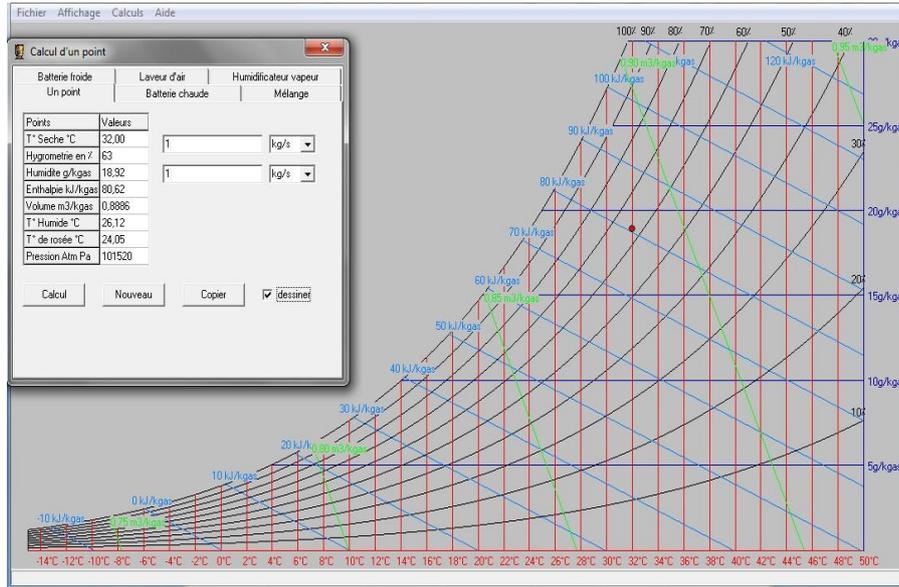


Figure (III.7) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On obtient l'humidité absolue  $r = 18,92 \text{ g/kg}$

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur  $T_{\text{int}} = 24 \text{ °C}$ .

L'humidité relative :  $\phi = 50\%$ .

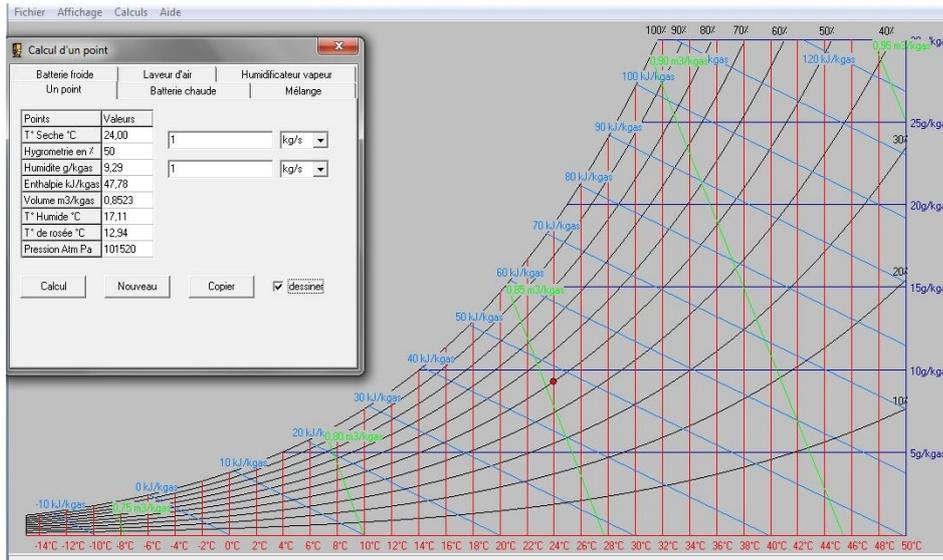


Figure (III.8) : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

Et on obtient l'humidité absolue  $r = 9,29 \text{ g/kg}$

$$\text{Débit nécessaire en été} = \frac{72 \text{ g/h}}{(18,92 - 9,29) \text{ g/kg}}$$

$Q_m = 7,47 \text{ kg/h}$  en utilisant la loi de la masse volumique  $\rho_{int} = 1/0,8561 = 1,16 \text{ kg/m}^3$

On trouve  $\rightarrow Q_v = 6,39 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

on a sept personnes donc le débit total sera égal à  $44,73 \text{ m}^3/\text{h}$ , si le volume de la zone de confort est  $193,87 \text{ m}^3$  le débit va être égal à  $0,23 \text{ vol/h}$

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	100	100	0
9 H	0	0	0	0	100	100	0
10 H	0	0	0	0	0	71	71
11 H	29	29	29	29	29	57	57
12 H	29	29	29	29	29	57	57
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	43	43	43	43	43	57	57
16 H	43	43	43	43	43	57	57
17 H	43	43	43	43	43	57	57
18 H	57	57	57	57	57	57	57
19 H	57	57	57	57	57	57	57
20 H	57	57	57	57	57	57	57
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	57	57	57	57	57	57	57
23 H	57	57	57	57	57	57	57
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau (III.21) : Scénario de ventilation été

Sans oublier que cette habitation contienne des événements pour assurer l'aération naturelle, ces événements ont une surface de  $0,04 \text{ m}^2$  séparé par une distance égale à  $2 \text{ m}$ .

On a appliqué cette aération entre le couloire et les chambres et le séjour qui constituent la zone 1.

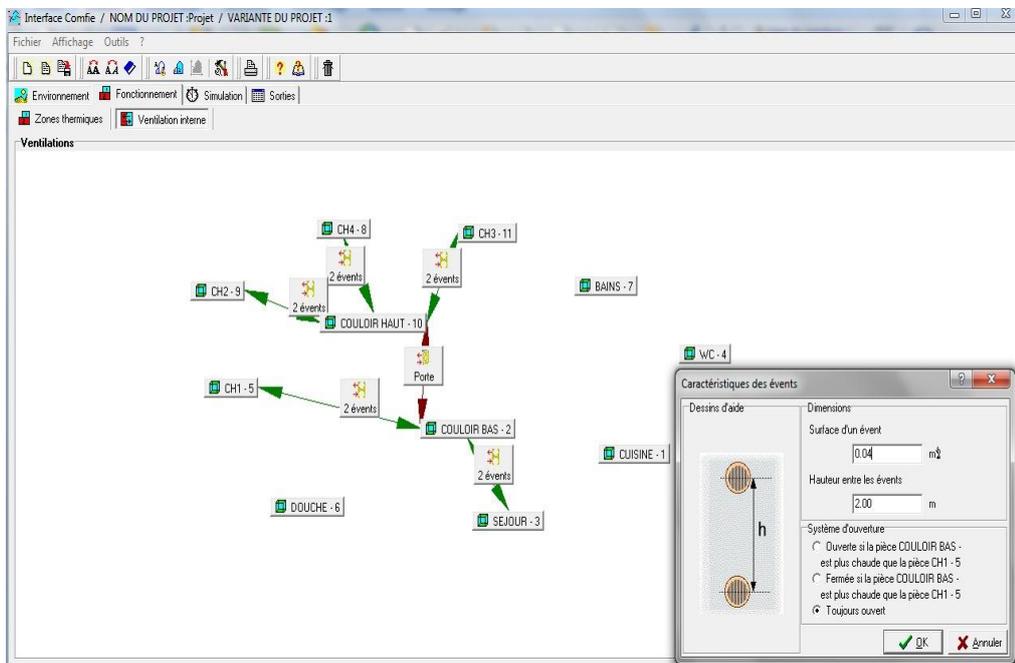


Figure (III.9) : Ventilation par événements

h) remarque importante sur les scénarios de ventilation :

Les valeurs des débits des scénarios de ventilation ne doivent pas excéder les 50 Volumes/heures sans quoi cette valeur incohérente générerait des erreurs dans la simulation ou dans les résultats obtenus.

Les débits doivent être équilibrés :

- on ne peut pas extraire plus d'air d'une zone thermique que ce qu'il y entre;
- on peut injecter plus d'air d'une zone thermique que ce qu'il en sort, le surplus sera automatiquement évacué vers l'extérieur.

L'idée sera donc d'indiquer :

- par où l'air entre (via un scénario de ventilation externe)
- par où il transite (via un/des scénarios de ventilation interne forcé)

Il est inutile d'indiquer le débit de rejet vers l'extérieur puisque le surplus sera automatiquement évacué vers l'extérieur.

➤ La ventilation mécanique contrôlée (VMC) :

- Peut être réglée à 0,60 volume/heure en hiver et à 0,5 volume/heure en été.

La ventilation naturelle :

- Se situe entre 1 vol/h (fenêtre entrebâillée) et 6 vol/h (fenêtres ouvertes)
- de 10 à 20 vol/h (courant d'air).

Pour 10 ou 20 vol/h, le local est quasiment à la température extérieure

III.2.5.8. Consigne de thermostat :

Les consignes de thermostat ont pour fonction de déclencher le chauffage si la température dans la pièce descend en dessous de la limite qu'on aura fixée au préalable. Pour nous la consigne de thermostat c'est juste pour déterminer les besoins de chauffage et de climatisation. L'intervalle de confort thermique est entre 20° et 26°.

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	20	20	20	20	20	20	20
2 H	20	20	20	20	20	20	20
3 H	20	20	20	20	20	20	20
4 H	20	20	20	20	20	20	20
5 H	20	20	20	20	20	20	20
6 H	20	20	20	20	20	20	20
7 H	20	20	20	20	20	20	20
8 H	20	20	20	20	20	20	20
9 H	20	20	20	20	20	20	20
10 H	20	20	20	20	20	20	20
11 H	20	20	20	20	20	20	20
12 H	20	20	20	20	20	20	20
13 H	20	20	20	20	20	20	20
14 H	20	20	20	20	20	20	20
15 H	20	20	20	20	20	20	20
16 H	20	20	20	20	20	20	20
17 H	20	20	20	20	20	20	20
18 H	20	20	20	20	20	20	20
19 H	20	20	20	20	20	20	20
20 H	20	20	20	20	20	20	20
21 H	20	20	20	20	20	20	20
22 H	20	20	20	20	20	20	20
23 H	20	20	20	20	20	20	20
24 H	20	20	20	20	20	20	20

Tableau (III.22) : Scenario de thermostat (chauffage).

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	26	26	26	26	26	26	26
2 H	26	26	26	26	26	26	26
3 H	26	26	26	26	26	26	26
4 H	26	26	26	26	26	26	26
5 H	26	26	26	26	26	26	26
6 H	26	26	26	26	26	26	26
7 H	26	26	26	26	26	26	26
8 H	26	26	26	26	26	26	26
9 H	26	26	26	26	26	26	26
10 H	26	26	26	26	26	26	26
11 H	26	26	26	26	26	26	26
12 H	26	26	26	26	26	26	26
13 H	26	26	26	26	26	26	26
14 H	26	26	26	26	26	26	26
15 H	26	26	26	26	26	26	26
16 H	26	26	26	26	26	26	26
17 H	26	26	26	26	26	26	26
18 H	26	26	26	26	26	26	26
19 H	26	26	26	26	26	26	26
20 H	26	26	26	26	26	26	26
21 H	26	26	26	26	26	26	26
22 H	26	26	26	26	26	26	26
23 H	26	26	26	26	26	26	26
24 H	26	26	26	26	26	26	26

Tableau (III.23) : Scenario de thermostat (climatisation).

### III.3. Conclusion :

PLEIADES + COMFIE permet aux spécialistes du domaine d'analyser un projet ou d'envisager une réhabilitation dans une démarche complète d'analyse thermique, depuis les premières esquisses jusqu'aux étapes les plus avancées du projet. Le logiciel est chaîné à EQUER, permettant d'évaluer les impacts environnementaux par analyse de cycle de vie.

Cette double approche, à la fois précise sur la maîtrise des ambiances et à large spectre sur l'environnement permet de choisir entre différentes options avec une meilleure connaissance du comportement interne d'un bâtiment et de son impact environnemental global.

## CHAPITRE VI : SIMULATION ET ANALYSE AVANT ET APRES L'AMELIORATION

### VI.1. Introduction :

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale.

L'informatique offre la possibilité d'effectuer des calculs qui seraient longs, fastidieux et répétitifs. La simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, d'explorer et de commencer à optimiser certains choix...pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre.

Ce chapitre porte les résultats obtenus après la simulation avec une discussions et des remarques.

### VI.2. Simulation de l'habitat actuel :

Cette simulation consiste a simuler le fonctionnement de cet habitat tell quel est, afin de connaitre ces besoins énergétique, avant de passer vers l'amélioration thermique de son enveloppe.

#### VI.2.1. Démarche de la simulation :

Dans ce projet en va réaliser plusieurs STD afin de valider les objectifs de faible consommation.la simulation des déroulements des scénarios durant le land de l'année dans pléiades est composée en deux parties saisonnière obligatoirement suivant le fonctionnement du pléiades, ces deux parties sont un long hiver de six mois et un long été de six mois aussi.

On a composé l'année on deux grandes saisons suivant le fonctionnement du pléiades et suivant les types des besoins qu'on a ; chauffage et climatisation, une saison froide qui nécessite et qui exige beaucoup plus de chauffage et très peut de climatisation et vice versa, cette idée de composé l'année on deux large saisons est pour but de :

- Pouvoir injecté les scénarios qui se défèrents l'une des autres et qui dépends du climat extérieur ; été ou bien hiver, a titre exemple la ventilation d'été ; elle n'est pas la même celle de l'hiver et de même pour les scénarios d'occultations.
- Eviter de faire un très grand nombre de STD pour atteindre a l'objectif désiré.

En premier lieu on va effectuer deux simulations défèrents ; sans et avec consigne de thermostat toute on compare les résultats de ces dernières.

Les résultats des simulations sont affichés généralement sous forme des tableaux ou bien des graphes ; ils consistent :

- Un tableau récapitulatif qui affiche les besoins de chauffage/climatisation
- Visualisation graphique du comportement de l'enveloppe thermique d'une période de la saison bien définie a titre d'exemple : la semaine la plus froide ou bien la semaine la plus chaude.

➤ Indices utilisés par Pléiades :

Pléiades+Comfie calcul a la fin de chaque simulation cinq indices permettant d'estimer rapidement le confort dans chaque zone du bâtiment étudié. (Voir annexe)

	l'indice ...	caractérise .la capacité du bâtiment à ....
Confort	Moyenne Surchauffe Max	à éviter des surchauffes
	Amplification de T°Ext	à amortir les écarts de température
	Taux d'Inconfort	à assurer une ambiance interne confortable
Performances énergétiques	Besoins Chauff+Froid	à minimiser les besoins en énergie
	Part de besoins nets	à récupérer les apports internes ou solaires

Tableau (VI.1) : liste d'indices utilisés par Pléiades.

VI.2.1.1. Simulation sans consigne de thermostat:

Dans cette étape de simulation, on va simuler sans chauffage en hiver, sans climatisation en été, cela veut dire qu'on ne va pas intégrer des scénarios de consigne de thermostat au niveau du fonctionnement des zones thermique sous l'interface COMFIE du notre logiciel.

Cette étape de simulation nous permet de mesuré ou bien de voir clairement les extrémums de températures a l'intérieur de notre habitat sans chauffage ni climatisation, donc connaître le taux de confort qui peut au concept de notre habitat nous assure sans aucune consommation d'énergie.

Les scénarios intégrés sont : l'occupation, la ventilation (hiver/été), l'occultation (hiver/été) et les puissances dissipées.

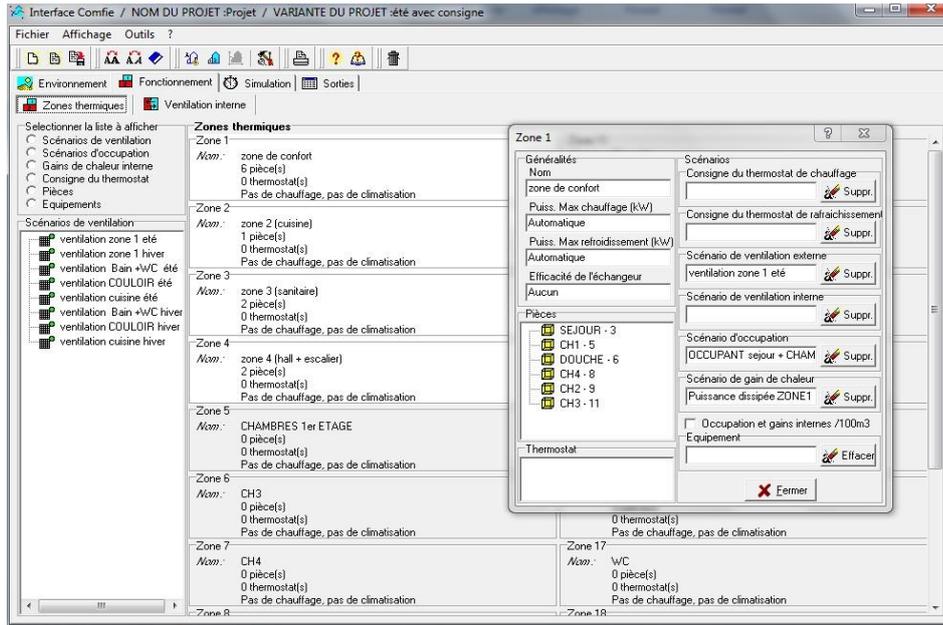


Fig. (VI.1) : fonctionnement sans consigne de thermostat

a) Résultats de simulation (hiver) :

La période hivernale d'après les besoins de chauffage est la période borné entre la 48<sup>ème</sup> et les 15<sup>ème</sup> semaines de l'année, en ajout que ce n'est pas forcément que la 1<sup>ère</sup> semaine est l'équivalente au 1<sup>er</sup> janvier par pléiades.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.56 °C	20.29 °C	28.12 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.12 °C	20.34 °C	28.28 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.64 °C	24.38 °C	36.24 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.02 °C	21.94 °C	29.84 °C
Total	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W			
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
zone de confort	0.00 kWh/m3	6.97 (1/10°C)	20.05 %	4.81 %	0.00 %		

Tableau (VI.2) : récapitulatif des besoins en hiver sans consigne.

Comme c'est indiquait au tableau les besoins de chauffage /climatisation sont nulles sans intégrer les scénarios de consigne, pour la zone de confort la température minimale durant la saison démine jusqu'à 12.56 °c et elle peut atteindre jusqu'a une température max de 28.12 °c cela justifier l'augmentation d'amplification de la température extérieure dans la zone de confort aussi la moyenne de surchauffe max, la température moyen sera donc 20.29°C, Un taux d'inconfort nr dépasse pas les 5%.

➤ Visualisation graphique :

Pour voir la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur (zone de confort), et aussi la perturbation de températures dans la différente zone.

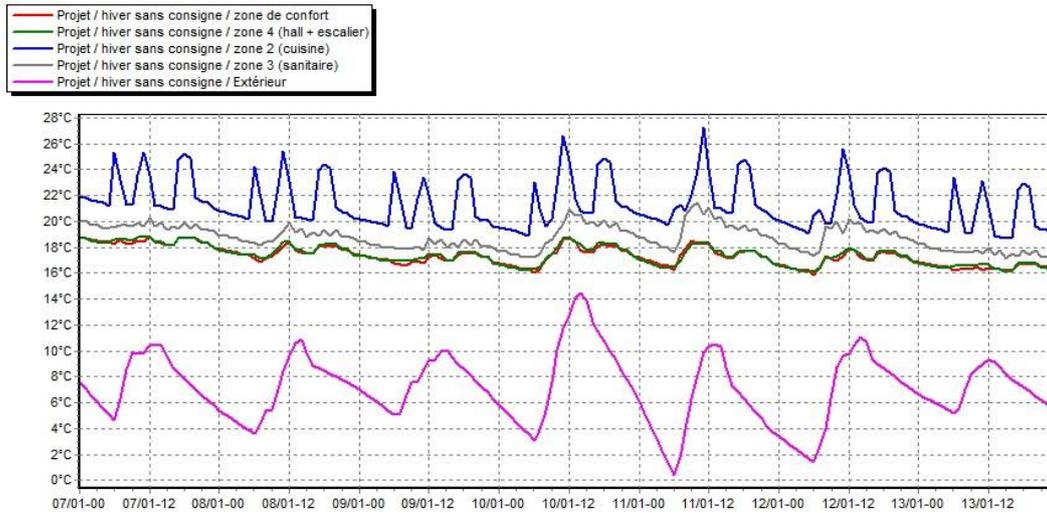


Fig. (VI.2) : évolution de température en hiver (semaine la plus froide).

La température minimale de l'extérieure atteint le 1 °c ; par contre dans les zones, la température est presque invariable sauf pour la cuisine:

- Zone de confort : 16°C -19°C ; plus proche de la température de confort considéré (20°C).
- Zone 2(cuisine) : 19°C-27°C ;
- Zone 3(sanitaire) :17°C-21°C ;
- Zone 4(hall+escalier) : 16°C -19°C ;

Donc ; sans aucune installation de chauffage, l'enveloppe extérieure du logement (matériaux de construction et l'isolation), et la ventilation naturelle peuvent garde un confort thermique accessible pour l'habitant.

b) Résultats de simulation (été) :

La période estivale d'après les besoins de climatisation est la période borné entre la 15<sup>eme</sup> et la 43<sup>eme</sup> semaine de l'année.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.13 °C	26.94 °C	35.17 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.39 °C	27.10 °C	35.35 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.94 °C	30.25 °C	41.98 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.39 °C	27.85 °C	35.96 °C
Total	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	0.00 kWh/m3	44.76 (1/10°C)	19.57 %	52.80 %	0.00 %

Tableau (VI.3) : récapitulatif des besoins en été sans consigne.

Comme c'est indiqué au tableau les besoins de chauffage /climatisation sont nulles sans intégrer les scénarios de consigne, pour la zone de confort la température minimale peut atteindre 13,13°C et elle augmente jusqu'à une température max de 35,17°C cela justifie l'augmentation d'amplification de la température extérieure dans la zone de confort surtout la moyenne de surchauffe max, la température moyenne sera donc 26.94°C, Un taux d'inconfort élevé est ressenti de 52,80%.

➤ Visualisation graphique :

Dans le graphique ci-dessous la température maximale de l'extérieur atteint le 39 °C ; dans les zones elle est assez élevée sauf pour la cuisine (un surchauffe):

- Zone de confort : 29°C -31°C ; plus élevée que la température de confort considérée (26°C).
- Zone 2(cuisine) : 27°C-41°C ;
- Zone 3(sanitaire) :31°C-36°C ;
- Zone 4(hall+escalier) : 30°C -35°C ;

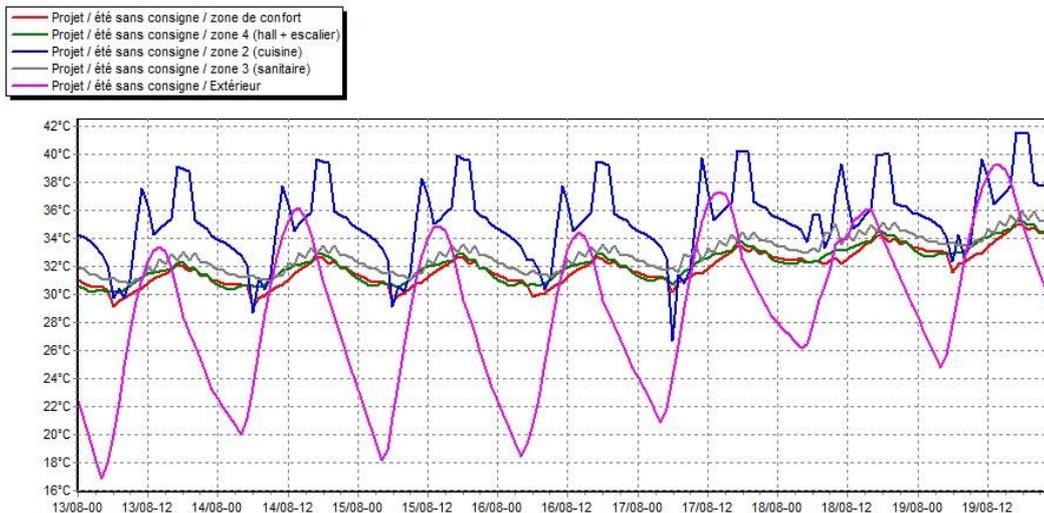


Fig. (VI.3) : évolution de température en été (semaine la plus chaude).

On constate que la température à l'intérieur des zones est trop élevée ; qui impose l'inconfort ; l'homme ne supporte pas de vivre dans ses conditions.

La ventilation naturelle et l'enveloppe du logement peuvent diminuer la température extérieure a un écart de 5°C et pas plus a cause des caractéristiques météorologique du site (climat a Blida, manque de courant air, et l'humidité relative élevé, forte insolation, et un intense rayonnement solaire direct...).

VI.2.1.2. Simulation avec consigne de thermostat:

Dans cette étape de simulation, on va simuler avec chauffage en hiver et avec climatisation en été, ce qui implique intégration des scénarios de consigne de thermostat cette étape de simulation nous permet de quantifier les besoins énergétique nécessaire pour réaliser un confort agréable à l'intérieur, qui possède des températures de confort entre 20°C-26°C.

Donc connaitre l'énergie dépensée pour rendre le taux d'inconfort égale à zéro et aussi pour diminuer le maximum la moyenne de surchauffe max et l'amplification de température extérieure.

Les scénarios intégrés sont : l'occupation, la ventilation (hiver, été), l'occultation (hiver, été) et les puissances dissipées, les consignes de thermostat

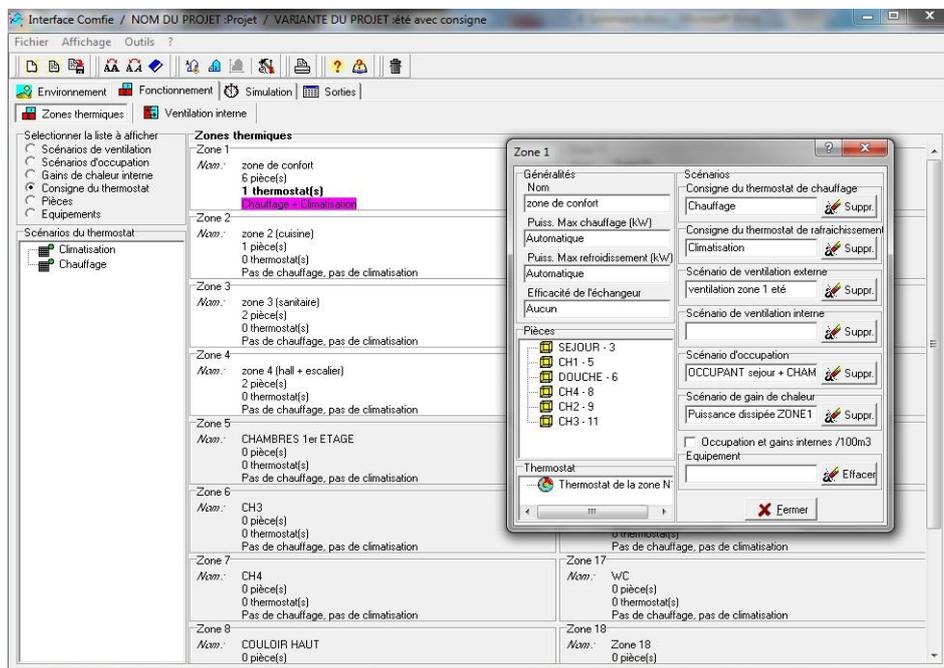


Fig. (VI.4) : fonctionnement avec consigne de thermostat

a) Résultats de simulation hiver :

En vois clairement (tableau (VI.4) ) que les besoins de chauffage sont estimer ou bien mesurer par une valeur de 576 kWh durant la saison d'hiver ou bien de 3.13kwh/m3 équivalente a 7,45 kWh/m2, pour la zone de confort la température minimale sera donc fixée durant la saison a 20°C qui est la température de consigne

qu'on a choisie, elle peut atteindre rarement jusqu'à une température max de 26.27°C cela est justifier par l'absence du surchauffe.

L'amplification de la température extérieure dans la zone de confort atteint 12.67°C est une valeur très logique a cause aux fluctuations de température durant une long saison, le taux d'inconfort indique une assurance de confort totale durant toute la saison.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	576 kWh	30 kWh	1732 W	1269 W	19.90 °C	21.53 °C	26.27 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.47 °C	21.38 °C	27.26 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.48 °C	25.17 °C	35.89 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	14.65 °C	22.86 °C	29.18 °C
Total	576 kWh	30 kWh	1732 W	1269 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	3.13 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	12.67 %	0.00 %	12.82 %

Tableau (VI.4) : récapitulatif des besoins en hiver avec consigne.

➤ Visualisation graphique :

Sachant que la température minimale de l'extérieure atteint le 1°C ; dans les zones elle assez confortable surtout pour la cuisine (un surchauffe):

- Zone de confort : fixé a 20°C
- Zone 2(cuisine) : 21°C-28°C ;
- Zone 3(sanitaire) :19°C-23°C ;
- Zone 4(hall+escalier) : 19°C -21°C ;

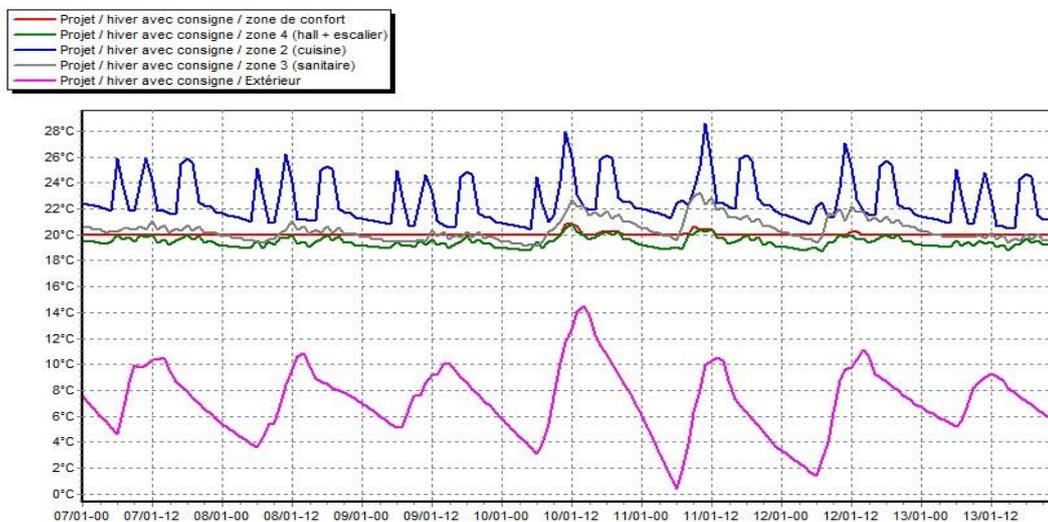


Fig. (VI.5) : évolution de température en hiver (semaine la plus froide).

Donc le confort thermique très acceptable est réalisé à l'intérieur de la maison avec seulement de 7,45 kWh/m<sup>2</sup>

**b) Résultats de simulation été :**

Les besoins de climatisation sont a 1859 kWh durant la saison estivale ou bien de 9.98 kWh/m<sup>3</sup> équivalente a 24,06 kWh/m<sup>2</sup>, pour la zone de confort la température maximale sera donc fixée durant la saison a 26°C qui est la température de consigne qu'on a choisie, durant un long été considéré elle peut diminuer inferieur a 20°C et plus précisément au extrémités de la saison ce qui implique une certains puissance de chauffage fournis.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	75 kWh	1859 kWh	1556 W	2962 W	20.00 °C	24.61 °C	26.12 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.56 °C	25.20 °C	28.69 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.28 °C	28.83 °C	37.39 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.51 °C	26.15 °C	30.61 °C
<b>Total</b>	<b>75 kWh</b>	<b>1859 kWh</b>	<b>1556 W</b>	<b>2962 W</b>			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	9.98 kWh/m <sup>3</sup>	0.00 (1/10°C)	10.92 %	0.00 %	7.69 %

Tableau (VI.5) : récapitulatif des besoins en été avec consigne.

➤ Visualisation graphique :

Sachant que la température maximale de l'extérieure atteint les 39°C ; dans les zones elle assez confortable :

- Zone de confort : fixé a 26°C
- Zone 2(cuisine) : 24°C-37°C ;
- Zone 3(sanitaire) :27°C-30°C ;
- Zone 4(hall+escalier) : 26°C -28°C ;

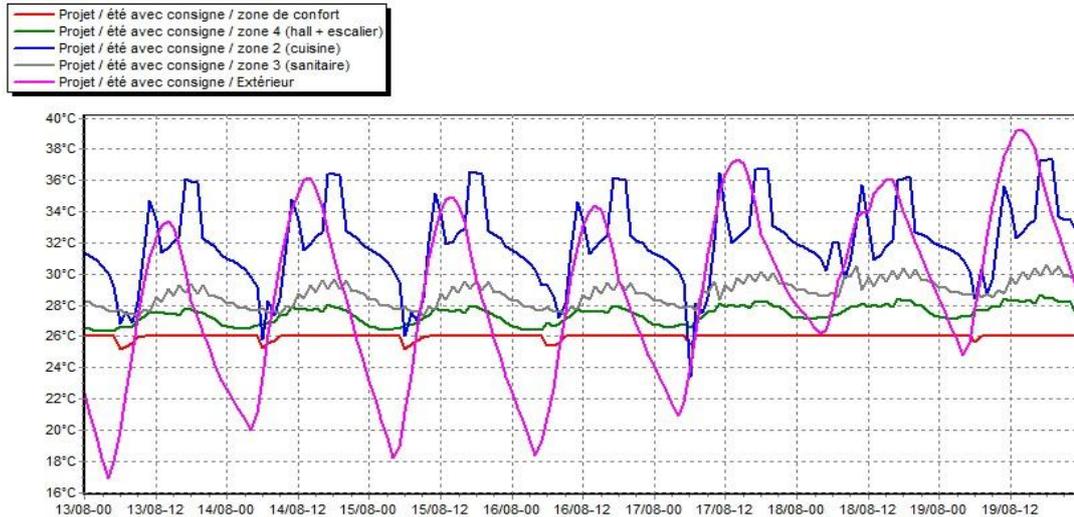


Fig. (VI.6) : évolution de température en été (semaine la plus chaude).

Donc le confort thermique très acceptable est réalisé à l'intérieur de la maison avec des dépenses généralement acceptables de 24,06 kWh/m<sup>2</sup>.

c) Les puissances chauffage/climatisation :

c).1. Pour l'hiver :

Le graphe si dessous est pour but d'indiquer la variation de puissance de chauffage et de climatisation en fonction des températures de la zone de confort, les puissances de chauffage sont comptés positivement qui peuvent atteindre les 1700 watts, les puissances de climatisation sont comptés négativement et qui peuvent diminuer jusqu'à -1200 watts.

Ces puissances sont a inversement proportionnelle avec les températures extérieurs.

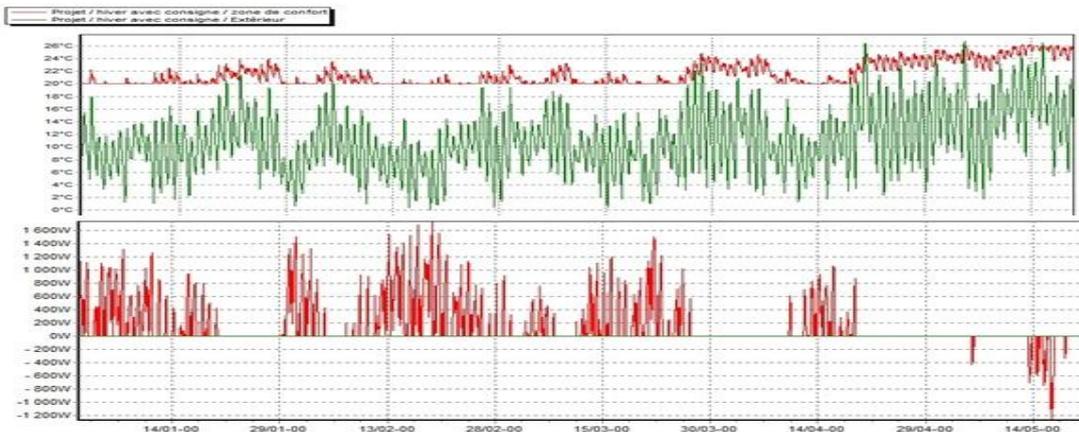


Fig. (VI.7) : déclenchement de chauffage/climatisation en fonction de la température la zone de confort pour la saison d'hiver.

c).2. Pour l'été :

Les puissances de climatisation peuvent atteindre comme valeur minimale les -3000 watts, les puissances de chauffage observé au début de saison sont comptées pour 1000 watts en maximum.

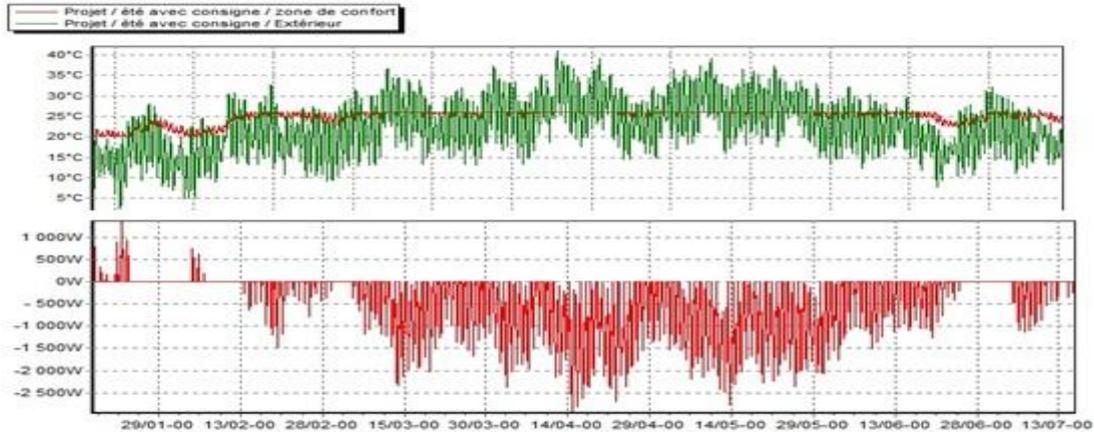


Fig. (VI.8) : déclenchement de chauffage/climatisation en fonction de la température de la zone de confort pour la saison d'été.

c).3. Analyse et interprétation annuel:

Après voir les résultats de simulation (hiver, été) y compris les besoins énergétique en été et en hiver, ainsi que les puissances chauffage/climatisation, la consommation la plus élevée et la plus préoccupante est celle de l'été, comptée par 1889 kWh/an, par contre la consommation d'hiver ne dépasse pas les 651 kWh/an.

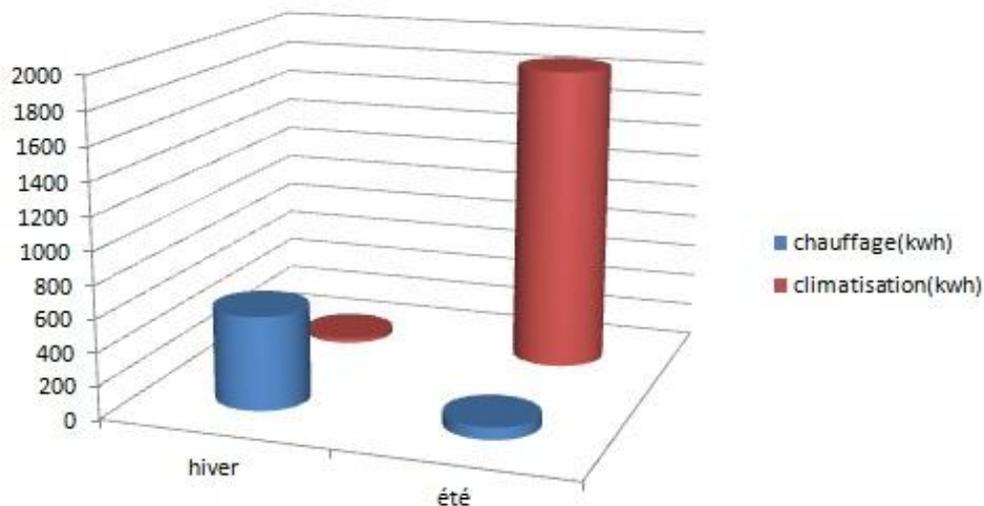


Fig. (VI.9) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver).

Donc la consommation totale (chauffage plus climatisation) est comptée par : 2540 kWh/an qui est équivalente à 32,88 kWh/m<sup>2</sup>, on peut commenter sur cette consommation comme étant une consommation très acceptable suivant les normes

mondiale et qui est classée avec les maisons nommées (maisons très basse énergie) selon la réglementation en matière de Performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments (appelée PEB), ces maisons se caractérisent par une consommation annuelle de chauffage /climatisation inférieure à 35 kWh/an.

d) Importance de l'occultation:

Suivant le fonctionnement précédant des scénarios (occupation, ventilation, puissances dissipée, consigne de thermostat et l'occultation) en veut montrer l'influence de l'occultation hiver/été sur la minimisation des besoins chauffage/climatisation, pour cela en doit effectuer une autre simulation annuelles sans occultation intégrée.

➤ Simulation sans occultation :

Pour cette simulation en doit garder le fonctionnement tel qu'il est (occupation, ventilation, puissances dissipée, consigne de thermostat) mais sans intégrer les scénarios d'occultation

d).1. Pour l'hiver :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	1160 kWh	5 kWh	2279 W	827 W	19.92 °C	21.02 °C	26.18 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.96 °C	20.75 °C	26.89 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.26 °C	24.10 °C	34.96 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	14.54 °C	21.94 °C	28.54 °C
Total	1160 kWh	5 kWh	2279 W	827 W			

Zones	Besoins Chaud+Fro	Moyenne Surchauff	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	6.01 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	12.27 %	0.00 %	21.91 %

Tableau (VI.6) : récapitulatif des besoins en hiver sans occultation.

d).2. Pour l'été :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
Année							
zone de confort	6 kWh	4371 kWh	984 W	3466 W	20.00 °C	25.48 °C	26.16 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.56 °C	26.47 °C	29.20 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.74 °C	30.99 °C	41.03 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.51 °C	28.13 °C	33.09 °C
Total	6 kWh	4371 kWh	984 W	3466 W			

Zones	Besoins Chaud+Fro	Moyenne Surchauff	Amplification de T*E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	22.58 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	5.38 %	0.00 %	0.66 %

Tableau (VI.7) : récapitulatif des besoins en été sans occultation.

d).3. Résumé annuelle :

Après abandonner d'intégrer des occultations a nos parois vitrés, on constate une augmentation des besoins de chauffage/climatisation remarquable et qui a été doublée par rapport a celle ou on a intégrer l'occultation, pour la saison d'hiver est comptée par 1506 kWh et pour la saison d'été elle atteint jusqu'à 4377 kWh.

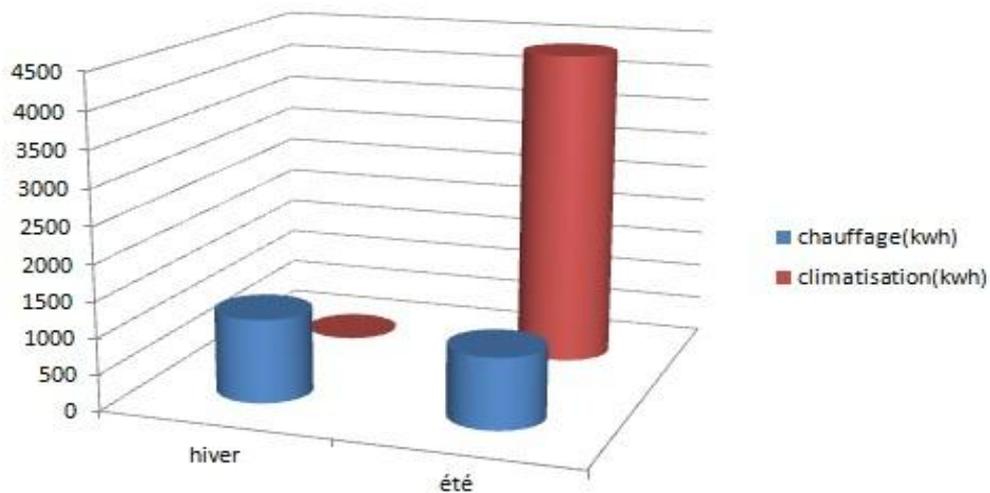


Fig. (VI.10) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) sans occultation.

On conclue donc que l'occultation a une très grande importance a ne pas négliger en matière d'économie d'énergie, donc l'utilisation des stores, persiennes, casquette est obligatoire pour une maison considérée énergétiquement performante.

### VI.3. Amélioration énergétique de notre habitat :

Le but que cette thèse a été conçue pour est de savoir tous les critères nécessaire pour construire un habitat HPE (haute performance énergétique) et le plus important de savoir les appliqués par un des logiciel de simulation et aussi pour savoir améliorer énergétiquement n'importe quel habitat n'est pas encore conçu a partir de connaître son concept architecturale et son site géographique et autres détails comme le nombre de personnes occupant cet habitat et aussi la manière d'utilisation de matériel électroménager .....etc.

Pour d'atteindre cet objectif, on doit essayer d'améliorer thermiquement cet habitat par utilisation de différentes astuces bioclimatique étudié, afin de pouvoir passer d'un habitat actuel qui est considéré comme étant une maison très basse énergie vers un model plus performant et plus économique en matière d'énergie.

#### VI.3.1. Intégration de la végétation :

L'intégration de la végétation dans l'architecture contemporaine représente une occasion de conception pour les concepteurs et les architectes. Par ailleurs, dans une perspective de végétalisation de l'espace urbain, plusieurs procédés offrent maintenant la possibilité de verdir les surfaces urbaines telles que les toitures et les parois verticales des constructions, la conception de ces dernières peut être plus intéressante et plus bénéfique, si elle est conçue et réalisée correctement. En incorporant les plantes aux bâtiments, le choix des types appropriés est très important.

Les végétaux doivent être choisis en fonction des critères d'adaptation au terrain du point de vue climatique (exposition au vent, au soleil, au gel et humidité du terrain), géologique (structure et qualité nutritive du sol) et notamment le rythme d'évolution de la plante (feuillage) en phase avec les saisons.

Cette partie de simulation vise donc l'identification des avantages possibles de la végétation et de la manière dont elle pourrait être employée dans l'environnement urbain (toits verts, murs verts, etc.) afin d'améliorer les conditions de confort.

##### VI.3.1.1. La végétation caduque et persistante:

Selon leurs typologies, les végétaux peuvent être de type caduc ou persistant. En effet, les végétaux à feuilles persistantes ou sempervirentes maintiennent leurs feuilles tout au long de l'année, ce qui permet une protection annuelle. Ce type est recommandé dans les régions chaudes et sèches.

Tandis que ceux à feuilles caduques, ils perdent leurs feuilles en automne et sont nus pendant les mois les plus froids de l'année, ce qui permet au soleil de traverser et de chauffer l'enveloppe des bâtiments à partir de novembre à mars. En été, ils retiennent largement le rayonnement, ce qui procure un ombrage saisonnier.

Donc, c'est une végétation qui pousse au printemps, protège en été et perd ses feuilles à l'automne et en hiver. [1]

VI.3.1.2. Les simulations :

Pour cette simulation on garde toutes les procédures précédentes du fonctionnement y compris tous les scénarios, on intègre cette fois ci des écrans végétaux au niveau des parois extérieurs exposé au soleil.

Pour note cas, la végétation grimpante a feuilles caduques est la solution idéal de notre problématique, on choisit la vigne vierge vraie.

La vigne vierge vraie constitue un dispositif performant d'ombrage saisonnier et de rafraîchissement en période estivale comparée aux autres plantes grimpantes. Plus le feuillage est dense, plus grande est sa performance thermique sur l'ambiance intérieure.

Le tableau (VI.8) exprime le ratio de sinistralité des feuilles pour chaque saison pour la vigne vierge vraie d'après la bibliothèque végétale de Pléiades.

Janvier	0.98	Juillet	0.05
Février	0.98	Août	0.05
Mars	0.90	Septembre	0.10
Avril	0.60	Octobre	0.30
Mai	0.30	Novembre	0.70
Juin	0.05	Décembre	0.98

Tableau (VI.8) : le ratio de sinistralité des feuilles pour chaque saison pour la vigne vierge vraie.

a) Pour l'hiver :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	606 kWh	1 kWh	1741 W	417 W	19.89 °C	21.28 °C	26.13 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.47 °C	21.12 °C	26.44 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.48 °C	24.82 °C	35.03 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	14.65 °C	22.52 °C	28.07 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
zone de confort	3.13 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	12.08 %	0.00 %	13.48 %		

Tableau (VI.9) : récapitulatif des besoins en hiver après intégrer la végétation.

b) Pour l'été :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	85 kWh	1699 kWh	1581 W	2927 W	20.00 °C	24.54 °C	26.06 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.56 °C	25.12 °C	28.51 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.26 °C	28.66 °C	37.26 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.51 °C	26.00 °C	30.48 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
zone de confort	9.20 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	11.75 %	0.00 %	8.70 %		

Tableau (VI.10) : récapitulatif des besoins en été après intégrer la végétation.

c) Résumé annuelle :

Après intégrés des écrans végétaux à nos façades extérieures ensoleillées, on constate évidemment leur effets de minimiser les besoins de climatisation/chauffage en été de 1934 kWh jusqu'à 1784 kWh (voir fig. (VI.10)), en hiver y a presque plus d'influence (voir fig. (VI.9)), les même besoins de chauffage car la végétation est beaucoup plus pour but d'ombrer l'habitat du soleil très persistant durant la saison chaude.

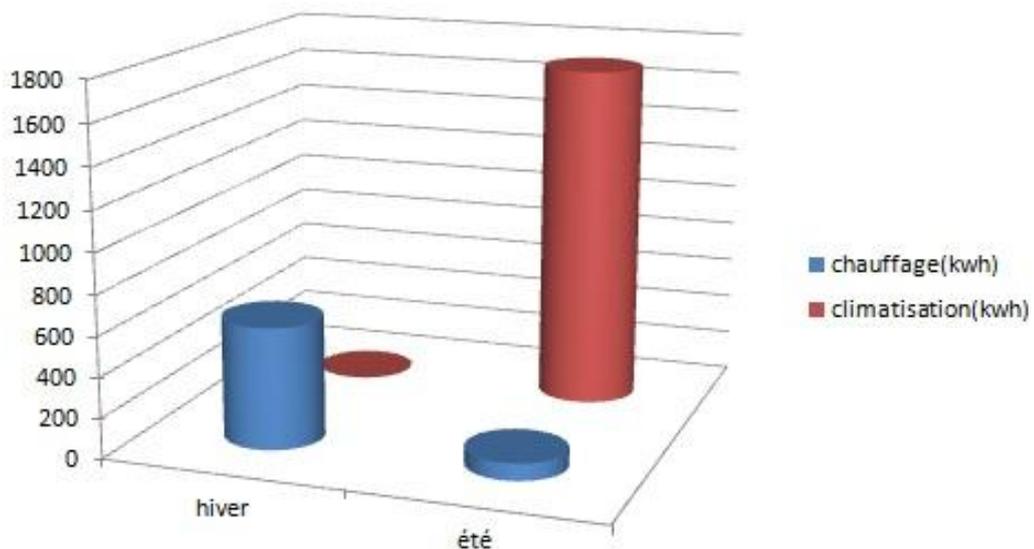


Fig. (VI.11) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après intégrer la végétation.

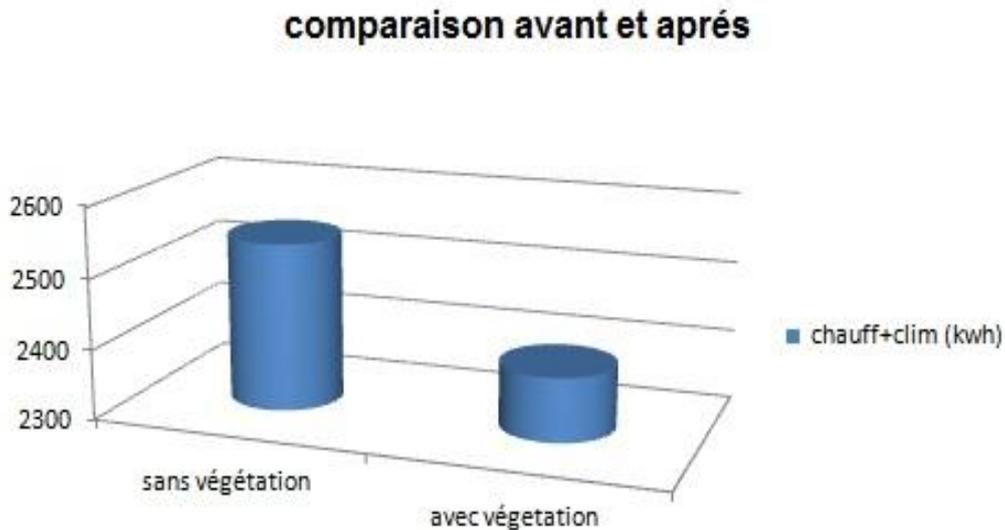


Fig. (VI.12) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après intégrer la végétation.

### VI.3.2. renforcement de l'isolation :

Pour atteindre une certaine gamme d'inertie thermique que nous assurer des déperditions plus minimiser que celle du premier concept Le choix des matériaux de construction, joue un rôle important pour faire augmenter cette inertie.

Les matériaux idéaux sont ceux qui offrent une grande capacité calorifique favorisant ainsi une absorption du rayonnement solaire le jour et assurant une restitution de la chaleur la nuit

Les matériaux isolants ont une haute valeur de résistivité thermique, ce qui signifie qu'un composant du bâtiment avec une couche d'isolation a une faible conductance Thermique. Les tissus d'ameublement peuvent se comporter aussi comme un isolant.

Il devrait être noté que, quant en considérant la masse structurelle disponible pour le stockage thermique, les éléments constructifs qui sont isolés de l'air intérieur par exemple (sols couverts par les moquettes, etc...), ne devraient pas être prises en considération pour les besoins de stockage.

Une matière isolante produira une montée dans la température sur la surface exposée à l'onde de chaleur, mais transférera une très faible quantité vers la couche intérieure, alors qu'une matière dense très conductrice conservera beaucoup plus de chaleur avec une petite augmentation dans sa température.

Les faibles valeurs de K (conductivité thermique) signifient que le composant a un haut total de résistance thermique (R), cette caractéristique peut représenter le degré d'isolation dans un tel composant de bâtiment.

Donc théoriquement pour réduire les déperditions thermiques de l'enveloppe en renforçant l'isolation des parois opaques et vitrées, aussi l'isolation des toitures permet à elle seule de réduire de 30 % les pertes de chauffage, sans oublier de ne pas laisser des

ruptures entre l'ambiance intérieur et le climat extérieur a travers les ponts thermique due au mal conception.

VI.3.2. 1. Nature et épaisseur de l'isolation :

Comme nous avons décrit précédemment que le choix de l'isolation de notre logement est un paramètre indispensable pour réduire les déperditions de chaleur. Conformément au label BBC (bâtiment de basse consommation), le choix d'isolant s'effectue à base de plusieurs conditions :

- choisir un isolant de conductivité la plus basse possible.
- choisir un isolant pour atteindre une certain résistance sans dépasser une certaine épaisseur.
- il est préférable que l'isolant doit être ni polluant ni toxique, (généralement il va être loin d'être contacter)
- choisir l'isolant le plus économique et le plus disponible au marché.

Pour cette simulation on va remplacer la laine de chanvre (isolant plus performant) par les deux anciens isolants (Ouate de cellulose) pour les murs extérieur réez de chaussé et étage, (la laine de verre) pour le plafond (toiture).

Les caractéristiques de chaque un sont présentées dans les tables qui suivent :

Caractéristiques du matériau		
	Classe	Isolants et plastiques
Nom	Ouate de cellulose	
Complément	Chaleur spécifique estimée	
Origine	Doc "HOMATHERM"	
Conductivité	0.046	W/(m.K)
Masse volumique	55	kg/m3
Chaleur spécifique	1400	J/(kg.K)
	0.390	Wh/(kg.K)

Tableau (VI.11) : caractéristique thermique de l'isolant ouate de cellulose.

Caractéristiques du matériau		
	Classe	Isolants et plastiques
Nom	Laine de verre	
Complément	Fibres minérales	
Origine	Ouvrage "Conception thermique de l'habitat"	
Conductivité	0.041	W/(m.K)
Masse volumique	12	kg/m <sup>3</sup>
Chaleur spécifique	840	J/(kg.K)
	0.233	Wh/(kg.K)

Tableau (VI.12) : caractéristique thermique de l'isolant laine de verre.

Caractéristiques du matériau		
	Classe	Isolants et plastiques
Nom	Laine de chanvre	
Complément	Chanvrilaine en rouleaux - Chaleur spécifique estimée	
Origine	LCDA matériaux	
Conductivité	0.039	W/(m.K)
Masse volumique	25	kg/m <sup>3</sup>
Chaleur spécifique	1400	J/(kg.K)
	0.390	Wh/(kg.K)

Tableau (VI.13) : caractéristique thermique de l'isolant laine de chanvre

### VI.3.2. 2. Elimination des ponts thermiques :

#### ➤ *Comment éviter les ponts thermiques?*

Certains ponts thermiques, tels que les cadres de portes et fenêtres, les supports de balcons, les raccords entre éléments d'enveloppe sont inévitables.

Il convient dès lors de les concevoir de manière à réduire leurs effets pour que ceux-ci soient acceptables. Voici quelques principes généraux qui peuvent être appliqués ensemble ou séparément.

En premier lieu, une conception prévoyant de poser *l'isolation à l'extérieur* de la structure porteuse permet très souvent d'éviter la plupart des ponts thermiques.

Par isolation extérieure, on entend tout système dans lequel la couche d'isolant est posée à l'extérieur de la structure porteuse du bâtiment. Il s'agit aussi bien du double mur (le mur intérieur étant porteur) que de l'isolation extérieure crépie ou bardée.

Les bâtiments à parois homogènes en matériaux légers (bois massif, béton cellulaire autoclave ou briques porosités) peuvent aussi être considérés comme tels si les dalles sont faites en matériaux semblables ou, si elles sont plus conductrice (béton) elles ne traversent pas entièrement les murs, mais s'arrêtent au milieu.

La figure (V.13) montre le principe d'élimination des ponts thermiques a travers une isolation par l'extérieur, a gauche, isolation intérieure: de nombreux ponts thermiques sont inévitables à chaque étage, a droite, isolation extérieure, entourant complètement la structure.

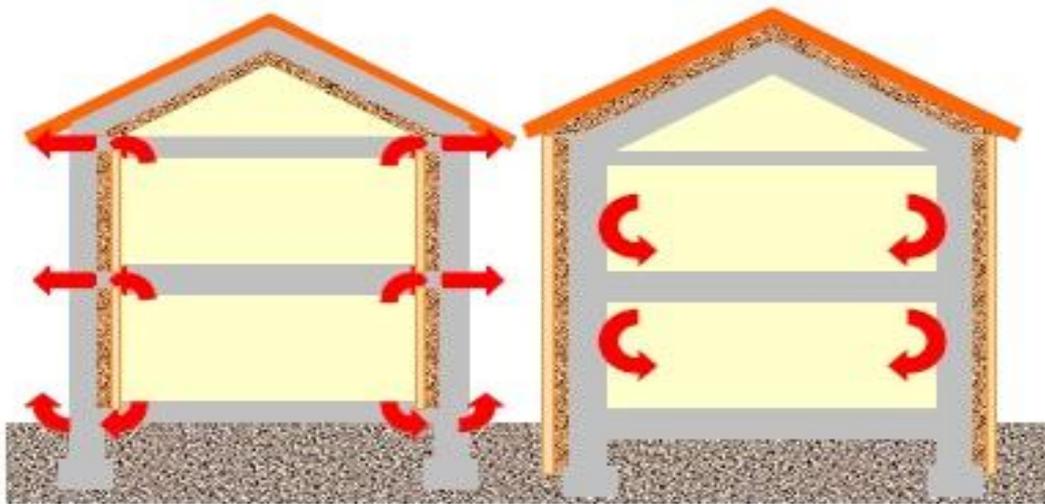


Fig. (VI.13) : principe d'élimination des ponts thermiques par isolation extérieurs.

L'isolation extérieure présente de nombreux autres avantages:

- Augmentation de l'inertie thermique intérieure, donc amélioration du confort d'été et meilleure utilisation de gains solaires passifs en hiver.
- Stabilisation de la température de la structure, donc vieillissement plus lent de celle ci.
- Diminution, et dans la plupart des cas élimination totale des risques de condensation dans les éléments de construction.

Donc pour effectuer une isolation par l'extérieur on a tous simplement réordonné les éléments constructifs des parois extérieurs (mur extérieur réez de chaussée, mur extérieur étage, plafond haut (toiture)) au niveau de la liste des compositions sur Pléiades, la figure (V.14) exprime le changement effectuer exemple du mur extérieur réez de chaussée.

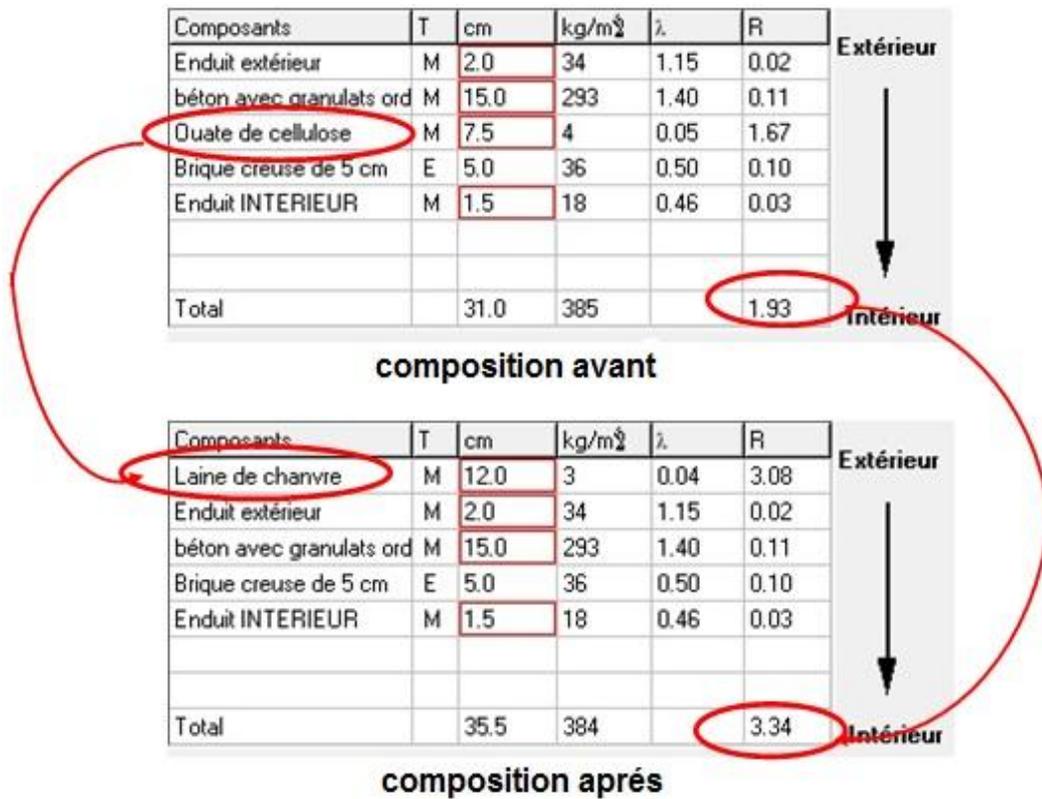


Fig. (VI.14) : murs extérieur avant et après réordonner le classement d'isolation.

VI.3.2. 3. Les simulations :

Pour cette simulation, on va garder toute les paramètres précédents, y a compris la végétation, l'occultation et les scénarios habituels.

a) Pour l'hiver :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	160 kWh	3 kWh	1222 W	621 W	19.86 °C	21.83 °C	26.06 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.47 °C	21.70 °C	26.73 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.19 °C	25.73 °C	34.25 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.43 °C	23.21 °C	30.40 °C
Total	160 kWh	3 kWh	1222 W	621 W			
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
zone de confort	0.84 kWh/m <sup>3</sup>	0.00 (1/10°C)	12.61 %	0.00 %	4.22 %		

Tableau (V.14) : récapitulatif des besoins en hiver après isolation renforcé.

**b) Pour l'été :**

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	14 kWh	1558 kWh	659 W	2150 W	20.00 °C	24.79 °C	26.07 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.56 °C	25.33 °C	28.17 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.93 °C	28.89 °C	35.67 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.98 °C	26.22 °C	30.80 °C
Total	14 kWh	1558 kWh	659 W	2150 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe M	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	8.11 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	4.45 %	0.00 %	1.76 %

Tableau (V.15) : récapitulatif des besoins en été après isolation renforcé.

**c) Résumé annuel :**

Après intégrer une isolation performante renforcé au niveau des parois extérieur afin d'isoler beaucoup plus l'ambiance intérieur et aussi après l'élimination des ponts thermiques, ces deux actions ont permettes d'optimiser beaucoup plus l'inertie thermique de ces parois, cela apparait évidemment par la minimisation des besoins chauffage/climatisation.

En été on constate une réduction de 212 kWh en matière d'énergie chauffage/climatisation, l'optimisation la plus impressionnante est celle de l'hiver avec 444 kWh de chauffage/climatisation. (Voir les tableaux (VI.15) (V.14))

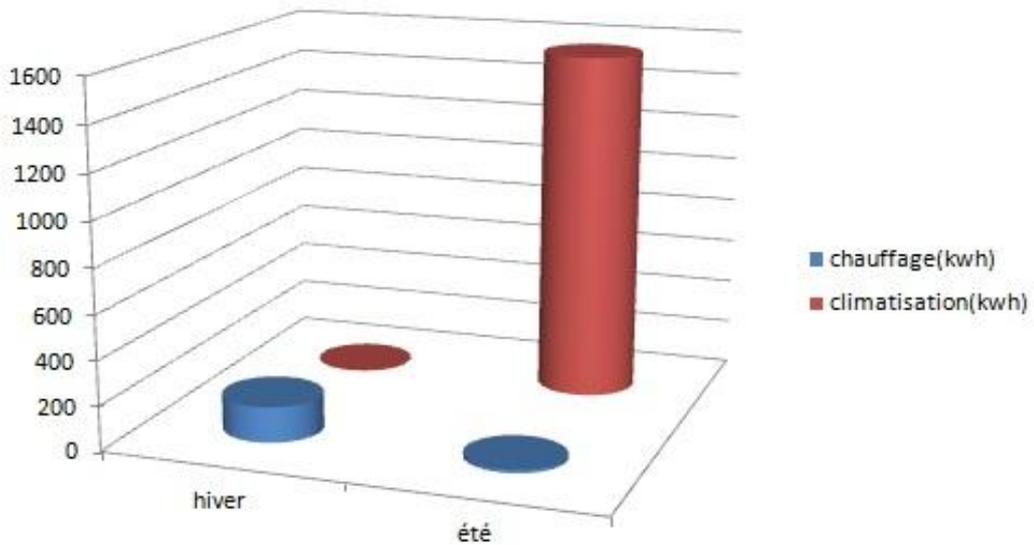


Fig. (VI.15) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après le renforcement d'isolation.

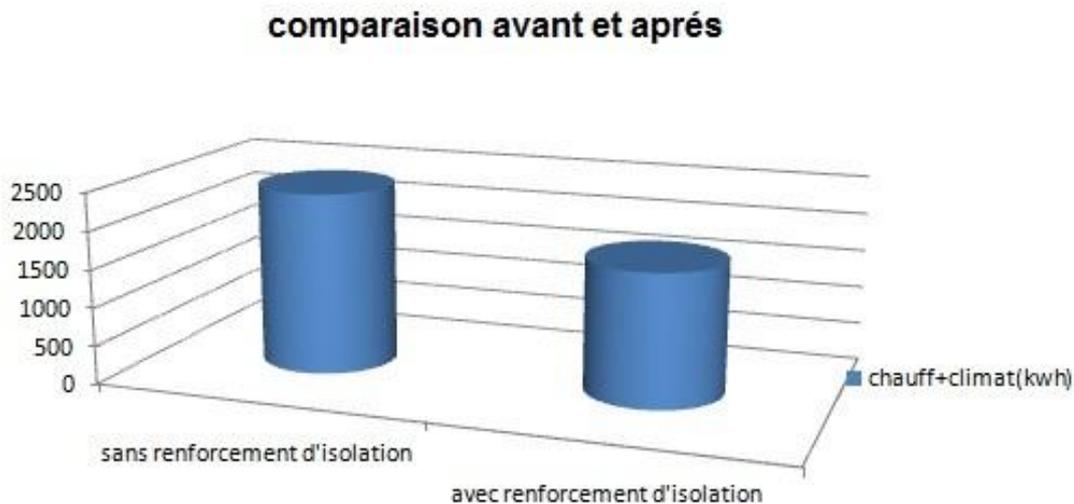


Fig. (VI.16) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après renforcement de l'isolation.

### VI.3.3. Ajustement de l'orientation :

L'importance du facteur d'orientation de la maison n'est plus à être négligeable qui dépend lui aussi par plusieurs d'autres facteurs, parmi les plus importants : les vents dominants et l'ensoleillement.

En hiver, la façade la plus ensoleillée est celle du sud-est le matin, plein sud en milieu de journée et sud-ouest le soir. La façade sud de notre maison sera donc plus chaude que la façade nord, toujours à l'ombre. Les pièces situées au sud de notre maison seront donc plus facile à chauffer naturellement que la pièce du nord. Cette, et on été ça va être exactement l'inverse, la façade sud est plus menacé par le surchauffe et la façade nord par la fraîcheur, si pour ça on a intégré précédemment la végétation de type caducs, constatation doit nous guider dans l'implantation de notre orientation suivant les besoins.

Mais on ne doit pas se baser juste sur ces connaissances théorique, la simulation est exiger pour bien traiter la situation et savoir donc orienter le bâtiment correctement.

#### VI.3.3.1. le traitement sur pléiades :

L'orientation d'un tell habitat est déterminée suivant l'orientation de la façade qui possède des grandes surfaces vitrées, et comme nous avons présenté précédemment le plan de notre habitat possède deux façades vitrées exactement de la même façon (Voir II.4.1.), autrement dit notre habitat possède deux façades qui peut déterminer son orientation, mais on considère que la façade qui consiste la porte d'entrée principale est la façade principale qui détermine notre orientation, et suivant cette façade, la maison est orienté sud actuellement.

Sur pléiades, effectuer une orientation est suffit juste de cliquer sur l'icône nommé : (rotation du bâtiment), puis entré une valeur d'angle voulue qui se calcule a partir un axe de référence (voir fig. (VI.17)).

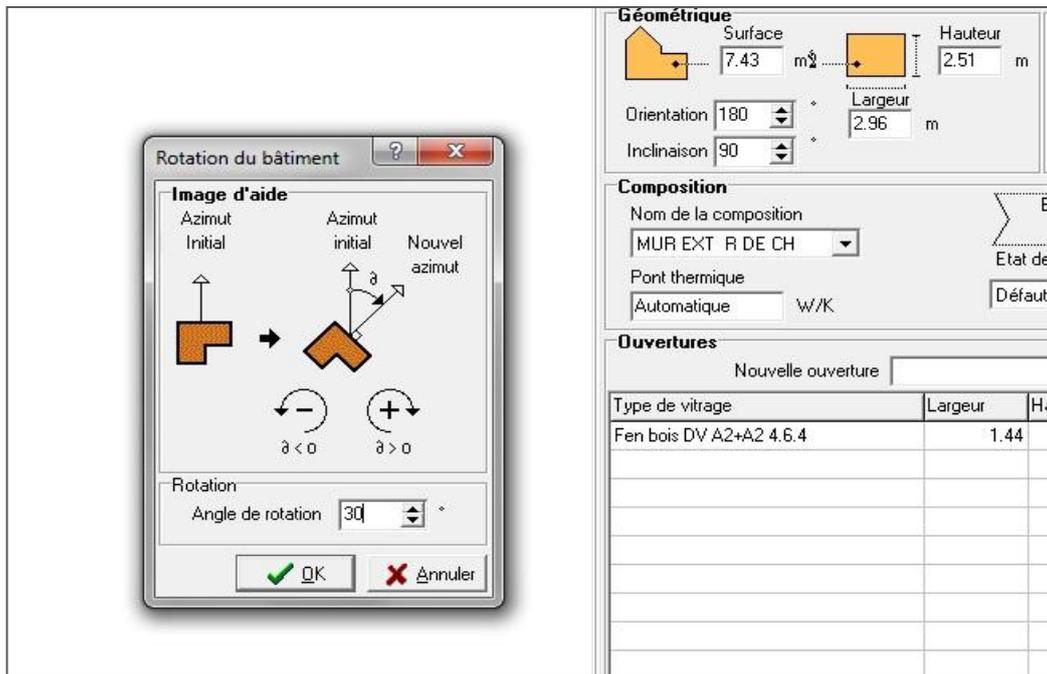


Fig. (VI.17) : l'outil de rotation pour faire orienter le bâtiment sur pléiades.

Pour savoir quel est la meilleur orientation qui nous aides à minimiser plus en plus les besoins chauffage/climatisation, on a effectué plusieurs simulation avec déferents orientations (est, sud est, ouest.....etc.) afin d'arriver a une orientation qui nous a permette de minimisé encore les besoins, est celle du nord, mais avec très peut de déférence.

VI.3.3.2. Les simulations :

a) Pour l'hiver :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	138 kWh	4 kWh	1234 W	740 W	20.00 °C	22.00 °C	26.08 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.47 °C	21.78 °C	26.75 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.19 °C	24.34 °C	32.17 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.43 °C	22.36 °C	28.35 °C
Total	138 kWh	4 kWh	1234 W	740 W			
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe M	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
zone de confort	0.73 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	14.65 %	0.00 %	3.65 %		

Tableau (VI.16) : récapitulatif des besoins en hiver après fixé l'orientation.

b) Pour l'été :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
zone de confort	13 kWh	1573 kWh	660 W	2158 W	20.00 °C	24.80 °C	26.08 °C
zone 4 (hall + escalier)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.56 °C	25.30 °C	28.14 °C
zone 2 (cuisine)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.93 °C	28.65 °C	35.37 °C
zone 3 (sanitaire)	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.98 °C	26.13 °C	30.77 °C
Total	13 kWh	1573 kWh	660 W	2158 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe M	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
zone de confort	8.18 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	4.47 %	0.00 %	1.65 %

Tableau (VI.17) : récapitulatif des besoins en été après fixé l'orientation.

c) Résumé annuel :

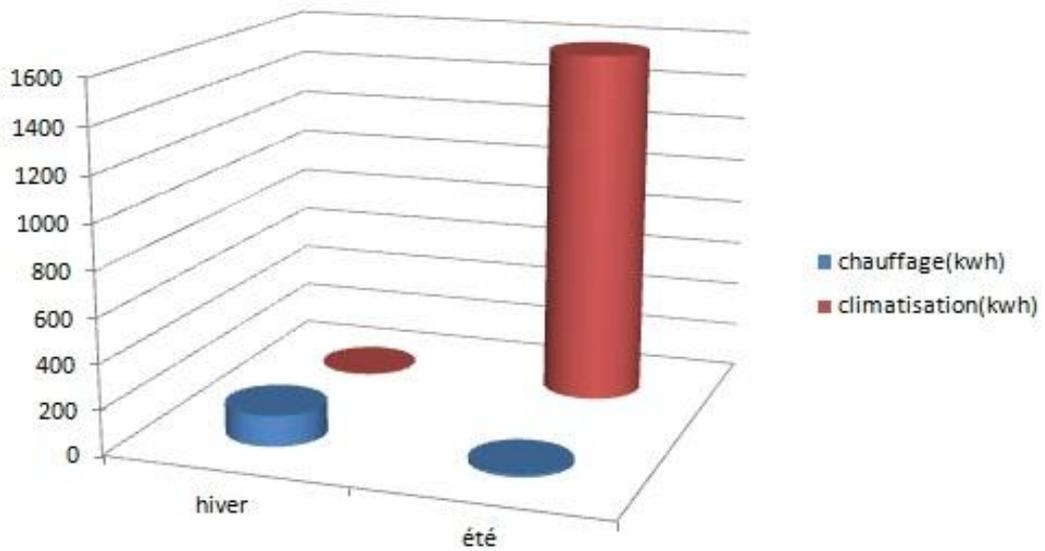


Fig. (VI.18) : histogramme de la consommation annuel (été/hiver) après déterminé l'orientation final.

On constate d'après ces résultats, une augmentation très légère des besoins pendant la saison d'été qui est estimé par 14 kWh, mais cette valeur est compensée autrement par une diminution en hiver estimé par 21 kWh, donc l'orientation nord doit être appliqué pour minimisé ces 7 kWh de déférences.

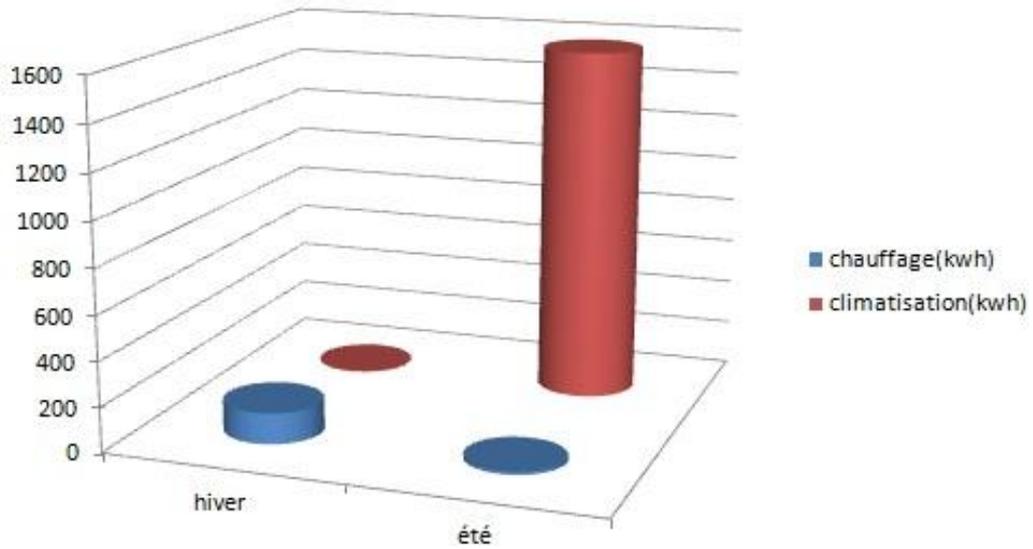


Fig. (VI.19) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après déterminé l'orientation final.

#### VI.3.4. Résultats final :

Pour pouvoir exprimer les résultats finals, on propose l'histogramme ci-dessous qui consiste une comparaison entre les besoins avant commencer la partie d'amélioration est les besoins jusqu'à maintenant, autrement dit, après intégré les paramètres suivantes :

- La végétation.
- Le renforcement d'isolation.
- L'orientation.

#### L'EFFET DE L'AMELIORATION

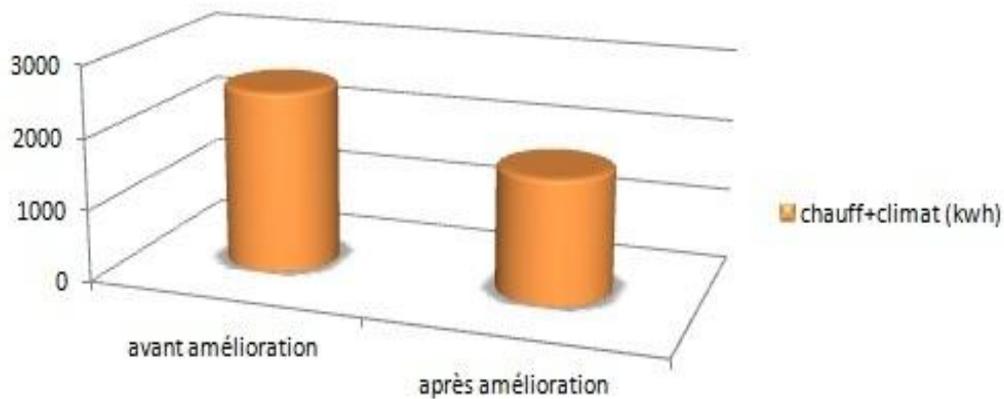


Fig. (VI.20) : histogramme de comparaison entre les besoins avant et après.

Donc d'après les résultats en a passé d'une maison qui est classé parmi des maisons nommées (maison très basse énergie) selon la réglementation en matière de Performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments (appelée PEB) et qui est besoins de 2540 kWh/an ou bien 32,88 kWh/m<sup>2</sup>.an comme énergie de chauffage/climatisation pour assuré son confort thermique et hygrométrique vers une maison plus économique en matière d'énergie qui ne consomme plus que 22,36 kWh/m<sup>2</sup>.an.

#### VI.3.5. Energie photovoltaïque :

Comme nous l'avons montré précédemment, notre habitat se trouve dans une région où l'ensoleillement n'est pas négligeable. Le soleil peut être pour notre bâtiment une source rentable de production d'énergie électrique à travers des panneaux photovoltaïques. [2]

Nous avons choisi les panneaux photovoltaïques du fournisseur français Sharp© et plus précisément le modèle NT-175U, dont les principales caractéristiques sont :

- Rendement nominal du module PV : 13,5%
- Puissance nominale du module : 175 W
- Température nominale des cellules en opération : 45°C



Fig. (VI.21) : panneau photovoltaïque pour compenser les besoins en électricités.

En choisissant d'installer ces panneaux sur l'ensemble de la toiture inclinée de 40° du côté sud, la surface occupée sera d'environ 52 m<sup>2</sup>. Donc les caractéristiques de l'ensemble seront :

- Nombre de modules PV : 40
- Puissance nominal du champ PV : 7 kWp
- Surface du champ PV : 52 m<sup>2</sup>

Nous obtenons, suite à l'installation de ces panneaux photovoltaïques, une production d'énergie de l'ordre de 9 MWh sur l'ensemble de l'année. Cette valeur est donc suffisante pour la consommation de l'ensemble de notre station.

➤ Importance de l'énergie solaire :

Tout au long de l'élaboration de cet habitat, notre but fût de diminuer les consommations énergétiques en nous aidant des différentes variantes possibles, mais plus précisément d'arriver à une station autonome, voire même à énergie positive.

Afin de parvenir à cette fin, l'installation d'autres systèmes à énergie renouvelable est nécessaire. Or, notre étude précédente a révélé que l'installation de panneaux photovoltaïques sur une grande partie de notre toiture fournirait à peu près 9 000 kWh/m<sup>2</sup>, ce qui comblerait la totalité de nos dépenses électriques.

VI.4. Conclusion :

Dans ces chapitres nous avons présenté plusieurs simulations étape par étape, toute en déterminant l'influence de chaque paramètre sur l'optimisation en matière d'économie d'énergie tout en assurant le meilleur confort à l'intérieur de notre habitat.

A travers la STD (simulation thermique dynamique) on peut estimer les besoins de chauffage/climatisation d'un n'importe quel habitat à travers de connaître ces détails de conception, donc à travers la STD on peut éviter plusieurs étapes et plusieurs contraintes lorsque de la réalisation en réalité.

En tous les cas nous avons pu minimiser les besoins de cet habitat en arrivant à des valeurs très acceptables.

## **Conclusion générale :**

Ce projet de conception d'un habita a haute performance énergétique s'inscrit pleinement dans le contexte actuel de maîtrise de l'énergie, d'utilisation des énergies renouvelables et de développement durable. Le secteur du bâtiment qui peut réaliser de nombreux progrès en matière d'économie d'énergie est en pleine évolution vers la création d'un marché pour ce type de maisons. Les marchés existants déjà pour les bâtiments à faibles consommations en Suisse ou en Allemagne en sont la preuve. De plus, de nombreux programmes nationaux se mettent en place dans ce domaine permettent une progression rapide des possibilités techniques. La modélisation de la maison sous le logiciel Pléiades a permis de réaliser une optimisation complète et intéressante de l'enveloppe. Les consommations de chauffage du bâtiment sont descendues bien en dessous de nos objectifs tout en conservant un aspect technique réalisable. De plus, l'étude rapide des systèmes actifs et des énergies renouvelables permet d'avoir une vue d'ensemble du projet avec ses avantages et ses points à travailler.

L'étude de la maison à haute performance énergétique a permis de répondre à de nombreuses questions, dont la principale quant à la possibilité de la construction d'une maison à énergétiquement très performante. La solution apportée propose de nombreuses possibilités pour la suite éventuelle du projet.

D'un point de vue personnel, cette étude a permis d'appliquer notre secteur de connaissance et découvrir beaucoup plus l'énergétique du bâtiment et aussi les énergies renouvelables au domaine du bâtiment. Cette étude a été très motivante de par les résultats finaux attendus et espérés.

### Différentes Unités :

**1- les différentes unités d'énergies :** D'après le tableau de conversion de (B. GIVONI, 1979 et CHITOUR, 1984, CNERIB, 1998)

**Calorie**= la calorie est l'unité de mesure de la chaleur, c'est la quantité de chaleur qui est nécessaire de fournir, pour élever la température d'un gramme d'eau d'un degré entre 15° et 16°

**1 kilocalorie = 1000 calorie = 4185 joules**

- **Watt (w)** = le watt est une unité de mesure de la puissance, c'est l'énergie d'un joule en une seconde. Un kilowatt est égale à 1000 watt
- **Kilowatt heure**= (kWh) cette unité mesure l'énergie mise en jeu en une heure par une puissance de 1000 watt
- **Joule (j)** = le joule est l'unité légale de mesure du travail, d'énergie et de quantité de chaleur, il est équivalent au travail produit par une force de un Newton (N)

**1 kJ = 0.239kcal = 0.948 Btu = 0.000278 kWh**

**Btu = British thermal unit**

- **T.E.P** = désigne « tonne équivalent pétrole », elle représente la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole standard, c'est l'unité la plus fréquemment utilisée pour mesurer la production et la consommation d'énergie.

1 T.E.P = 10000 thermies = 4 millions de kilocalories.

- **Thermie** = unité d'énergie qui représente 1000 Kcal et 1.16 kWh

### **2- les prix des énergies domestiques en Algérie :**

D'après les données de SONELGAZ, 2004.

- Pour l'électricité ; dépend de la quantité d'électricité consommée si elle est inférieure à

**125kwh** le prix d'un kWh vaut **17.30DA**, si elle est supérieure alors le kWh de plus vaut

**40.65DA**

- Pour le gaz : si la quantité du gaz consommé est inférieures à **1125 thermies**, le prix d'une

Thermie vaut **1.64DA**. si elle est supérieure à cette valeur alors le kWh de plus vaut **3.16DA**.

**3- Unités de températures :** D'après le tableau de conversion de (CNERIB, 1998)

**Degré Celsius (°C)** : anciennement centigrade. Les points de références sont :

- 0°C température de la glace fondante,
- 100°C température de l'eau bouillante à la pression atmosphérique normale.

**Kelvin (°K)** : unité du système international SI.

1°K = 273.15°C

 **Limites D'utilisation Pléiades :**

Voici les principales valeurs limites utilisées par pléiades 2.1+confie 5 :

	Limite inférieure	Limite supérieure
<b>Matériau</b>		
conductivité k (W/m°C)	0	10 000
masse volumique ro (kg/m3)	0	10 000
capacité thermique cp (Wh/kg°C)	0	1
nombre de matériaux par composition	1	7
nombre par projet	1	50
<b>Composition</b>		
nombre par projet	1	50
État de surface		
absorptivité alpha	0	1
émissivité epsilon	0	1
nombre par projet	0	20
<b>Paroi</b>		
inclinaison (°)	0	180
orientation (°)	-180	180
nombre par projet	1	150
<b>Vitrage et portes</b>		
nombre d'ouvertures par paroi	0	3
nombre de types d'ouverture par projet	0	30
largeur et hauteur (m)	0	500
coefficient de pertes K (W/m2°C)	0	10
taux de transmission	0	1
<b>Masque lointain</b>		
nombre par projet	0	50
hauteur du masque (m)	0,1	10 000
distance gauche et droite (m)	0,1	100 000
hauteur de la paroi (m)	0,1	500
azimuts gauche et droit (°)	-89	89
<b>Masque proche</b>		
nombre par projet	0	8
toutes valeurs en mètres	0,1	10 000
<b>Occultation</b>		
nombre de types d'occultation	1	11
résistance supplémentaire	0	100
<b>Scénario de fonctionnement</b>		
température du sol (° C)	- 50	50
débit de ventilation externe (vol/h)	0	100
puissance dissipée (W)	0	100 000
nombre d'occupants	0	500
scénarios d'occupation	1	10
% de débit de ventilation	0	100
consigne de chauffage (°C)	-50	100
<b>Aération</b>		
surface (m2)	0	1000
hauteur (m)	0	500
% moyen d'ouverture	0	100

ANNEXE

débit nominal (vol/h)	0	100
<b>Plantations</b>		
taux de transmission chaque mois	0	1
<b>Albédo</b>		
coefficient	0	1
nombre d'albédos + nombre d'écrans végétaux différents pour un même projet	0	20
<b>Paroi</b>		
surface (m2)	0,1	1 000000
ponts thermiques (W/K)	0	1000
nombre de masques proches ou lointains par paroi	0	6
hauteur et largeur	0,1	10 000
surface de vitrages (m2)	0	surf. paroi - 0,1 m2
transfert avec le sol	0	100 000
pont thermique sol (W/K)	0	2000
<b>Zone</b>		
volume (m3)	0,1	1 000000
nombre de sources d'air	0	5
efficacité de l'échangeur	0	1
surface paroi interne (m2)	0	100 000
nombre de parois par zone	1	15
<b>Site</b>		
altitude (m)	- 100	8800
latitude (°)	- 90	90
longitude (°)	-180	180

 Annexe des données climatiques pour le site Blida :

Calculs (heure)		02. 10. 2012 / 23:29						
<b>METEONORM Version 5.1</b>								
Site:	Blida AG							
Situation:	dégagée							
Horizon:	astronomique							
Catégorie	Villes	Format		METEO				
Mois	Ta	Ta min	Ta dmin	Ta dmax	Ta max	RH		
Janv.	9,4	0,0	4,9	13,9	20,5	85		
Fév.	10,5	0,5	4,7	15,8	23,3	82		
Mars	12,1	1,3	5,8	18,1	26,8	79		
Avr.	14,5	1,8	7,6	20,3	26,5	76		
Mai	18,3	4,9	11,4	24,4	32,7	72		
Juin	22,6	9,1	14,8	28,8	36,7	65		
Juil.	26,4	13,1	18,8	33,3	41,0	61		
Août	26,5	14,5	19,3	33,3	39,2	64		
Sept.	23,4	11,9	16,9	28,9	34,5	70		
Oct.	18,6	7,7	12,9	24,1	32,2	76		
Nov.	13,7	3,2	8,7	18,1	27,0	81		
Déc.	10,1	0,6	5,8	14,7	21,4	86		
Année	17,2					75		
Mois	H_Gh	SDm	SDd	SD astr.	RR	RD	FF	DD
Janv.	65	143	4,6	9,8	93	9	1,4	248
Fév.	85	156	5,6	10,8	96	8	1,2	270
Mars	127	196	6,3	11,8	96	8	1,1	270
Avr.	161	223	7,4	13,0	63	6	1,7	270
Mai	196	279	9,0	14,0	43	5	1,7	270
Juin	204	305	10,2	14,5	16	3	2,0	68
Juil.	227	352	11,4	14,2	5	2	1,8	68
Août	193	326	10,5	13,4	7	2	1,6	68
Sept.	153	255	8,5	12,3	31	3	1,7	68
Oct.	107	215	6,9	11,1	71	6	1,0	270
Nov.	71	171	5,7	10,1	95	7	1,5	270
Déc.	66	145	4,7	9,5	113	9	1,3	270
Année	1651	2767	7,4		719	68	1,5	291
<b>Légende:</b>								
Ta:	Temp. de l'air	RH:		Humidité relative				
Ta min:	10 a. minimum (approx.)	Ta max:		10 a. maximum (approx.)				
Ta dmin:	Moyenne minimum journ. Ta	Ta dmax:		Moyenne maximum journ. Ta				
SD:	Durée d'insolation	RR:		Précipitations				
RD:	Jours avec precipitation	FF:		Vitesse du vent				
SD astr.:	Durée d'insolation, astronomique	DD:		Direction du vent				
H_Gh:	Irradiation du rayonnement global horizontal							
Température en [°C]								
Vitesse du vent en [m/s]								
Durée d'insolation en [h/jour]								
Rayonnement en [kWh/m²]								
Ta: Seulement 3 station(s) pour l'interpolation								



 **Listing des parois et leurs contacts :**

**1<sup>er</sup> Tableau : Couloir-Bas Et Séjour :**

Nom de la pièce	Nom de la paroi	Contact	Surface	Oriente	Incli.	F	ES	ES	Composition
COULOIR BAS - 2	Plancher 2/1	Sol	9.86	0	180	0			Plancher bas PFE
COULOIR BAS - 2	Plafond Int.2/2	BAINS - 7 / Plancher lr	3.27	180	0	0			Plafond bas PFE
COULOIR BAS - 2	Plafond Int.2/3	COULOIR HAUT - 10 /	4.63	180	0	0			Plafond bas PFE
COULOIR BAS - 2	Plafond Ext 2/3	Grenier ventilé	1.94	0	0	0			Plafond rampant PFE
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/5	CUISINE - 1 / Paroi 1/	3.51	90	90	1			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/6	WC - 4 / Paroi 4/6	4.42	90	90	1			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/7	WC - 4 / Paroi 4/5	1.86	0	90	0			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/8	CUISINE - 1 / Paroi 1/	2.26	90	90	0			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/9	CH1 - 5 / Paroi 5/5	5.05	0	90	1			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/10	CH1 - 5 / Paroi 5/12	0.95	-90	90	0			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/11	DOUCHE - 6 / Paroi 6/	2.28	0	90	0			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/12	SEJOUR - 3 / Paroi 3/	11.14	-90	90	1			MUR INT
COULOIR BAS - 2	Paroi 2/13	Extérieur	5.47	0	90	1			MUR EXT ALLEGE F
SEJOUR - 3	Plancher 3/1	Sol	26.70	0	180	0			Plancher bas PFE
SEJOUR - 3	Plafond Int.3/2	CH4 - 8 / Plancher Int.()	10.05	0	0	0			Plafond bas PFE
SEJOUR - 3	Plafond Int.3/3	CH3 - 11 / Plancher Int	10.04	0	0	0			Plafond bas PFE
SEJOUR - 3	Plafond Ext 3/2	Grenier ventilé	3.12	0	0	0			Plafond rampant PFE
SEJOUR - 3	Paroi 3/5	Extérieur	8.81	0	90	1			MUR EXT ALLEGE F
SEJOUR - 3	Paroi 3/6	COULOIR BAS - 2 / Pa	11.14	90	90	1			MUR INT
SEJOUR - 3	Paroi 3/7	DOUCHE - 6 / Paroi 6/	4.62	-90	90	0			MUR INT
SEJOUR - 3	Paroi 3/8	DOUCHE - 6 / Paroi 6/	0.80	180	90	0			MUR INT
SEJOUR - 3	Paroi 3/9	CH1 - 5 / Paroi 5/9	3.06	-90	90	0			MUR INT
SEJOUR - 3	Paroi 3/10	Extérieur	9.59	180	90	1			MUR EXT ALLEGE F
SEJOUR - 3	Paroi 3/11	Extérieur	18.82	90	90	0			MUR EXT ALLEGE F
SEJOUR - 3	Plafond Int.3/1.2	COULOIR HAUT - 10 /	0.11	0	0	0			Plafond bas PFE
SEJOUR - 3	Plafond Ext 3/3	Grenier ventilé	3.34	0	0	0			Plafond rampant PFE

ANNEXE

***2<sup>eme</sup> Tableau Wc, Chambre1 Et Douche :***

WC - 4	Plancher 4/1	Sol	1.30	0	180	0	Plancher bas PFE
WC - 4	Plafond Int.4/2.2	COULOIR HAUT - 10 /	0.55	180	0	0	Plafond bas PFE
WC - 4	Paroi 4/3	CUISINE - 1 / Paroi 1/	1.86	180	90	0	MUR INT
WC - 4	Paroi 4/4	CUISINE - 1 / Paroi 1/	4.42	-90	90	0	MUR INT
WC - 4	Paroi 4/5	COULOIR BAS - 2 / Pa	1.86	180	90	0	MUR INT
WC - 4	Paroi 4/6	COULOIR BAS - 2 / Pa	4.42	-90	90	1	MUR INT
WC - 4	Plafond Int.4/2.1	BAINS - 7 / Plancher I	0.73	0	0	0	Plafond bas PFE
CH1 - 5	Plancher 5/1	Sol	15.26	0	180	0	Plancher bas PFE
CH1 - 5	Plafond Int.5/2	CH2 - 9 / Plancher Int.5	6.45	180	0	0	Plafond bas PFE
CH1 - 5	Plafond Int.5/3	COULOIR HAUT - 10 /	4.50	0	0	0	Plafond bas PFE
CH1 - 5	Plafond ext 5/4	Grenier ventilé	4.30	0	0	0	Plafond rampant PFE
CH1 - 5	Paroi 5/5	COULOIR BAS - 2 / Pa	5.05	180	90	1	MUR INT
CH1 - 5	Paroi 5/6	CUISINE - 1 / Paroi 1/	5.57	180	90	0	MUR INT
CH1 - 5	Paroi 5/7	Extérieur	8.63	-90	90	0	MUR EXT ALLEGE F
CH1 - 5	Paroi 5/8	Extérieur	12.10	180	90	1	MUR EXT ALLEGE F
CH1 - 5	Paroi 5/9	SEJOUR - 3 / Paroi 3/	3.06	90	90	0	MUR INT
CH1 - 5	Paroi 5/10	DOUCHE - 6 / Paroi 6/	1.48	180	90	0	MUR INT
CH1 - 5	Paroi 5/11	DOUCHE - 6 / Paroi 6/	4.62	90	90	1	MUR INT
CH1 - 5	Paroi 5/12	COULOIR BAS - 2 / Pa	0.95	90	90	0	MUR INT
DOUCHE - 6	Plancher 6/1	Sol	1.67	0	180	0	Plancher bas PFE
DOUCHE - 6	Plafond Int.6/2	COULOIR HAUT - 10 /	1.70	180	0	0	Plafond bas PFE
DOUCHE - 6	Paroi 6/4	COULOIR BAS - 2 / Pa	2.28	180	90	0	MUR INT
DOUCHE - 6	Paroi 6/5	CH1 - 5 / Paroi 5/11	4.62	-90	90	1	MUR INT
DOUCHE - 6	Paroi 6/6	CH1 - 5 / Paroi 5/10	1.48	0	90	0	MUR INT
DOUCHE - 6	Paroi 6/7	SEJOUR - 3 / Paroi 3/	0.80	0	90	0	MUR INT
DOUCHE - 6	Paroi 6/8	SEJOUR - 3 / Paroi 3/	4.62	90	90	0	MUR INT

***3<sup>eme</sup> Tableau : Bain, Chambre 4 Et Chambre 2 :***

BAINS - 7	Plancher Int.7/1.1	COULOIR BAS - 2 / Pl	3.27	0	180	0	Plafond bas PFE
BAINS - 7	Plancher Int.7/1.2	CUISINE - 1 / Plafond	0.37	180	180	0	Plafond bas PFE
BAINS - 7	Plafond 7/2	Grenier ventilé	4.35	0	0	0	Plafond rampant PFE
BAINS - 7	Paroi 7/3	Extérieur	7.28	0	90	1	MUR EXT ET ALLEG
BAINS - 7	Paroi 7/4	CH2 - 9 / Paroi 9/10	3.77	-90	90	0	MUR INT
BAINS - 7	Paroi 7/5	COULOIR HAUT - 10 /	7.28	180	90	1	MUR INT
BAINS - 7	Paroi 7/6	CH4 - 8 / Paroi 8/3	3.77	-90	90	0	MUR INT
BAINS - 7	Plancher Int.7/1.3	WC - 4 / Plafond Int.4,	0.73	180	180	0	Plafond bas PFE
CH4 - 8	Plancher Int.8/1	SEJOUR - 3 / Plafond l	10.05	180	180	0	Plafond bas PFE
CH4 - 8	Plafond 8/2	Grenier ventilé	10.05	0	0	0	Plafond rampant PFE
CH4 - 8	Paroi 8/3	BAINS - 7 / Paroi 7/6	3.77	90	90	0	MUR INT
CH4 - 8	Paroi 8/4	COULOIR HAUT - 10 /	3.41	90	90	1	MUR INT
CH4 - 8	Paroi 8/5	CH3 - 11 / Paroi 11/3	8.81	0	90	0	MUR INT
CH4 - 8	Paroi 8/6	Extérieur	7.18	90	90	0	MUR EXT ET ALLEG
CH4 - 8	Paroi 8/7	Extérieur	8.81	0	90	2	MUR EXT ET ALLEG
CH2 - 9	Plancher Int.9/1	CUISINE - 1 / Plafond l	7.05	180	180	0	Plafond bas PFE
CH2 - 9	Plancher Int.9/2	CH1 - 5 / Plafond Int.5,	6.45	0	180	0	Plafond bas PFE
CH2 - 9	Plafond 9/3	Grenier ventilé	13.53	0	0	0	Plafond rampant PFE
CH2 - 9	Paroi 9/4	Extérieur	5.60	0	90	1	MUR EXT ET ALLEG
CH2 - 9	Paroi 9/5	Extérieur	14.38	-90	90	0	MUR EXT ET ALLEG
CH2 - 9	Paroi 9/6	Extérieur	7.81	180	90	1	MUR EXT ET ALLEG
CH2 - 9	Paroi 9/7	COULOIR HAUT - 10 /	2.16	-90	90	1	MUR INT
CH2 - 9	Paroi 9/8	COULOIR HAUT - 10 /	2.21	180	90	0	MUR INT
CH2 - 9	Paroi 9/9	COULOIR HAUT - 10 /	8.43	-90	90	0	MUR INT
CH2 - 9	Paroi 9/10	BAINS - 7 / Paroi 7/4	3.77	90	90	0	MUR INT

**4<sup>eme</sup> Tableau : couloir haut, Chambre3 :**

COULOIR HAUT - 10	Plancher Int.10/1	COULOIR BAS - 2 / Pl	4.63	0	180	0	Plafond bas PFE
COULOIR HAUT - 10	Plancher Int.10/2	CH1 - 5 / Plafond Int.5	4.50	180	180	0	Plafond bas PFE
COULOIR HAUT - 10	Plancher Int.10/3	DOUCHE - 6 / Plafond	1.70	0	180	0	Plafond bas PFE
COULOIR HAUT - 10	Plafond 10/4	Grenier ventilé	11.49	0	0	0	Plafond rampant PFE
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/5	BAINS - 7 / Paroi 7/5	7.28	0	90	1	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/6	CH2 - 9 / Paroi 9/9	8.43	90	90	0	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/7	CH2 - 9 / Paroi 9/8	2.21	0	90	0	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/8	CH2 - 9 / Paroi 9/7	2.16	90	90	1	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/9	Extérieur	5.10	180	90	1	MUR EXT ET ALLEG
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/10	CH3 - 11 / Paroi 11/4	7.18	90	90	1	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Paroi 10/11	CH4 - 8 / Paroi 8/4	3.41	-90	90	1	MUR INT
COULOIR HAUT - 10	Plancher Int.10/1.2	WC - 4 / Plafond Int.4/	0.55	0	180	0	Plafond bas PFE
COULOIR HAUT - 10	Plancher Int.10/1.3	SEJOUR - 3 / Plafonc	0.11	180	180	0	Plafond bas PFE
CH3 - 11	Plancher Int.11/1	SEJOUR - 3 / Plafond I	10.04	180	180	0	Plafond bas PFE
CH3 - 11	Plafond 11/2	Grenier ventilé	10.04	0	0	0	Plafond rampant PFE
CH3 - 11	Paroi 11/3	CH4 - 8 / Paroi 8/5	8.81	180	90	0	MUR INT
CH3 - 11	Paroi 11/4	COULOIR HAUT - 10 /	7.18	-90	90	1	MUR INT
CH3 - 11	Paroi 11/5	Extérieur	8.81	180	90	2	MUR EXT ET ALLEG
CH3 - 11	Paroi 11/6	Extérieur	7.18	90	90	0	MUR EXT ET ALLEG

**🚦 Fichier Des Données Climatiques :**

**1. Création du fichier météo avec métronome :**

• **Les grandeurs :**

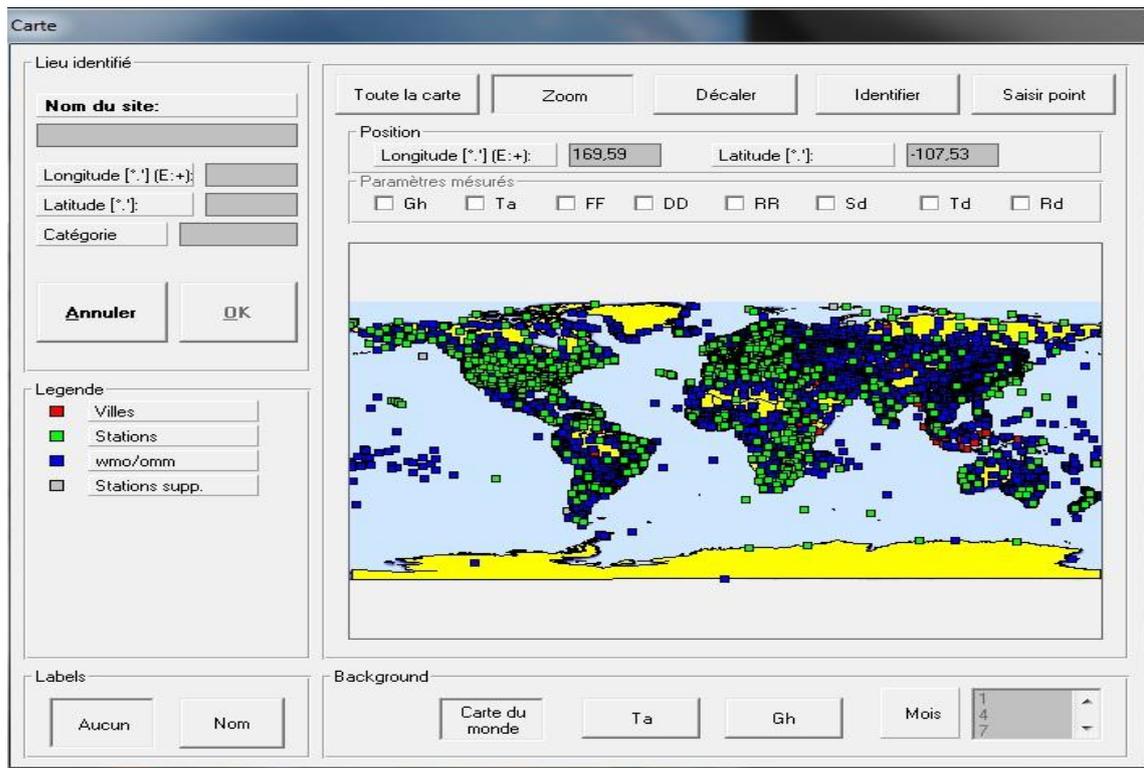
Un fichier créer par métronome de trois colonnes et plus de 8000 lignes (jours)

Température extérieur sèche de l'air Ta

Rayonnement global horizontal direct H\_Gh

Rayonnement global diffus horizontal H\_DH

- voici l'interface métronome :



## 2. Les données sur Excel :

Les trois données créées sous un fichier texte format (.Dat) par métronome sont convertis en suite vers Excel sous un tableau de 8760 lignes. Exemple pour premier 24 journées sur le tableau ci-dessous.



---

ANNEXE

---

Après multiplier les grandeurs par le coefficient qui lui correspond, et lance l'importation, l'injection des autres cases manuellement

L'analyse et l'enregistrement du fichier en forme TRY

Ident	Temp	Global H	Diffus H	Direct N	Durée E	Humid.R	Nebul.	Coeff So	Vent	Mois	Jour	Heure
BLD	118	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	1
BLD	112	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	2
BLD	106	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	3
BLD	100	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	4
BLD	94	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	5
BLD	89	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	6
BLD	83	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	7
BLD	97	14	10	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	8
BLD	126	73	27	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	9
BLD	145	104	49	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	10
BLD	170	165	42	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	11
BLD	189	186	26	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	12
BLD	201	178	27	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	13
BLD	205	149	45	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	14
BLD	195	74	51	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	15
BLD	184	56	31	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	16
BLD	167	5	5	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	17
BLD	161	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	18
BLD	155	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	19
BLD	149	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	-999	1	1	20

Calculer les DJU      Base 19 °C

## ✚ Détaille Des Indices Utilisées Par Pléiades :

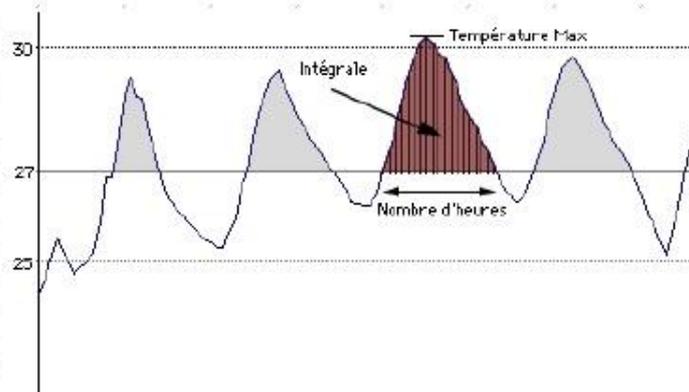
### Indice : "Moyenne Surchauffe Max"

L'indice 'Moyenne Surchauffe Max' est calculé de la manière suivante :

- Recherche de la température maximale sur la période simulée,
- Recherche du début et de la fin de la période de surchauffe correspondant à cette température maximale. On considère qu'il y a surchauffe depuis le moment où la température devient supérieure à 27°C jusqu'à ce qu'elle retombe en dessous de cette valeur,
- Calcul de l'intégrale en degrés-heure de cette surchauffe par rapport à 27°C (degré-heure en base 27),
- Division de cette intégrale par le nombre d'heure,
- Multiplication du résultat par 10.

L'indice "Moyenne Surchauffe Max" correspond donc à la moyenne du dépassement de la température de 27°C lors de la surchauffe la plus intense, exprimée en dixième de degré.

Ainsi un indice "Surchauffe" de 34 signifie que, la température de la zone sera en moyenne de 3,4° supérieure à la température de confort de 27°C, pendant la période de surchauffe maximale.



### Indice "Amplification de T°Ext"

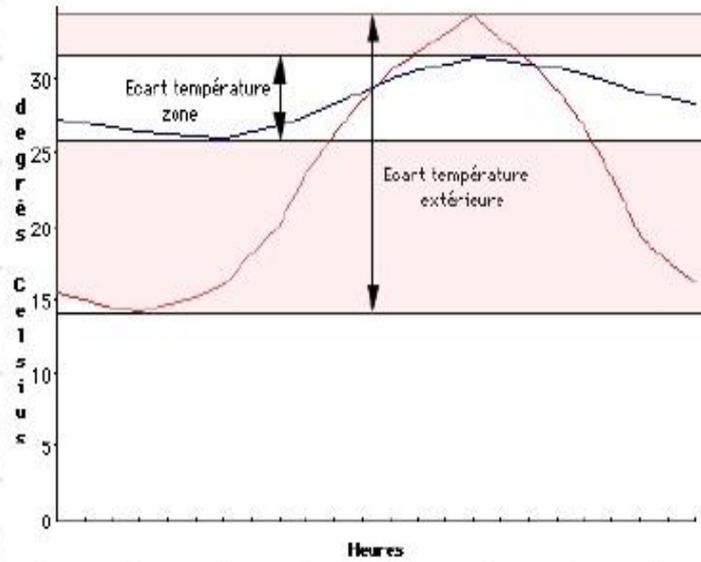
L'indice 'Amplification de T°Ext' est calculé ainsi :

- Pour chaque jour  $j$  de la période simulée,
  - calcul de l'écart journalier  $E_{jz}$  entre les températures minimales et maximales de la zone étudiée,
  - calcul de l'écart journalier  $E_{jext}$  entre les températures minimales et maximales extérieures,
  - détermination du rapport  $E_{jz}/E_{jext}$ .
- Calcul de la moyenne de ce rapport sur la période de simulation, multiplié par 100.

Cet indice représente donc le pourcentage d'amplification (augmentation ou réduction) de la température extérieure dans la zone étudiée.

Ainsi un indice "Amplification" de 125 signifie qu'en moyenne sur la période de simulation, l'écart maxi-mini de température dans la zone sera égal à 1,25 fois l'écart maxi-mini extérieur.

Si l'indice est  $> 100$ , les variations de température dans la zone seront amplifiées par rapport à l'extérieur (c'est le cas d'une serre par exemple). Si au contraire l'indice est  $< 100$ , les variations de température dans la zone seront réduites par rapport à l'extérieur (cas d'une zone à forte inertie).



## Indice "Taux d'inconfort"

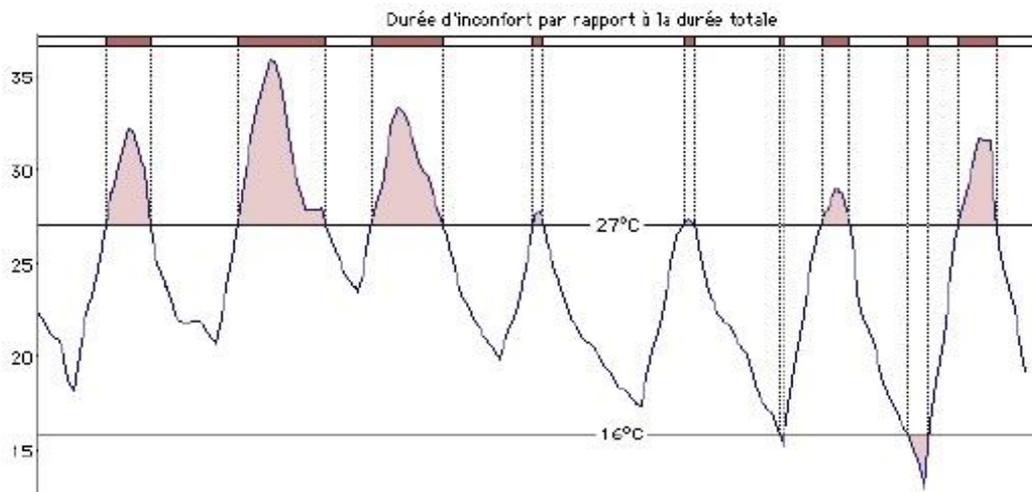
Par convention, on considérera qu'il y a "inconfort" lorsque la température de la zone est soit supérieure à 27°C, soit inférieure à 16°C.

Pour chaque zone l'indice 'Inconfort' est calculé de la façon suivante :

- Totalisation des heures pour lesquelles la zone est occupée et en situation d'inconfort pendant la période de simulation,
- Division par le nombre total d'heures de simulation, multiplié par 100

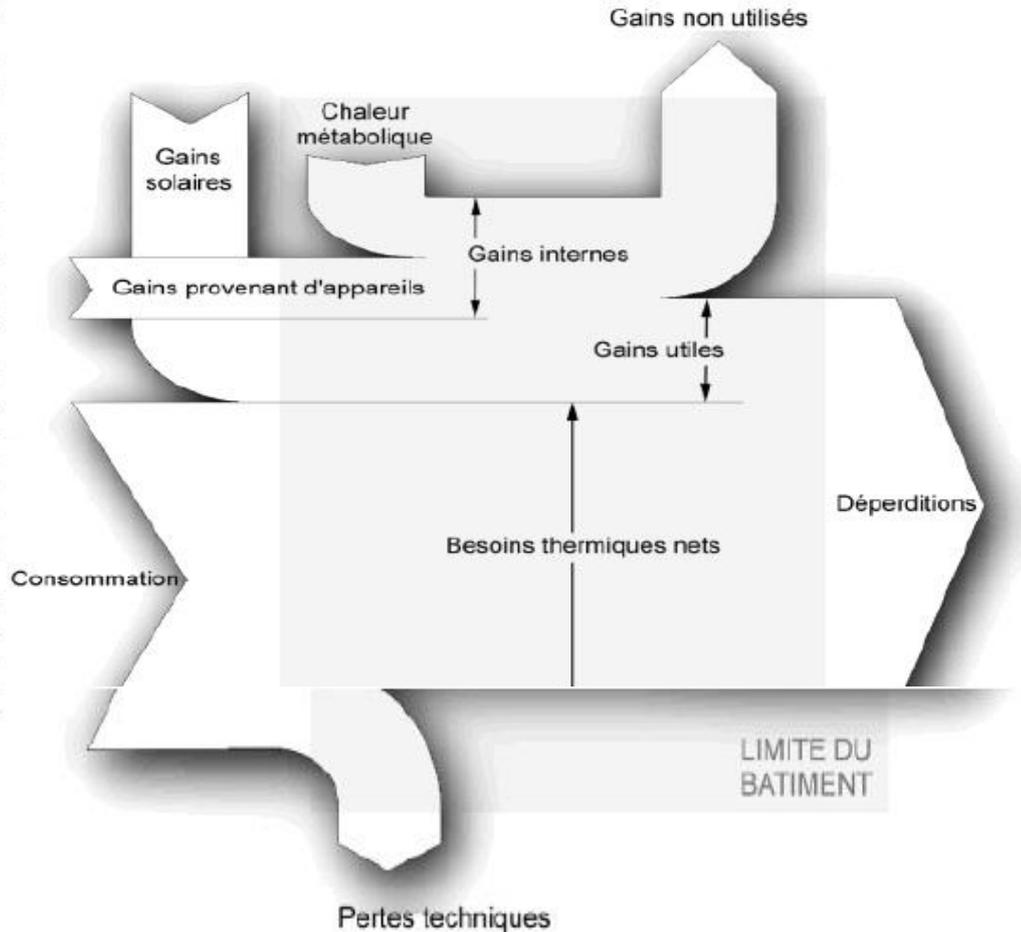
L'indice "Taux d'Inconfort" représente donc le pourcentage de temps d'occupation durant lequel la température de la zone est supérieur à 27°C ou inférieur à 16°C.

Un indice "Taux d'Inconfort" de 12 signifie que la température de la zone étudiée est inconfortable pendant 12 % du temps où la zone est occupée.



## Indice "Besoins Chauff + Froid"

Le bilan d'énergie (diagramme de Sankey) d'un bâtiment peut se représenter schématiquement ainsi :



Pleiades + Comfie calcule les "besoins thermiques nets" à fournir pour assurer le chauffage (ou la climatisation) du bâtiment étudié en tenant compte des apports par les occupants (métabolisme), l'ensoleillement (apports solaires) et la chaleur dissipée par les appareils (moteurs, éclairage ...) à l'intérieur de la zone étudiée.

La consommation finale sera fonction du rendement global des équipements de chauffage (ou de climatisation) et donc des pertes thermiques (production, régulation + distribution + émission) de ces équipements.

L'indice "Besoins Chauff + Froid" est calculé ainsi :

- Somme des besoins thermiques nets de chauffage et de climatisation pour une zone pendant la période de simulation,
- Division par le volume de la zone.

L'indice représente donc les besoins totaux volumiques (chauffage et climatisation) d'une zone en kWh par m<sup>3</sup> sur la période de simulation.

Plus l'indice est bas, moins on aura besoin de fournir d'énergie de chauffage ou de climatisation.

Un indice 0 correspond à une maison "zéro énergie", où le soleil, les habitants et les appareils fournissent suffisamment d'énergie pour se chauffer, et où il n'y a pas besoin de climatisation.

Un indice 45 signifie que les équipements de chauffage et de climatisation du bâtiment devront fournir 45 kWh par m<sup>3</sup> pour assurer les températures prévues dans les scénarios de fonctionnement.

Pour une simulation annuelle cet indice est donc bien représentatif de la qualité et de l'efficacité thermique de l'enveloppe du bâtiment, tant pour l'été que pour l'hiver.

## Indice "Part de besoins nets"

Dans le diagramme ci-dessus, les déperditions sont la quantité totale d'énergie qu'il faut fournir au bâtiment pour compenser les pertes thermiques du bâtiment en fonction du scénario de chauffage.

Ces déperditions Dep sont compensées par les apports internes utiles et l'énergie apportée par le système de chauffage (besoins thermiques nets Bchauff).

L'indice "Energie à fournir" exprime la part d'énergie de chauffage par rapport aux déperditions.

Il est calculé en effectuant deux simulations :

- Tout d'abord une simulation normale, permettant de déterminer les besoins thermiques nets Bchauff.
- Ensuite une deuxième simulation sans apports solaires et sans apports internes (ni occupants, ni appareils), permettant de déterminer les déperditions Dep.

Pleiades calcule enfin le rapport Bchauff/Dep, multiplié par 100.

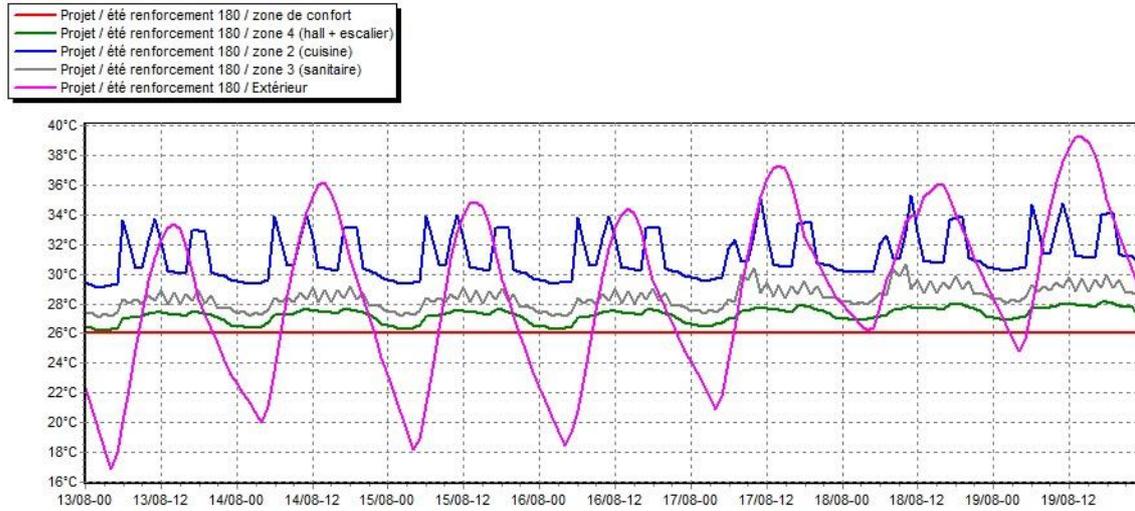
**Cet indice représente donc le pourcentage de besoins nets de chauffage du bâtiment par rapport aux déperditions de base du bâtiment.**

Plus il est faible plus les apports internes "gratuits" assureront les besoins de chauffage. A l'inverse, un indice élevé sera le signe d'une conception où les apports solaires sont faibles et d'une mauvaise récupération des apports internes.

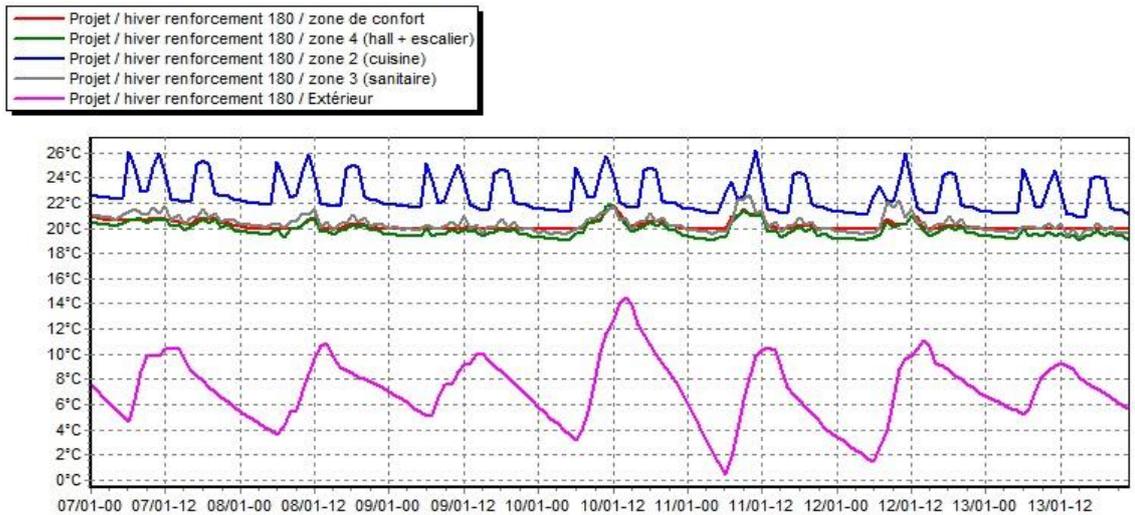
Par exemple un indice de 35 signifie que 65 % (100 % - 35 %) des déperditions sont couvertes par les apports solaires, le métabolisme des occupants et les appareils.

**Graphes additionnelles :**

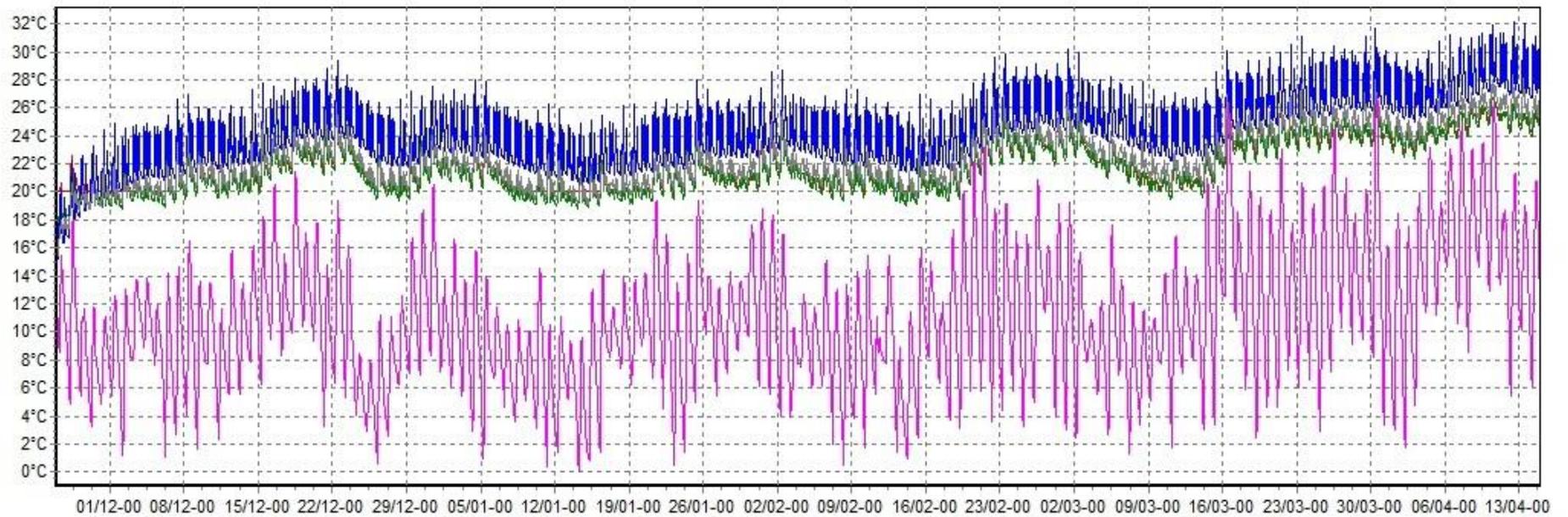
**Les températures après la dernière simulation; pour l'été (la semaine la plus chaude) :**



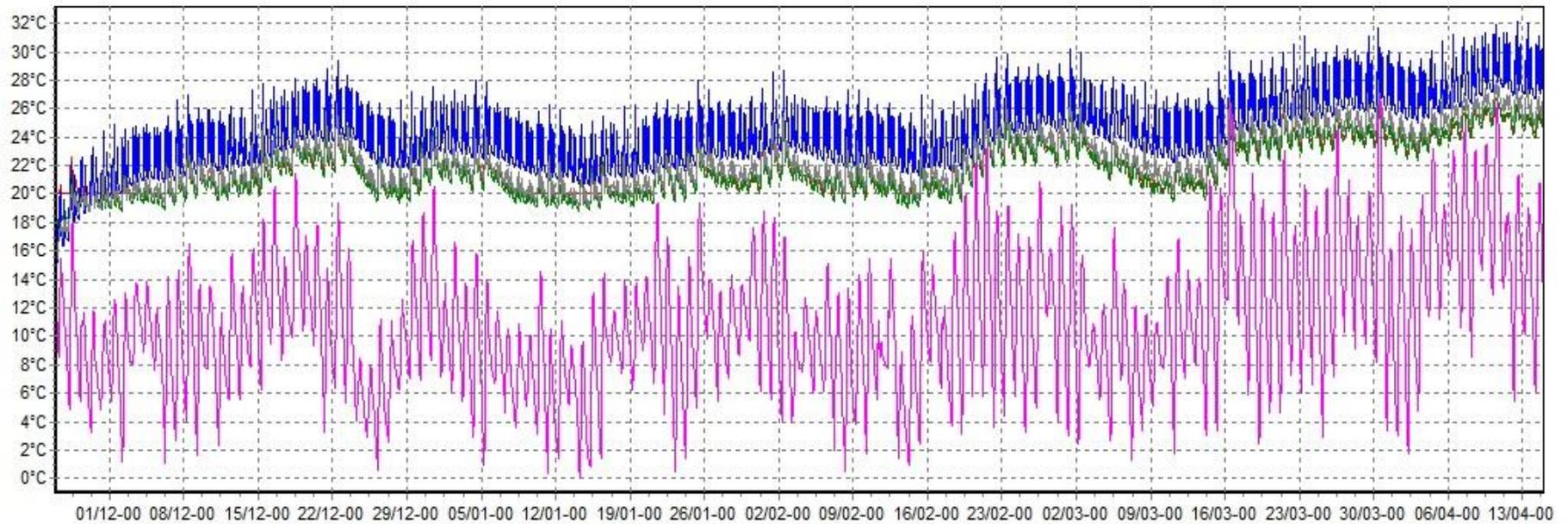
**Les températures après la dernière simulation; pour l'hiver (la semaine la plus froide) :**



Les températures après la dernière simulation; pour l'été (toute la saison) :



**Les températures après la dernière simulation; pour l'hiver (toute la saison) :**



---

## ***Références bibliographiques et Webographiques :***

---

### **Références bibliographiques et Webographiques :**

#### **Chapitre 1**

[1]. Apure : Agence Pour La Promotion Et La Rationalisation De L'utilisation De L'énergie [Enligne], [Http://Www.Aprue.Org.Dz/Documents/Consommation-Energetique](http://www.aprue.org.dz/Documents/Consommation-Energetique) (Page Consulter Le 01/06/ 2012)

[2] n. Meghraoui, 'Quel Habitat Pour L'algerie', Edition Media-Plus, Constantine 2006.

[3] Ademe : Agence De L'environnement Et De La Maitrise De L'energie: [Enligne], [Http://Www.Ademe.Fr/Paca/Effet-Serre-Changement-Climatique.Asp](http://www.ademe.fr/paca/effet-serre-changement-climatique.asp)

[4] Mme Bellara ( Nee Louafi ) Samira ; Impact De L'orientation Sur Le Confort Thermique Intérieur Dans L'habitation Collective ;Thèse Magister En Architecture Bioclimatique ; Université Mentouri Constantine ;2004-2005 ; P21

[5] Ministère De L'énergie Et Des Mines - Bilan Energétique National De L'année 2010 / DGE, 2010.

[6] DGE : « Missions Economiques ; Fiche De Synthèse « Le Secteur De L'électricité En Algérie » Actualisation Au 9 Aout 2006.

[7] Apure : Agence Pour La Promotion Et La Rationalisation De L'utilisation De L'énergie [Enligne], (Page Consulter Le 15/06/ 2012) <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-lumiere.html>

[8] Kaid Lyes ; Etude Des Maisons Passives ; Thèse D'ingénieur En Mécanique Energétique ; Université Saad Dahleb Blida ; 2011 ;

[9] Carsten Grobe ; Construire Maison Passives ; Edition L'INEDITE ; 2008 ; p6-p20

[10] Nicolas Morel Et Edgard Gnansounou ; Energétique Du Bâtiment; Faculté D'environnement Naturel, Architectural Et Construit ; Ecole Polytechnique Federales De Lausanne ; Section De Génie Civil ; Edition Septembre 2009 ; p 1 à 3.

[11] Melle Benhalilou Karima ; Impact De La Végétation Grimpante Sur Le Confort Hygrothermique Estival Du

---

## *Références bibliographiques et Webographiques :*

---

**Bâtiment Cas Du Climat Semi Aride ; Thèse Magister En Architecture Bioclimatique ; Université Mentouri Constantine ; 2008**

[12] François Ruelle ; « Le Standard « Maison Passive » En Belgique : Potentialités Et Obstacles » ; Mémoire De Master En Sciences Et Gestion De L'environnement ; 2008 ; Université Libre De Bruxelles Institut De Gestion De L'environnement Et D'aménagement Du Territoire.

[13] Satinfo, Société Du Groupe Sonelgaz « Programme Des Energies Renouvelables Et De L'efficacité Energétique » ; Elabore Par Le Ministère De L'énergie Et Des Mines Conception Et Réalisation ; 2011.

[14] Document Techniques Réglementaire (DTR C3-2, DTR C3-4) » ; Réglementation Thermique Des Bâtiments D'habitation-Fascicule 1 ; CNERIB 12/1997.

[15] h. Lund, short reference years and test reference years for E.E.C. countries, 1985

[16] khoja Mohamed el Hadi ; thèse de magister en cours de réalisation phase finale: évaluation de la consommation énergétique des logements a haute performance énergétique de Tamanrasset et opportunité d'utiliser les systèmes solaires ; mécanique énergétique ; université de Blida ; 2012 ; p 5 et p 26.

[17] [enligne], <http://mouqawalati.net/environnement/175-alsol-le-programme-de-chauffe-eau-solaires> (page consulter le 03/07/ 2012)

### Chapitre 2

[6] bio climatisme : [enligne]. [http : //www.greenspace.b/bioclimatime.html](http://www.greenspace.b/bioclimatime.html) (page consulter le 3 mars 2004)

[7]bernard chateau & bruno lapillone - la prevision a long terme de la demande d' energie- : energie et societe . centre national de la recherche scientifique –cnrs-paris 1977

[8]mme bellara ( nee louafi ) samira ; these de magister ;architecture bioclimatique ;université de constantine : 2004-2005

[9]d. wright– soleil, nature, architecture- edition : parentheses paris 1979 p.83-116-117

[3] khodja mohamed el hadi ; these de magister en cours de realisation phase finale: evaluation de la consommation energetique des logements a haute

---

## ***Références bibliographiques et Webographiques :***

---

performance energetique de tamanrasset et opportunité d'utiliser les systemes solaires ; mecanique energetique ; universite de blida ; 2012

### **Chapitre 3**

[1] meteotest bern switzer land ; logiciel meteonorm v 5.1x ; 2003 ;

[2] dtr regles de calculs de deperditions calorifiques

[3] izuba energie ; manuel meteocalc v1 ; [enligne], (page consulter le 30/06/ 2012)  
<http://www.izuba.fr/logiciel/meteocalc;pdf>.

[4] nicolas morel et edgard gnansounou ; energetique du batiment; faculte d'environnement naturel, architectural et construit ; ecole polytechnique federales de lausanne ; section de genie civil ; edition septembre 2009 ; p 18 et 23.

[enligne], (page consulter le 30/06/2012);[www.lemonde.fr/meteo/algerie/blida/](http://www.lemonde.fr/meteo/algerie/blida/)

### **Chapitre 4**

[1] melle benhalilou karima ; impact de la vegetation grimpante sur le confort hygrothermique estival du batiment cas du climat semi aride ; these magister en architecture bioclimatique ; universite mentouri constantine ; 2008 ; p67-p70

[2] monika dumbliauskaite, khaled seoud ; eleves ingenieurs; ecole national des points et chaussees ; projet maitrise des ambiances ; conception d'une station meteorologique bioclimatique a rennes ; p 50 et 51.