

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB, BLIDA-1

Faculté de **Technologie**

Département des **Energies Renouvelables**

## **MEMOIRE DE MASTER**

**DOMAINE:** Sciences et Technologies

**FILIERE:** Energies Renouvelables

**SPECIALITE:** Energies Renouvelables & Habitat Bioclimatique

### **Thème**

**Etude thermique d'un hôpital**  
**Cas d'étude : Unité chirurgicale de l'hôpital Ali**  
**Baji- Damous-**

**Présenté Par :** HAMMOUMA Thanina  
MAGRAOUI Chaima

**Encadré Par :** Pr. Dj.SEMMAR

**Date de soutenance:** 06 octobre 2020

#### **Jury de Soutenance**

**Président :** A. HAMID

**Pr**

**USDB1**

**Examineur :** Mme MOUKHTARI Fatiha

**MRB**

**UDES**

**Promoteur :** Dj.SEMMAR

**Pr**

**USDB1**

**Promotion : 2019/2020**

# *Remerciements*

*Avec l'aide d'Allah tout puissant, on a pu accomplir ce modeste travail.*

*En premier lieu, on remercie le Professeur Djaffar SEMMAR notre encadreur de Thèse, qui depuis le début de ce travail nous a apporté un soutien indispensable.*

*Nous souhaitons ainsi, remercier tous les membres de notre soutenance d'avoir examiné notre travail.*

*On remercier nos collègues avec qu'on avait eu le plaisir d'avoir partagé ce parcours universitaire plein de savoir et d'instant magique.*

*Et aussi les personnes qui nous ont encouragé et aidé durant tous notre cursus, et surtout durant la réalisation de ce mémoire de fin d'étude*

*On remercie enfin l'ensemble de nos proches qui nous ont soutenus et qui nous ont accompagnés durant toute cette période de recherche et de travail. On remercie plus particulièrement Mdm Oukassi, Mdm Zeboudji, Mr Laafer, Mr Benzineb*

*Nos respects*

# *Dédicace*

*Nous dédions ce modeste travail*

*À nos parents Qui ont tout fait pour que nous réussissions dans notre vie, que Dieu nous les protège,*

*À nos très chères familles, Magraoui et Hammouma,*

*À nos chers ami(e)s spécialement : Rofaida, Kawtar, Ahlem, Amina, Chaima, Houda, Rezik Sahbi, Kader, Zaki, Saïd.*

*Aux nos clubs de football et de Hand Ball, notre deuxième famille.*

*À tous ceux qui comptent pour nous.*

## Résumé

L'étude dans ce mémoire s'est focalisée sur l'espace du 2<sup>ème</sup> étage de l'hôpital Ali Baji commune de Damous wilaya de Tipaza, elle est pour l'objectif de déterminer le comportement thermique dans cet espace sensible. Notre tâche est de minimiser les déperditions à travers les parois et réduire la facture énergétique totale de l'hôpital.

Nous situons en premier, le calcul des déperditions pour le but d'une vérification réglementaire de l'hôpital.

Puis dans un second temps, nous avons fait des modifications au niveau des parois et des menuiseries afin de répondre aux exigences réglementaires d'un bâtiment.

Pour finir, les résultats finals ont été obtenus par une simulation numérique à l'aide du logiciel Pléiade Comfie 2.3.

## Abstract

The study in this thesis focused on the space of the 2nd floor of the Ali Baji hospital in Damous wilaya of Tipaza, it aims to determine the thermal behavior in this sensitive space. Our task is to minimize the losses through the walls and reduce the total energy bill of the hospital.

We first place the calculation of the losses for the purpose of a regulatory audit of the hospital.

Then in a second step, we made modifications to the walls and joinery to meet the regulatory requirements of a building.

Finally, the final results were obtained by a numerical simulation using the Pléiade Comfie 2.3 software.

## ملخص

تركز الدراسة في هذه المذكرة على دراسة مساحة الطابق الثاني لمستشفى علي باجي المشترك في الداموس ولاية تيبازة، وتهدف إلى تحديد السلوك الحراري في هذه المنطقة الحساسة.

ومهمتنا هي تقليل ضياع التمركات الحرارية إلى أدنى حد من خلال الجدران والحد من مجموع فاتورة الطاقة للمستشفى.

أولاً، قمنا بحساب استهلاك الطاقة لغرض إجراء مراجعة كلية للمستشفى ثم في المرة الثانية قمنا بإضافة عازل للجدران وتغيير النوافذ والأبواب الأولى إلى بيفيسي لتلبية المتطلبات الإستهلاكية للمبنى وفي الأخير، تحصلنا على النتائج النهائية

بواسطة محاكاة رقمية باستخدام برنامج

.Pleiad Comfie 2.3

# Table des matières

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Résumé .....	
Abstract .....	
ملخص.....	
Sommaire .....	
Liste des figures :.....	
Liste des tableaux .....	
<b>Introduction generale et Problématique .....</b>	<b>1</b>

## Chapitre I: Généralités et l'état de l'art

<b>I.1 Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Les énergies renouvelables.....</b>	<b>3</b>
<b>I.3 L'énergie renouvelable dans le monde .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4 Potentiel national en énergie renouvelables .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5 Les types d'énergies renouvelables .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.1 L'énergie des courants .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.2 L'énergie solaire .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.3 L'énergie géothermique : .....</b>	<b>4</b>
<b>I.5.4 L'énergie de la biomasse .....</b>	<b>5</b>
<b>I.6 L'architecture bioclimatique .....</b>	<b>5</b>
<b>I.6.1 Définition.....</b>	<b>6</b>
<b>I.6.2 Principe de base de l'architecture bioclimatique .....</b>	<b>6</b>
<b>I.6.2.1 Les principes de construction .....</b>	<b>7</b>
<b>I.6.2.2 Les principes de protection .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6.2.3 Les principes de gestion.....</b>	<b>12</b>
<b>I.6.2.4 Principes de l'énergie renouvelable utilisée.....</b>	<b>13</b>

<b>I.6.3</b>	<b>Le confort thermique .....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.3.1</b>	<b>Les enjeux du confort thermique.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.4</b>	<b>L'efficacité énergétique des bâtiments .....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.5</b>	<b>Les principes de la thermique .....</b>	<b>16</b>
<b>I.6.5.1</b>	<b>Les différents modes de transmission de la chaleur.....</b>	<b>16</b>
<b>I.6.5.2</b>	<b>Chaleur et flux de chaleur dans une paroi.....</b>	<b>17</b>
<b>I.6.5.3</b>	<b>La loi de Fourier.....</b>	<b>17</b>
<b>I.6.5.4</b>	<b>Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable à la chaleur... 18</b>	
<b>I.6.5.5</b>	<b>Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable au froid .....</b>	<b>18</b>
<b>I.7</b>	<b>La recherche Sur le confort thermique et les hôpitaux en Algérie .....</b>	<b>18</b>
<b>I.7.1</b>	<b>Evolution de la notion du confort thermique.....</b>	<b>18</b>
<b>I.7.2</b>	<b>Aperçu sur les recherches de l'architecture hospitalière.....</b>	<b>19</b>
<b>I.7.3</b>	<b>Infrastructures hospitalières en Algérie.....</b>	<b>19</b>
<b>I.7.4</b>	<b>Typologie des équipements de santé .....</b>	<b>20</b>
<b>I.7.5</b>	<b>La typologie des équipements de santé se compose de 3 niveaux .....</b>	<b>20</b>
<b>I.8</b>	<b>L'état de l'art .....</b>	<b>20</b>
<b>I.8.1</b>	<b>Les Articles : .....</b>	<b>20</b>
<b>I.8.2</b>	<b>Les thèses.....</b>	<b>23</b>
<b>I.9</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>24</b>

## Chapitre II: Cas d'étude

<b>II.1</b>	<b>Introduction : .....</b>	<b>25</b>
<b>II.2</b>	<b>Présentation du projet : .....</b>	<b>25</b>
<b>II.3</b>	<b>Présentation de la ville : .....</b>	<b>25</b>
<b>II.4</b>	<b>Présentation de la commune de Damous .....</b>	<b>26</b>
<b>II.5</b>	<b>Données Climatologiques .....</b>	<b>26</b>
<b>II.6</b>	<b>Caractéristiques générale du site .....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.1</b>	<b>Climatologie .....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.2</b>	<b>Sismicité.....</b>	<b>29</b>

II.7	Schéma d'organisation d'hôpital : .....	30
II.8	Les plans .....	31
II.9	L'organisation du deuxième étage .....	31
II.9.1	Les caractéristiques de la nature des murs .....	32
II.9.1.1	Parois externes « Panneau sandwich ».....	32
II.9.1.2	Compositions des parois et la menuiserie .....	33
II.9.2	Méthodes de calcul des déperditions de base d'un local .....	34
II.9.3	Le bilan thermique .....	35
II.9.3.1	Bilan thermique en ajoutant la laine de roche : .....	38
II.10	Conclusion .....	39

### Chapitre III: Modélisation

III.1	Introduction.....	40
III.2	Modélisation .....	40
III.2.1	Définition de la modélisation .....	40
III.2.2	Choix de paramètre d'étude.....	40
III.3	Présentation de la méthode de simulation .....	40
III.3.1	Procédures d'injection des données sur Pleiades .....	43
III.3.2	Processus d'application des logiciels .....	44
III.3.2.1	Création d'un fichier météorologique .....	44
III.3.2.2	Description des systèmes constructifs sous Pleiade Comfie .....	45
III.3.2.3	Identification de la station Météorologique .....	48
III.3.2.4	Sous Alcyone.....	48
III.3.2.5	Définition des scénarios :.....	50
III.4	La simulation :.....	59
III.5	Conclusion .....	59

### Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1	Introduction.....	60
IV.2	Présentation de la Simulation .....	60

<b>IV.2.1 Résultats et commentaires des graphes .....</b>	<b>60</b>
<b>IV.2.1.1 Simulation 01 .....</b>	<b>60</b>
<b>IV.2.1.2 Simulation 2 : .....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusion générale : .....</b>	<b>66</b>
<b>Liste des références : .....</b>	<b>66</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>.....</b>

## Liste des figures :

Figure I-1 l'exploitation énergie géothermique .....	5
Figure I-2 L'énergie de la biomasse.....	5
Figure I-3 La relation des 3 acteurs bioclimatiques. ....	6
Figure I-4 Conception Bioclimatique Maison à énergie Positive .....	7
Figure I-5 La ventilation naturelle .....	9
Figure I-6 la VMC double flux .....	9
Figure I-7 La présence de végétation en périphérie de la maison . ....	11
Figure I-8 Jardin sur le toit.....	11
Figure I-9 la composition d'une toiture végétalisée avec des détails.....	12
Figure I-10 Types des brises soleil.....	12
Figure I-11 Plan maison écologique.....	15
Figure I-12 : représentation d'un puits canadien.....	16
Figure I-14 : flux de chaleur dans le mode chaud et froid .....	17
Figure II-1 L'Unité chirurgicale de l'hôpital Ali Baji -DAMOUS-.....	25
Figure II-2 Situation géographique de la commune de Damous.....	26
Figure II-3 durée d'insolation à Damous, source: Meteonorm.....	26
Figure II-4 Précipitation à Damous, source: Meteonorm.....	27
Figure II-5 Rayonnement global journalier à Damous, source: Meteonorm .....	27
Figure II-6 Rayonnement à Damous, source: Meteonorm .....	28
Figure II-7 la Température en C° à Damous, source: Meteonor .....	28
Figure II-8 Température journalière à Damous, source: Meteonorm .....	29
Figure II-9 carte de sismicité de l'Algérie .....	30
Figure II-10 organigramme de l'hopital Ali Badji.....	30
Figure II-11 : plan de deuxième étage.....	31
III-1 interface pleiades .....	41
Figure III-2: Interface Alcyone .....	42
Figure III-3: interface Meteonorm 7 .....	43
Figure III-4 Procédures d'injection des données sur Pleiades .....	43
Figure III-5 : création de la station.....	44
Figure III-6 : la sélection du site .....	44
Figure III-7: la sauvegarde des résultats .....	45
Figure III-8 : mur interieure .....	45
Figure III-9: mur exterieure.....	45
Figure III-10 : plancher intermediaire.....	46

Figure III-11: caractéristique de fenêtre en aluminium.....	46
Figure III-12 caractéristique de fenêtre en PVC .....	46
Figure III-13 : caractéristique de la porte métallique .....	46
Figure III-14 la composition du plancher intermédiaire après l'isolation .....	47
Figure III-15 : identification de la station météorologique sous pleiades et confie 3.2 .....	48
Figure III-16: Insertion des éléments constructifs sous Alcyone .....	48
Figure III-17 : plan tracé avec alcyon .....	49
Figure III-18: plan en 3D sous l'alcyon .....	49
Figure III-19: exportation du plan vers pleiades .....	50
Figure III-20 scénario d'occupation zone 1: chambres.....	51
Figure III-21 scénario d'occupation zone 2: Bureaux .....	51
Figure III-22 scénario d'occupation zone 3 : salle d'opération .....	52
Figure III-23 scénario d'occupation zone 4: salle de réveil.....	52
Figure III-24 scénario d'occupation zone 5: salle de préparation.....	53
Figure III-25 Scénario d'occupation zone 6 .....	53
Figure III-26 scénario d'occupation zone 7: couloir.....	54
Figure III-27 consigne thermostat zone 1 .....	54
Figure III-28 consigne thermostat zone 2 .....	55
Figure III-29 consigne thermostat zone 3 .....	55
Figure III-30 consigne thermostat zone 4 .....	56
Figure III-31 consigne thermostat zone 05 .....	56
Figure III-32 consigne thermostat zone 6 .....	57
Figure III-33 consigne thermostat zone 7 .....	57
Figure III-34 scénario de ventilation .....	58
Figure III-35 Lancement de la simulation.....	59
Figure IV-1 graphe de température sans consigne thermostat pour la première simulation...	60
Figure IV-2 les besoins de chauffage sans consigne thermostat simulation 01 .....	61
Figure IV-3 graphe de température avec consigne thermostat pour la 1 <sup>er</sup> simulation.....	61
Figure IV-4 des besoins et la puissance de chauffage simulation 01 .....	62
Figure IV-5 graphe de température du 2 <sup>em</sup> simulation sans consigne thermostat .....	62
Figure IV-6 besoins de chauffage du 2 <sup>em</sup> simulation sans consigne thermostat.....	63
Figure IV-7 graphe de température avec consigne thermostat pour la 2 <sup>em</sup> simulation.....	63
Figure IV-8 les besoins et la puissance de chauffage du 2 <sup>em</sup> simulation.....	64
Figure I-1 L'histogramme des températures et le taux de confort des deux simulations sans consigne thermostat.....	68

Figure I-2 L'histogramme des besoins et la puissance de chauffage des deux simulations avec consigne thermostat.....69

## Liste des tableaux :

Tableau II-1 legende deuxième étage.....	32
Tableau II-2 : composition des parois .....	33
Tableau II-3 : la menuiserie.....	33
Tableau II-4 descriptif synthétique des quatre méthodes de calcul des déperditions de base d'un local .....	34
Tableau II-5 : coefficient de transmission thermique (K) d'éléments de construction (en W.m- <sup>2</sup> .K-1) .....	35
Tableau II-6: les matériaux isolants et leurs caractéristiques.....	37
Tableau II-7: les avantages et lesinconvinients de la laine de roche.....	38
Tableau II-8 Composition du plancher intermediaire haut après l'isolation .....	38

# Introduction Générale

## **Introduction générale et Problématique**

L'énergie, un des piliers fondamentaux de l'architecture écologique, et sa production occupe de nos jours les débats multidisciplinaires (économiques, politiques, etc.).

L'enjeu d'économie d'énergie est plus important dans les pays en développement que dans les pays industrialisés. Par exemple, la consommation des hôpitaux climatisés en Afrique subsaharienne dépasse les 400 kWh/m<sup>2</sup>.an par rapport à une consommation moyenne de 320 kWh/m<sup>2</sup>.an dans le secteur sanitaire et social en France. Cela semble évident que la question de la maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé, principalement dans les pays en développement, est très importante. [1]

En effet, les établissements de santé sont des gros consommateurs en énergie. Les divers postes spécifiques tels que la cuisine, la blanchisserie, la stérilisation, la radiologie, les laboratoires internes et les blocs opératoires consomment beaucoup d'énergie. Ainsi, l'énergie est un élément essentiel dans le fonctionnement d'un hôpital et le moindre manque peut avoir de lourdes conséquences. De ce fait, le milieu hospitalier reste un domaine difficile en termes de réduction d'énergie vis-à-vis des gestionnaires. Mais de multiples solutions existent et pourraient diminuer la facture énergétique qui représente un poids non négligeable dans le budget d'un bâtiment de santé.

Parmi ces solutions, « L'architecture bioclimatique » qui est une discipline de l'architecture qui allie l'environnement Géographique et climatique avec les modes de vie des habitants pour optimiser le confort, la santé, tout en respectant l'environnement. Cette architecture cherche à diminuer les besoins énergétiques d'un bâtiment durant sa vie tout en tenant compte de la préservation d'un environnement urbain sain et agréable en utilisant des matériaux d'isolation thermique, création du microclimat « La végétalisation du site et des abords du logement », gérer la ventilation ... et aussi l'intégration des systèmes active dans l'habitat comme les capteurs solaires thermique pour la production d'eau chaude, les panneau photovoltaïque pour la production d'électricité. Ces systèmes marchent par des énergies renouvelables qu'ils deviennent une préoccupation importante.

L'utilisation rationnelle de ces énergies occupe une place prépondérante, elle permet d'économiser sur le moyen et le long terme. Ce sont des énergies inépuisables, verte

## Introduction Générale et problématique

alternative, propre .Leur exploitation n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir. Aujourd'hui, elles sont sous-exploitées par rapport à Leur potentiel. Ainsi, les énergies renouvelables couvrent seulement 20 % de la consommation mondiale d'électricité. La demande mondiale d'énergie primaire a augmenté rapidement en raison de l'augmentation de la population et l'industrialisation. Plus d'un tiers de la demande énergétique dans le monde est utilisée dans le secteur résidentiel.

Cette solution proposée engendre des économies d'énergie qu'ils pourraient être affectés à d'autres utilisations comme la modernisation des équipements.

L'objectif principal de ce mémoire est de faire une étude thermique de la consommation totale de l'hôpital Ali Badjii commune de Damous wilaya de Tipaza et faire une amélioration nécessaire sur la composition des parois pour le but d'améliorer le confort thermique et minimisé la consommation énergétique de l'hôpital.

Ce mémoire est devisé par 4 chapitres :

-Chapitre 1 : concerne le corpus théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche, à travers des généralités sur les énergies renouvelables et une recherche Sur le confort thermique et un état de l'art sur la consommation énergétique des hopitaux.

-Chapitre 2 : donne une définition de l'hôpital Ali Badjii (matériaux, orientation, emplacement, climat), et le bilan thermique de l'enveloppe d'hôpital.

-Chapitre 03 : il concerne la modélisation.

-Chapitre 04 : qui contient les résultats et discussions sur la modélisation du projet.

Et en finira notre travail par une conclusion générale et perspectives.

# **Chapitre I :**

## **Généralités et état de l'art**

## **I.1 Introduction**

L'énergie est la base de toute activité et de toute vie sur la terre. L'énergie sous toutes ses formes est incontestablement un des paramètres les plus prépondérants dans le développement et la croissance économique d'un pays. Une bonne gestion de l'énergie, est l'un des enjeux majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle pour les pays développés comme pour les pays en voie de développement.

## **I.2 Les énergies renouvelables**

Energie est dite renouvelable lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent. Ces énergies sont issues de phénomènes naturels, réguliers ou constants qui leur rendement inépuisable. [2]

Elles sont également parfois surnommées « énergies propres » ou « énergies vertes », leur exploitation engendre très peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est beaucoup plus faible que celui des énergies non renouvelables.

Aujourd'hui les différents gouvernements cherchent à accroître la part d'énergie d'origine renouvelable sur le marché de l'énergie afin de lutter pour la sauvegarde de l'environnement. [2]

## **I.3 L'énergie renouvelable dans le monde**

Deux applications jumelles, le rapport mondial sur les énergies renouvelables <<Renewables 2013 Global Status Report>> publié par REN21 et le rapport <<Global Trends in Renewable Energy Investment 2013>> (tendances mondiales de l'investissement dans les énergies renouvelables) produit par la Frankfurt School-PNUE et BNEF, lancée conjointement le 12 juin 2013, font le point sur les Energies renouvelables dans le monde.

La demande globale pour les énergies renouvelables n'a cessé d'augmenter au cours de 2011 et de 2012 et leur part représentait en 2011(dernière année disponible pour cet indicateur) pas moins de 19% de la consommation finale d'énergies mondiale, dont un peu moins de la moitié sous forme de biomasse traditionnelle ,contre 2.8% pour l'énergie nucléaire et de 78.2% pour les combustibles fossiles. [2]

## **I.4 Potentiel national en énergie renouvelables**

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire nationale dépasse les 2000 heures annuellement atteint les 3900 heures (Hauts plateaux et Sahara).

L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est le l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/ m<sup>2</sup> /an au Nord et 2263 KWh/ m<sup>2</sup> /an au sud de pays. [2]

## **I.5 Les types d'énergies renouvelables**

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement. Elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies à moyen et long terme. En fonction de la situation géographique, plusieurs types d'énergies renouvelables utilisables : [3]

### **I.5.1 L'énergie des courants**

Le rayonnement solaire est à l'origine des flux atmosphériques et des précipitations qui ont pour principales conséquences la formation et la circulation des cours d'eau. Ressources hydrauliques

Et surtout éoliennes sont les énergies les plus anciennement utilisées pour produire directement un travail mécanique. Il y a deux types essentiels de cette technique :

- La force hydraulique (énergie hydraulique)
- Le vent (énergie éolienne). [3]

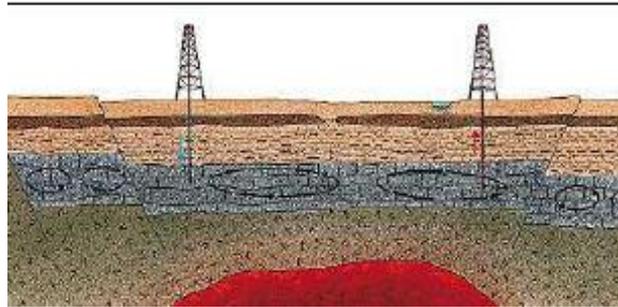
### **I.5.2 L'énergie solaire**

Ce que l'on désigne par énergie solaire est le rayonnement émis dans toutes les directions par le soleil, et que la Terre reçoit à raison d'une puissance moyenne de 1,4 kW/m<sup>2</sup>, pour une surface perpendiculaire à la direction Terre-Soleil. Ce flux solaire est atténué lors de la traversée de l'atmosphère par absorption ou diffusion, suivant les conditions météorologiques et la latitude du lieu ; au niveau du sol, la puissance restante est de l'ordre de 1 kW/m<sup>2</sup>. [3]

### **I.5.3 L'énergie géothermique**

Le noyau de la Terre contient des éléments Radioactifs tels que l'uranium dont la désintégration produit de la chaleur (Radioactivité). Mis à part les manifestations naturelles

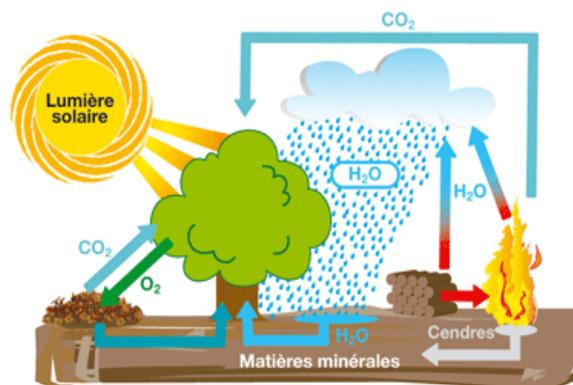
parfois violentes que constituent Les volcans, cette chaleur se propage vers la surface, et échauffe des nappes aquifères situées entre 500 et 2 000 m de profondeur. Ce sont les nappes les plus profondes qui sont portées à la température la plus élevée ; le gradient géothermique, qui est de l'ordre de 3 °C par 100 m, peut atteindre 100 °C par 100 m dans les zones limites de plaques. Suivant la profondeur des nappes et la température de l'eau disponible, on distingue la géothermie de très basse, basse, moyenne, et haute énergie. [3]



*Figure I-1 l'exploitation énergie géothermique [4]*

#### **I.5.4 L'énergie de la biomasse**

La biomasse est tout ce que produisent la terre et les milieux aquatiques sous l'action du rayonnement solaire : arbres, plantes, algues. Les déchets des industries de transformation du bois, ainsi que certaines cultures énergétiques.



*Figure I-2 L'énergie de la biomasse [5]*

#### **I.6 L'architecture bioclimatique**

L'une des fonctions premières du bâtiment est de protéger l'homme des agressions du climat, c'est son rôle d'abri.

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de tirer les meilleures parties des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs.

Le concept « bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat. [6]

### I.6.1 Définition

- a. **Bio** : fait référence à la vie et à la biologie et aussi à la nature au sens large
- b. **Climatique** : fait référence à la condition climatique d'un lieu

L'architecture bioclimatique vise à intégrer le bâtiment aux conditions d'ambiances locales du milieu géographique, socioculturel et même économique.

Elle consiste à créer un climat de bien être dans les locaux avec des températures agréables, une humidité contrôlée une bonne ventilation et un éclairage naturel et abondant et elle respecte l'environnement.

Elle est pour récupérer au maximum les apports passifs et limitant les déperditions lorsque les moyens mécaniques s'avèrent nécessaires. [6]

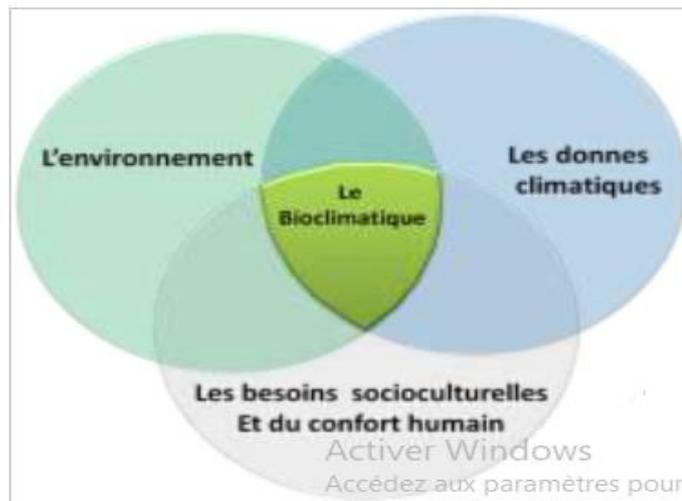


Figure I-3 La relation des 3 acteurs bioclimatiques. [6]

### I.6.2 Principe de base de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique est une architecture qui profite au maximum des apports naturels du soleil par des aménagements simples et une conception adéquate. [6]

De ce fait, les objectifs visés simultanément par un bâtiment adapté aux climats chauds et humides, en vue du confort thermique de l'homme sont basés sur les principes qu'on a groupés sur 5 groupes à savoir :

- Les principes de construction

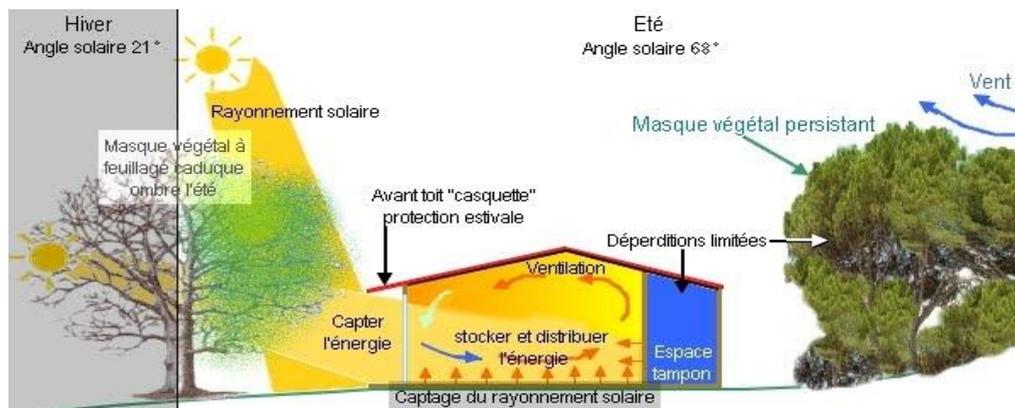
- Les principes de protection
- Les principes d'organisation des espaces
- Les principes de gestions
- Les principes de l'énergie renouvelable utilisée

### I.6.2.1 Les principes de construction

#### a. L'implantation du bâtiment sur le terrain

C'est la première étape de l'architecture bioclimatique. Les obstacles naturels et artificiels, le choix des orientations des façades, l'environnement immédiat du bâtiment ont \*\*\*\*\*une influence significative sur les conditions de confort thermique à l'intérieur de celui-ci. [6]

L'étude du terrain et du climat permet d'exploiter au mieux le potentiel de rafraîchissement et de protection solaire.



*Figure I-4 Conception Bioclimatique Maison à énergie Positive [7]*

#### b. L'orientation

Il faut orienter correctement la maison vers les vents dominants. Toutefois, la direction du vent peut être différente selon les sites.

Ainsi, il peut être intéressant de ne pas être orienté totalement face au vent en saison des pluies, surtout en bord de la mer.

### **c. Ventilation**

Il est très important de renouveler l'air de la maison. D'une part pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent, mais également pour apporter un air neuf et éliminer l'excès d'humidité.

Si pendant longtemps l'aération se faisait naturellement, les progrès dans l'isolation sont tels, que la maison peut être totalement « étanche » si on n'installe pas un système de ventilation performant. Une circulation d'air efficace est nécessaire autant pour la santé de la maison que pour celle de ses habitants. [6]

On a deux systèmes de ventilation, ventilation naturelle et ventilation mécanique contrôlée

- **Ventilation naturelle**

En positionnant des grilles d'aération basses et hautes dans chacune des pièces de la maison, l'air circule naturellement. C'est la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur qui sert de « moteur ». Mais sachez que ce système peut s'avérer trop efficace en hiver et pas assez en été.

- **Ventilation mécanique contrôlée ou VMC**

Il s'agit d'une installation plus ou moins sophistiquée. Équipées d'un moteur et de ventilateurs, les VMC permettent de renouveler en permanence l'air. Et elle pourrait être :

- **VMC simple flux**

L'air frais provenant de l'extérieur, par les réglettes des fenêtres, circule d'abord par les pièces à vivre, il est ensuite évacué par les pièces de services équipées d'un groupe d'extraction. La VMC simple-flux auto réglable offre un débit d'air constant, quels que soient le climat externe et les conditions à l'intérieur du bâtiment, et extrait en même temps les calories qu'il contient. La VMC hygroréglable a un débit d'air qui varie en fonction du taux d'humidité intérieur.

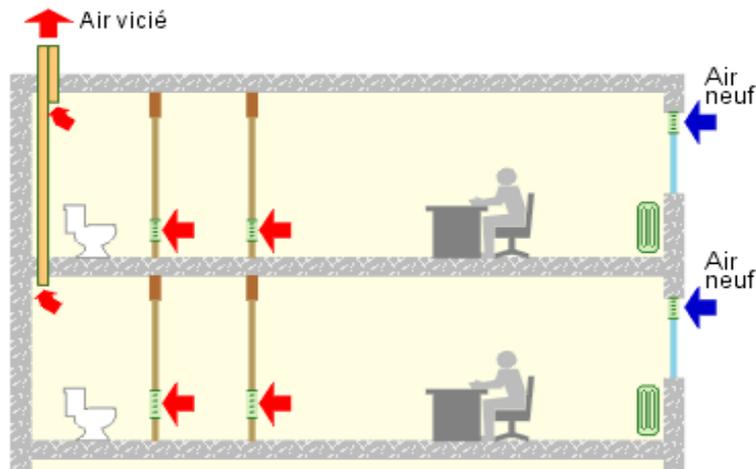


Figure I-5 La ventilation naturelle [6]

– VMC double flux avec récupération de chaleur

Elle permet de faire des économies de chauffage en récupérant, dans l'échangeur, les calories de l'air vicié qui est extrait de la maison. De plus, elle offre un confort appréciable en faisant circuler un air de qualité. Elle fonctionne avec un moteur électrique à faible consommation.

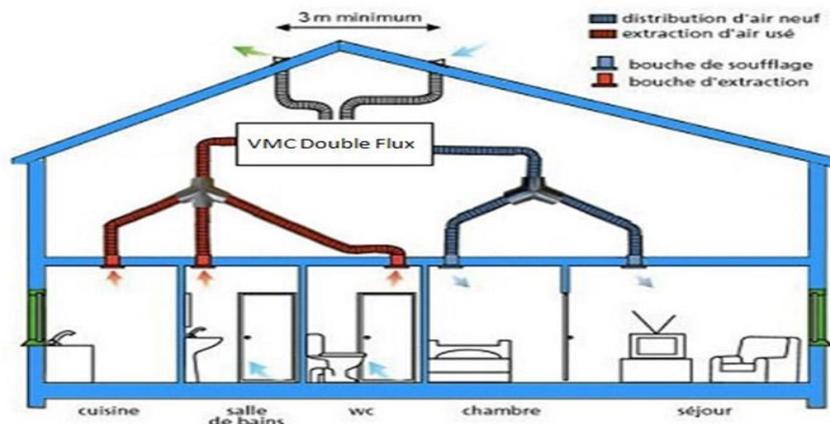


Figure I-6 la VMC double flux [8]

d. Matériaux de construction

Afin d'éviter d'utiliser des matériaux qui demandent beaucoup d'énergie et d'eau et qui génèrent un impact important sur l'environnement, la solution est d'employer des matériaux provenant de matières recyclées ou des matériaux écologiques, et dans la mesure du possible fabriqués localement, les matériaux indigènes c'est-à-dire. [6]

### **e. Les matériaux isolants**

De très nombreux produits sont disponibles et il est important de bien les choisir [6]:

- Les isolants minéraux : laine de verre, laine de roche, argile expansée, verre cellulaire.
- Les isolants naturels : fibre de bois, fibre de lin, fibre de coco, toiture végétalisée, liège, chanvre, laine de mouton, laine de coton, ouate de cellulose.
- Les isolants synthétiques : polystyrène expansé, polythène.
- L'isolante nouvelle génération : brique mono mur ou parpaing mono mur.

### **f. Les sols, les dalles et les planchers**

Les sols sont responsables d'environ 10% des déperditions thermiques, d'où l'intérêt de les isoler [6]. Avant la pose d'un carrelage au rez-de-chaussée, la réalisation d'une chape isolante évitera la fuite des calories vers le bas. Entre deux étages habités, une chape en béton léger de 10 cm, réalisée en granulats de chanvre ou de liège, offrira en plus d'une isolation thermique, une isolation phonique aux bruits d'impact : isolant en vrac de type chanvre ou cellulose, panneau amortissant en lame de bois qui permet de désolidariser les structures.

L'occupation des divers espaces d'un habitat varie en fonction du rythme des Saisons et des journées. Définir les besoins thermiques des différents espaces permet de les disposer

Rationnellement les uns par rapport aux autres. On sépare les espaces nécessitent plus de chaleur en hiver par des espaces intermédiaires dits tampons qui jouent le rôle de transition et de protection thermique.

#### **I.6.2.2 Les principes de protection**

##### **a. La végétalisation comme protection solaire**

Une autre technique pour se protéger des rayons du soleil est la végétalisation. Les plantes vont absorber les rayons du soleil. Elles ont l'avantage de limiter le ruissellement et de maintenir une température plus fraîche que celle de l'air ambiant. De plus cette technique est idéale pour intégrer au mieux la maison au paysage environnant. [6]



*Figure I-7 La présence de végétation en périphérie de la maison. [9]*

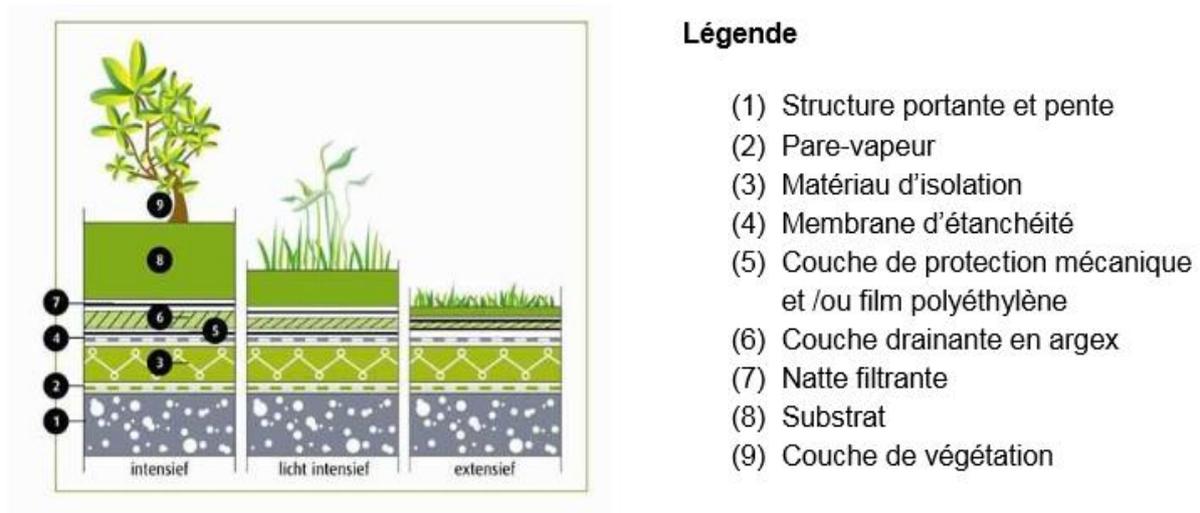
### **b. Un jardin sur le toit**

Les toitures végétalisées aussi appelées toits verts ou « éco-toits » ont pourtant des avantages écologiques et esthétiques indéniables. Le principe de la toiture végétale est de recouvrir de végétaux un toit plat ou à faible pente. Il consiste en un système d'étanchéité, recouvert d'un complexe drainant et d'un substrat de plantation léger, qui accueille un tapis de plantes pré-cultivées à faible développement (sédum, vivaces, graminées...) d'environ 10 à 15 cm d'épaisseur. [6]

Cette technique cumule beaucoup d'avantages en participant aux économies d'énergie induites par le rôle d'isolation thermique l'hiver, en régulant le confort thermique d'été grâce à l'hygrométrie apportée par la végétation.



*Figure I-8 Jardin sur le toit [10]*



*Figure I-9 la composition d'une toiture végétalisée avec des détails [11]*

### c. Brise soleil :

En plus des espaces verts nous pouvant faire appel au différents éléments bioclimatique tel que les volets en bois pour les fenêtres ou jouer avec les espaces afin de créer des brise soleil naturel et bien intégré au projet.



*Figure I-10 Types des brises soleil [12]*

Sur l'image, on a :

**À droite** : un exemple de brise soleil vertical, particulièrement adapté pour les orientations Est et Ouest.

**À gauche** : un exemple de brise soleil sous forme d'avancée de toiture- plus adapté pour les orientations Sud.

### I.6.2.3 Les principes de gestion

#### a. Gestion de l'eau

- Récupération des eaux de pluie
- Récupération des eaux usées

- Gestion des déchets d'activités
- Valorisation organique
- Valorisation matière Valorisation énergétique

#### **I.6.2.4 Principes de l'énergie renouvelable utilisée**

Ces énergies sont largement disponibles à la surface de la terre et leur emploi permet actuellement d'obtenir des installations à faible et moyenne puissance, appropriée à l'échelle domestique :

- La chaleur peut être captée directement par les fenêtres ou les capteurs solaires et peut également être transformée en énergie électrique grâce aux cellules photovoltaïques.
- Le rayonnement solaire est également à l'origine des mouvements de la masse d'air, Lesquels par différences de température et de pression, produisent l'énergie éolienne.
- L'énergie hydraulique est alimentée par l'eau, restitué au cycle naturel par les précipitations après évaporation à la surface des océans.
- La biomasse végétale est le résultat de la transformation par photosynthèse du rayonnement solaire : elle peut être considérée comme une énergie flux (exploitation avec replantation) ou comme une énergie stock (déforestation sans replantation).
- L'énergie géothermique, chaleur stockée dans la masse terrestre, peut également être exploitée pour, entre autres, le chauffage des édifices (bassin parisien, Islande, Alaska, etc....). [6]

#### **I.6.3 Le confort thermique**

Le confort thermique est défini comme : «Un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique.

Le sentiment de confort est un mélange de sensations qui est fonction de chaque personne, de son mode de vie, de ses habitudes.

Le confort thermique concerne principalement la température intérieure des pièces, sa répartition harmonieuse dans l'espace et la qualité de l'air ambiant.

##### **I.6.3.1 Les enjeux du confort thermique**

###### **a. Les économies**

À l'usage, les économies d'énergie directes et aussi celles liées à l'investissement des équipements de chauffage sont importants. Il est évident que le dimensionnement

Equipement de chauffage ne peut être réalisé qu'une fois définie le niveau d'isolation recherché

### **b. La qualité de l'air**

Une maison confortable, isolée, étanche à l'air, ventilée garantira un air neuf et sain, sans Excès de vapeur d'eau, sans risque de pathologie liée à une humidité ambiante mal contrôlée.

### **c. La pérennité du bâti**

Corollaire de l'isolation, de la ventilation, le confort thermique durable apporte au bâtiment une longévité qui lui évite tous les désagréments identifiés.

L'humidité engendre les moisissures et des désordres souvent irréversibles comme Le salpêtre sur les parois, la condensation sur les parties froides du bâtiment...

## **I.6.4 L'efficacité énergétique des bâtiments**

### **a. La contribution de la conception bioclimatique en neuf**

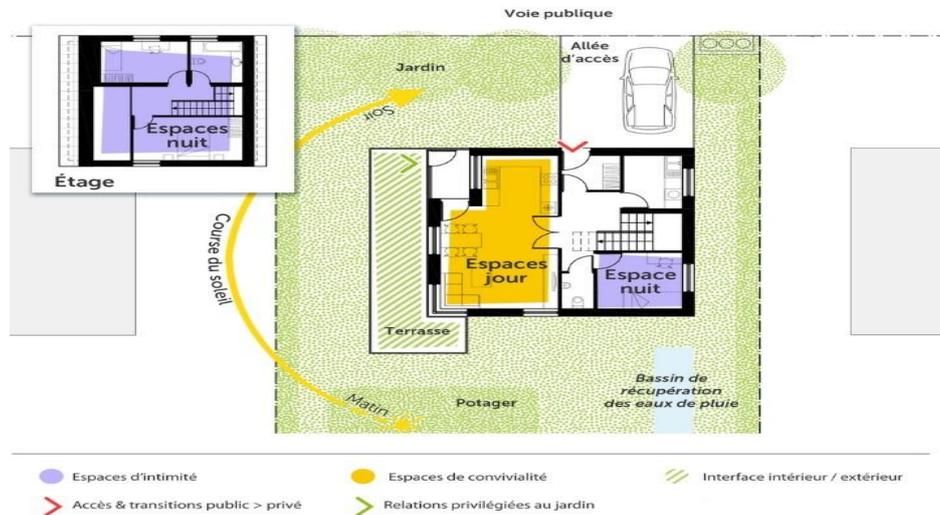
Au-delà du contrôle des déperditions pour la qualité de l'enveloppe du bâtiment, d'autres critères, à retenir lors de conception d'un bâtiment, permettent de réduire encore les déperditions et de profiter des apports énergétiques, notamment solaires.

Pour les bâtiments neufs, des mesures doivent être prises en amont pour exploiter les possibilités de protection passive, en fonction de la localisation géographique. En Algérie, des zones climatiques ont été définies, dans le cadre de la réglementation thermique des bâtiments d'habitation [13]. Et fixent aux constructions des règles de conception leur permettant d'améliorer la prise en compte des apports solaires.

### **b. Conception**

L'architecture intérieure a également un rôle à jouer. Elle peut agir sur la profondeur, la forme et l'aménagement des pièces exposées au rayonnement direct du soleil. De même, chaque zone de vie doit être positionnée en fonction du moment de la journée où les personnes y passent le plus de temps. Par exemple, dans une maison, le séjour peut être placé au sud ou à l'ouest, les chambres et la cuisine à l'est, la salle de bains au sud. Les pièces de desserte et de service, celliers, garage, locaux techniques... peuvent être utilisées comme autant d'espaces tampon orientés au nord [6].

Une fois la meilleure orientation définie, le concepteur doit faire en sorte que le bâtiment acquière une bonne inertie. Un haut niveau d'isolation sur toutes les parties du bâtiment, et spécialement de la toiture, contribue à la diminution des apports de chaleur.



*Figure I-11 Plan maison écologique [14]*

### c. Protection des parois vitrées

La distribution des ouvertures constitue un enjeu important. Mieux vaut éviter les expositions directes est ou ouest qui suivent la courbe du soleil. L'exposition ouest est la plus déconseillée car elle cumule la chaleur de matinée et l'exposition directe du soleil l'après-midi. L'exposition sud est souvent la plus intéressante pour respecter le confort d'été et récupérer les apports solaires gratuits l'hiver.

Un autre type de protection, fixe celui-ci, peut être réalisé au niveau de la construction. Les pare-soleil, les brise-soleils, les balcons, les avancées de toiture, les décrochements de façade sont de véritables éléments architecturaux qui participent à la façade et au confort. Aération et ventilation

Il est conseillé d'organiser une stratégie de ventilation, de manière à évacuer la chaleur. Les stores et volets doivent rester fermés pour garder une ambiance fraîche, la ventilation doit être adaptée pour limiter les infiltrations de Chaleur extérieure dans la journée et récupérer l'air frais du dehors pendant la nuit. [6]

### d. Apports gratuits

Au-delà des apports solaires, d'autres solutions complémentaires permettent de gagner des degrés toujours précieux comme les puits canadiens ou provençaux, des solutions

intéressantes. Ils ont pour but de limiter les consommations d'énergie liées au chauffage et à la climatisation, ou même éviter l'installation d'un système de climatisation.

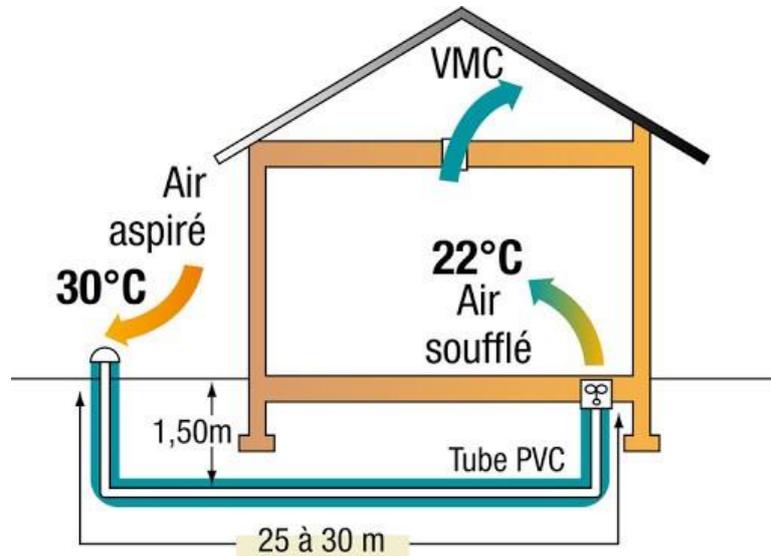


Figure I-12 : représentation d'un puits canadien [15]

### I.6.5 Les principes de la thermique

Limiter les transferts de chaleur en maîtrisant les échanges thermiques : en hiver, diminuer les déperditions calorifiques et donc ralentir les flux de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. En été, c'est ralentir la progression de la chaleur et limiter les consommations d'énergie liées à la climatisation.

#### I.6.5.1 Les différents modes de transmission de la chaleur

##### a. Transmission de la chaleur par conduction

Concerne principalement les corps solides et les fluides

##### b. Transmission de la chaleur par convection

Concerne principalement les gaz et les fluides. L'air circule par différence de température entre deux points en raison de la variation de masse volumique. Par exemple, l'air chaud monte et la chaleur se dissipe en «Frottant sur les parois ».

##### c. Transmission de la chaleur par rayonnement (infrarouge)

Toute matière absorbe et émet un rayonnement en fonction de sa température et de son émissivité, l'échange de chaleur se faisant en fonction du vecteur de propagation (air ou vide). Le transfert de chaleur par rayonnement ne nécessite pas de vecteur de propagation.

### I.6.5.2 Chaleur et flux de chaleur dans une paroi

Lorsque deux corps de températures différentes sont en présence, le corps la plus chaude rayonne plus d'énergie qu'il n'en absorbe et le corps le plus froid absorbe plus d'énergie qu'il n'en rayonne. Cela dépend de leur émissivité.

#### a. Chaud et froid

Tous les matériaux sont composés de particules élémentaires en perpétuel mouvement. L'apport de chaleur ou d'énergie contribue à augmenter l'agitation interne des molécules du matériau, qui alors se réchauffe.

Par conséquent, le refroidissement de ce même matériau contribue à une diminution de l'agitation interne ou une restitution de l'énergie. C'est le refroidissement du matériau qui contribue à la diminution de l'agitation moléculaire. [6]

#### b. Fuite de la chaleur

Quand la température extérieure est de moins 5 °C et la température intérieure de 20 °C, la différence entre ces deux niveaux de température crée un phénomène physique de transfert d'énergie qui provoque la fuite de la chaleur [6]

#### c. Flux de la chaleur

Cette fuite d'énergie ou de chaleur est appelée flux de chaleur symbolisé par ( $\phi$ ). C'est la quantité d'énergie ou de chaleur passant au travers de 1 m<sup>2</sup> de paroi pendant une seconde. [6]



Figure I-13 : flux de chaleur dans le mode chaud et froid [6]

### I.6.5.3 La loi de Fourier

La loi fondamentale de Fourier, régissant le flux de chaleur ( $\phi$ ) dans une paroi homogène, s'exprime par la formule :

$$\Phi = \lambda \cdot \Delta T / e$$

Cette loi fondamentale montre que le flux de chaleur traversant une paroi dépend :

- du  $\lambda$  du matériau constituant la paroi : plus son  $\lambda$  est faible, plus la paroi est Isolante (pour une paroi d'épaisseur égale)
- de l'épaisseur de la paroi [e]
- de l'écart de température entre extérieur et intérieur [ $\Delta T$ ]

#### **I.6.5.4 Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable à la chaleur**

- Climatisez le lieu de travail si possible; réglez les diffuseurs d'air pour éviter les courants d'air sur les travailleurs ou, encore, aménagez les postes de travail en conséquence.
- Révisez et adaptez le réseau de distribution d'air au moment d'effectuer des changements à l'aménagement des lieux.
- Limitez l'utilisation d'appareils électriques (ex. : cafetière, lampe, ordinateur) lorsqu'elle n'est pas indispensable.
- Filtrez les rayons du soleil à l'aide de stores.
- Déplacez les objets pouvant nuire au bon fonctionnement du système de ventilation.
- Adoptez une tenue vestimentaire adaptée au niveau d'activité et à l'ambiance thermique du lieu de travail. [16]

#### **I.6.5.5 Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable au froid**

- Le chauffage par une chaudière à gaz.
- Les bouches de chauffage sous les fenêtres de façon à neutraliser les surfaces froides et à Réchauffer les courants d'air ou les infiltrations.
- Une révision du système d'aération à chaque changement d'utilisation des pièces. [16]

### **I.7 La recherche Sur le confort thermique et les hôpitaux en Algérie**

#### **I.7.1 Evolution de la notion du confort thermique**

Depuis des millénaires, l'homme cherche comment assurer son confort thermique. Par ailleurs, il a commencé de construire des habitations de manière à ce qu'elles soient orientées vers le soleil afin de profiter de sa chaleur. [17]

Par après, au 12eme siècle, la création du poêle à bois qu'il était considéré comme Un premier pas vers la pensée écologique dans ce domaine car il utilise la biomasse. A la fin du 19eme siècle et au début de 20eme siècle, c'était la découverte de nouvelles sources d'énergie comme la houille et le charbon de bois qui étaient utilisés pour la cheminée et le poêle.

A la suite de cette découverte, la cheminée électrique est apparue comme un élément

de confort thermique et de luxe jusqu'à l'invention du chauffage centrale qui peut réchauffer plusieurs pièces à partir d'un générateur de chaleur.

### **I.7.2 Aperçu sur les recherches de l'architecture hospitalière**

De nombreuses recherches ont été réalisées sur l'architecture hospitalière. En effet, la pensée sur l'hôpital comme espace humain sensible et particulier n'est pas récente, elle a commencé lorsque les gens ont compris que l'hôpital doit être avant tout conçu pour le bien être des malades. [18]

A la fin des années soixante, les réflexions ont été dirigées vers la nécessité d'une architecture hospitalière qui évolue rapidement. L'ouvrage d'Isadore Rosenfield et Zachary Rosenfield "Hospital architecture and beyond ", constitue l'une des premières initiatives dans cette perspective.

L.COSIN, est parmi les chercheurs qui ont mis en lumière l'architecture hospitalière à travers ses travaux sur des cas particuliers d'étude comme "Architectural and Functional Planning for a Geriatric Day Hospital" en 1971. Une quinzaine d'année avant, une autre étude qui a été élaboré dans la même directive et qui s'intitule "The establishment of geriatric wards in large hospitals".

En 1976, c'était la publication officielle du fameux ouvrage "Les machines à guérir : aux origines de l'hôpital moderne" qui a critiqué l'histoire hospitalière du XVIII siècle.

Pour le même auteur, et dans la même perspective, nous avons "L'incorporation de l'hôpital dans la technologie moderne" qui insiste sur l'idée que l'hôpital ne commençait sa fonction qu'après le XVIII siècle et à partir de ce moment qu'on marqua l'apparition de la médecine de l'individu et de la population. [19]

Au début des années 2000, les chercheurs ont donné beaucoup d'intérêt aux principes fonctionnels des hôpitaux et ils ont mis en valeur l'ergonomie hospitalière et l'impact de l'architecture et des ambiances. Parmi ces travaux, l'étude de Jocelyn Villeneuve "The Contribution of Ergonomics to the Design of Hospital Architecture. [17]

Les recherches réalisées dans les années suivantes, ont tous pour objectif d'améliorer le niveau du confort pour les patients en première considération, ainsi que l'équipe médicale ceci en assurant un bon milieu pour une meilleure ergonomie hospitalière.

### **I.7.3 Infrastructures hospitalières en Algérie**

Le secteur de la santé en Algérie compte 185 hôpitaux, dont 13 Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) 2 en plus des polycliniques et des salles de soins. Ces hôpitaux sont des

structures sanitaires, sises sur le territoire algérien, qui dépendent des 48 Le nombre de lits d'hôpital avait atteint 65 000 lits en 2013 dans l'ensemble des structures hospitalières de l'Algérie qui sera dotée de 90 000 lits d'hôpital supplémentaires à l'horizon 2019, pour atteindre une capacité totale de 155 000 lits, ce qui la hissera au niveau des normes internationales. [20]

### **I.7.4 Typologie des équipements de santé**

Les infrastructures sanitaires, qu'elles soient publiques, confessionnelles ou privées constituent le fondement du processus de développement sanitaire. C'est en leur sein, que les populations sont prises en charge, pour des soins et peuvent y trouver des conseils. Les centres de santé sont également le lieu de formation, et de perfectionnement des ressources humaines en santé.

En effet, ils jouent un rôle important dans l'appui des différents projets et programmes de santé, en vue de leur exécution, leur suivi et leur évaluation, grâce au système de monitoring.[20]

### **I.7.5 La typologie des équipements de santé se compose de 3 niveaux**

Le premier niveau fournit des soins primaires et comprend les centres médicaux publics, les centres de santé et de promotion sociale, les cabinets médicaux, les- cabinets dentaires, les cabinets de soins infirmiers, les cliniques d'accouchement, les maternités et les dispensaires isolés.

Le deuxième niveau de soins regroupe les centres médicaux avec antenne chirurgicale, les centres médicaux privés, les cliniques et les polycliniques.

Le troisième niveau regroupe les établissements de soins spécialisés et concerne uniquement les CHU. [20]

## **I.8 L'état de l'art**

Cherche à réaliser le confort thermique dans les hôpitaux et faire une étude thermique et est un thème qui à intéresser plusieurs auteurs. notre recherche s'est faite à travers des documents scientifiques, mémoires de fin d'études, thèses de magister et doctorat, articles, revues..., ainsi de la consultation des cas d'études réels et des projet réalisés dans le monde.

### **I.8.1 Les Articles**

**a) Enquête sur le confort thermique dans les chambres des malades. Étude comparative entre l'hôpital ancien et l'hôpital neuf à Biskra**

Cet article est pour l'objectif de définir l'impact des matériaux de construction sur le confort thermique des patients au sein des chambres des malades à l'hôpital, une étude in situ a été réalisée sous forme de comparaison entre deux situations réelles de deux équipements hospitaliers conçus dans des périodes de temps différentes; ces équipements sont soumis aux mêmes conditions climatiques de la ville de Biskra. Notre approche s'appuie sur la coordination entre l'enquête quantitative et l'enquête qualitative. La première, nous permet d'établir un ensemble de mesures à l'intérieur et à l'extérieur des chambres sélectionnées tandis que la deuxième nous aide à explorer les facteurs psychologiques et comportementaux influençant les sensations et les perceptions des sujets. [21]

**b) Enquête sur l'adaptation de la PMV à l'évaluation du personnel médical dans les hôpitaux de Guangzhou**

Dans le cadre de cette enquête, les paramètres thermiques de mesure et l'étude du confort thermique sur le terrain ont été effectués dans six hôpitaux climatisés de Guangzhou. Au total, 114 questionnaires valides ont été recueillis.

Sur la base des données, il y a eu de fortes relations de régression linéaire entre la PMV (Predicted MeanVote) et la MTSV (Mean Thermal Sensation Vote) et la température opératoire. La température neutre était de 24,39°C d'après la régression linéaire de la MTSV. La température de confort thermique qui répond à un degré de satisfaction de 90% ou 80% va de 22,83 à 25,94°C, 21,74 à 27,03. En outre, la température neutre de fonctionnement était de 23,75°C à partir du modèle PMV La température de confort thermique qui répond à un degré de satisfaction de 90 % ou 80 % varie de 22,00 à 25,50°C, 20,77 à 26,73. En comparant le MTSV et le PMV, le MTSV était inférieur à celui du <sup>2</sup>. La préférence Top a été obtenue par l'analyse de régression Probit dont le point d'intersection de la courbe était de 24,43°C. Par pourcentage réel d'insatisfaction obtient 90% ou 80% de la personnelle médicale température de confort acceptable limite supérieure de 24,71°C, 25,53°C. [22]

**c) Enquête sur la température de confort et l'adaptation thermique des patients et des visiteurs dans les hôpitaux malaisiens Khalid,**

Ce document mené des évaluations du confort thermique sur le terrain dans trois hôpitaux malaisiens dotés de capacités de climatisation des chambres des patients. Au total, 389 réponses ont été recueillies dans des conditions chaudes et humides. Des mesures thermiques intérieures ont été recueillies dans chaque hôpital et comparées aux directives locales. Les résultats de température plus basse comparés à la norme malaisienne MS1525 et au Code de pratique industriel sur la qualité de l'air intérieur par le Département de la sécurité

et de la santé au travail en Malaisie ont indiqué que des directives spécifiques de confort thermique étaient nécessaires pour les salles d'hôpital en Malaisie. Les températures moyennes de confort opératoire ont été estimées à 25,3 °C pour les patients et 25,5 °C pour les visiteurs. Les relations entre la température de confort intérieure et la température extérieure moyenne de fonctionnement dans les trois hôpitaux ont également été déterminées.

[23]

**d) Évaluer la pertinence des approches standard de confort thermique pour les patients hospitalisés dans des environnements climatisés sous des climats chauds**

Ce document cherche à confirmer si une approche standard de confort thermique en régime permanent est inadéquate, en particulier dans Les Climats chauds. La recherche a été menée sur 120 patients durant l'été 2017 à Djeddah, en Arabie Saoudite, avec un suivi environnemental de tous les paramètres de confort thermique, ainsi que des estimations de l'isolation des vêtements et des niveaux d'activité des patients dans les services chirurgicaux et médicaux. Les données ont été analysées à l'aide de régressions simples et multiples, et des mesures de tests de corrélation pour évaluer la fiabilité des résultats, en plus des tests pour détecter les différences. Les résultats ont révélé une différence significative entre le vote par sensation thermique et le vote moyen prévisible, l'approche de l'enquête TSV (Thermal Sensation Vote) n'ayant pas permis d'identifier une température neutre unique alors que le PMV a révélé une température neutre de 25,6°C. Il est important de noter que la température neutre prédite par la méthode de Griffith a donné une gamme de résultats extrêmement large, de 16,2°C à 28,8°C. Le corollaire était que l'utilisation d'une VMP ou d'une température non spécifique au patient pour les chambres d'hôpital est une mauvaise idée. Étant donné les liens connus entre les environnements hospitaliers et les résultats de la guérison, ce résultat a des implications pour la conception des environnements hospitaliers et la fixation de normes nationales ou internationales. [24]

**e) Variation expérimentale de l'exposition individuelle dans une chambre d'hôpital influencée par les gains de chaleur des murs**

Cet article vise à étudier l'influence d'un gain de chaleur murale, simulé expérimentalement par un mur rayonnant, sur la distribution des contaminants exhalés à l'intérieur et donc sur l'exposition d'une personne.

Les expériences sont réalisées en utilisant 6 et 12 changements d'air par heure et avec un RW (Radiant wall) actif et inactif, simulant les conditions d'ensoleillement et d'ombrage d'un

mur extérieur. Les résultats montrent que les gains de chaleur de la paroi modifient de manière significative la distribution des contaminants expirés.

Le RW actif génère des zones «propres» et «polluées» de contaminants expirés des deux côtés du lit qui changent lorsqu'on utilise 6 ou 12 ACH (Air change per hour, h<sup>-1</sup>). [25]

#### **f) Efficacité énergétique et confort thermique dans les bâtiments hospitaliers**

Ce document a pour but de passer en revue les technologies de pointe pour l'efficacité énergétique dans le secteur hospitalier. Les hôpitaux sont responsables d'une demande énergétique instable et d'émissions conjointes, en raison de leur fonctionnement 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, ce qui entraîne une consommation d'énergie plus importante qu'un bâtiment commercial typique. En raison de l'augmentation de la demande d'énergie et donc de l'épuisement des sources existantes basées sur les combustibles fossiles, il est nécessaire d'utiliser l'énergie de manière plus efficace. Les chercheurs ont constaté que les hôpitaux représentent près de 6 % de la consommation totale d'énergie dans le secteur des bâtiments utilitaires. Ce document passe en revue les efforts d'efficacité énergétique et leur relation avec le confort thermique dans les bâtiments hospitaliers, afin de rechercher les lacunes de la recherche pour des travaux ultérieurs dans ce domaine. [26]

### **I.8.2 Les thèses**

#### **a. Consommation d'énergie dans les hôpitaux**

Ce travail vise à identifier les indicateurs critiques de performance énergétique dans les hôpitaux qui pourraient être contrôlés et optimisés pour une gestion efficace de l'énergie.

Ce document suggère une approche optimale pour les bonnes pratiques de consommation d'énergie dans les hôpitaux, en particulier au Maroc. Pour l'optimisation énergétique, il est judicieux de commencer par la quantification et le suivi des indicateurs de performance énergétique, y compris la consommation d'énergie des utilisations les plus importantes.

Par conséquent, cette stratégie conduit souvent à une conception d'infrastructure avec une consommation d'énergie importante et non optimisée. Ainsi, les consommations d'énergie n'ont pas fait l'objet d'une attention particulière et les besoins, non maîtrisés, ont entraîné des coûts importants.

L'objectif est de définir les facteurs pertinents, qui ont un impact significatif sur la performance énergétique. Dans ce document, une méthodologie de compréhension des

consommations d'énergie et d'évaluation des niveaux de performance énergétique est développée pour atteindre la performance économique souhaitée tout en préservant voire en améliorant le confort des patients et du personnel médical, la continuité du service et le niveau d'hygiène et de sécurité. [27]

### **b. l'étude de climatisation d'un hôpital (hôpital Al Habtour)**

Ce mémoire porte sur l'étude de climatisation d'un hôpital (hôpital Al Habtour). L'étude ne va pas s'arrêter à l'étude de charges mais va s'étendre vers le choix des systèmes et plus précisément les systèmes à haute efficacité énergétique. Le service technique traité dans ce mémoire est : la climatisation, c'est-à-dire la technique de traiter, filtrer, refroidir ou chauffer l'air afin d'atteindre le seuil de confort. Tous les services et techniques déjà cités sont reliés l'un à l'autre selon l'architecture et l'exigence du client. Les normes qui seront utilisées dans ce mémoire sont : normes ASHREA (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) : pour la climatisation et la pressurisation ; normes SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association) : pour les conduites d'air ; normes libanaises : pour les données climatiques.

Suivant les résultats des calculs de charge faits sur le logiciel HAP de Carrier, un système de climatisation adéquat sera choisi. [28]

## **I.9 Conclusion**

– L'architecture bioclimatique permet de retrouver les principes de construction d'antan et de les adapter aux progrès effectués en la matière. L'efficacité de tous ces concepts est reconnue et prouvée et permet de proposer des bâtiments exemplaires en termes d'architecture, de confort, d'efficacité énergétique et environnementale.

L'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles.

– Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.

– L'état de l'art réalisé a permis de dire que Les hôpitaux ou les bâtiments de soins de santé sont des installations sociales conçues pour fonctionner en général plus de 24 heures sur 24 heures. L'amélioration de l'efficacité énergétique de ces installations est un défi économique, environnemental et sociétal.

# **CHAPITRE II:**

## **Cas d'étude**

## Chapitre II : Cas d'étude

### II.1 Introduction

Une étude thermique est une analyse de niveau de la performance énergétique du projet. Concrètement, le but est de déterminer la potentielle consommation d'énergie de la future du bâtiment, selon les matériaux et les équipements choisis. L'étude thermique est donc effectuée à partir des plans de construction, car ils permettent d'avoir une idée précise de la configuration des parois, des surfaces et des apports solaires. Donc dans de ce chapitre on va détailler ce sujet-là.

### II.2 Présentation du projet

<< Unité chirurgicale de l'hôpital Ali Baji >>



*Figure II-1 L'Unité chirurgicale de l'hôpital Ali Baji -DAMOUS-*

L'Unité chirurgicale de l'hôpital Ali Baji Situé à Damous, ouest de Tipaza, Nord d' Algérie s'étale sur une surface globale de 3510 m<sup>2</sup>, avec une surface bâtie de 1148.75 m<sup>2</sup>.

### II.3 Présentation de la ville

La ville de Tipaza, positionnée sur le littoral à 69 Km à l'Ouest d'Alger. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les communes d'Hadjout et Sidi Rached, à l'Est par les communes d'Aîn-Tagourait et Sidi-Rached et à l'Ouest par les communes de Nador et Cherchell. [29]

## Chapitre II : Cas d'étude

### II.4 Présentation de la commune de Damous

Le territoire de la commune de Damous est situé au nord-ouest de la wilaya de Tipaza, à environ 70 km à l'ouest de Tipaza, 50 km à l'ouest de Cherchell et 55 km à l'est de Ténès. L'élévation de terrain au niveau de la mer est de 41 mètres, avec une latitude de  $36.54^\circ$  et une longitude de  $1.7^\circ$ . [30]



Figure II-2 Situation géographique de la commune de Damous [31]

### II.5 Données Climatologiques

Les conditions climatologiques sont très variables en fonction des saisons. Ces conditions devront être prises en considération par les concepteurs et les constructeurs afin de définir les systèmes constructibles répondant à ces variables.

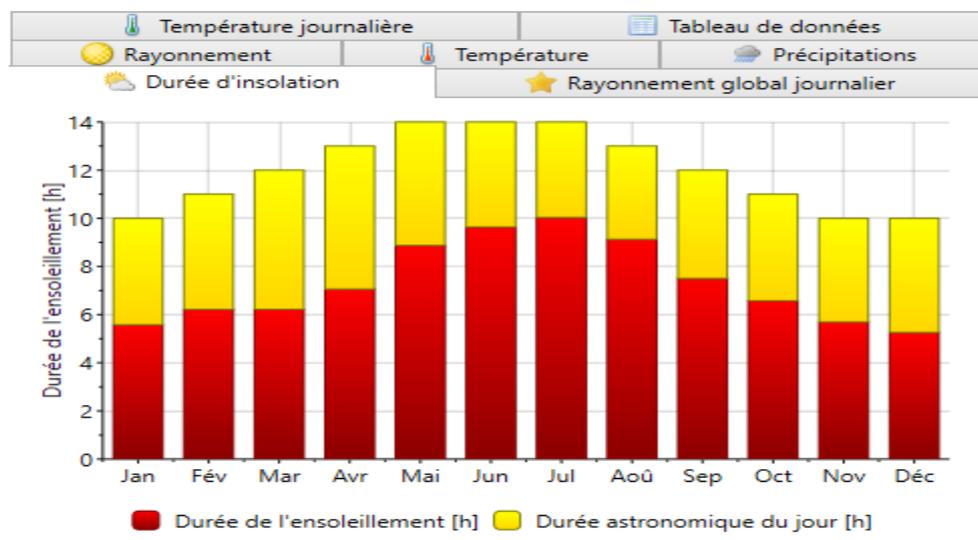


Figure II-3 durée d'insolation à Damous, source: Meteonorm

**damous**

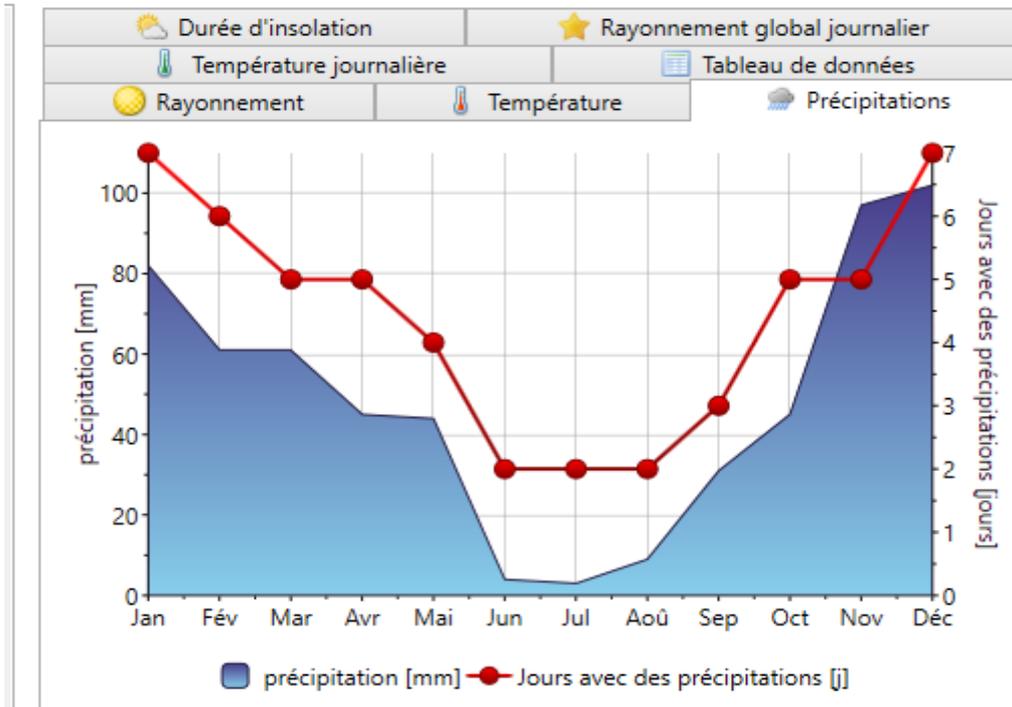


Figure II-4 Précipitation à Damous, source: Meteonorm

**damous**

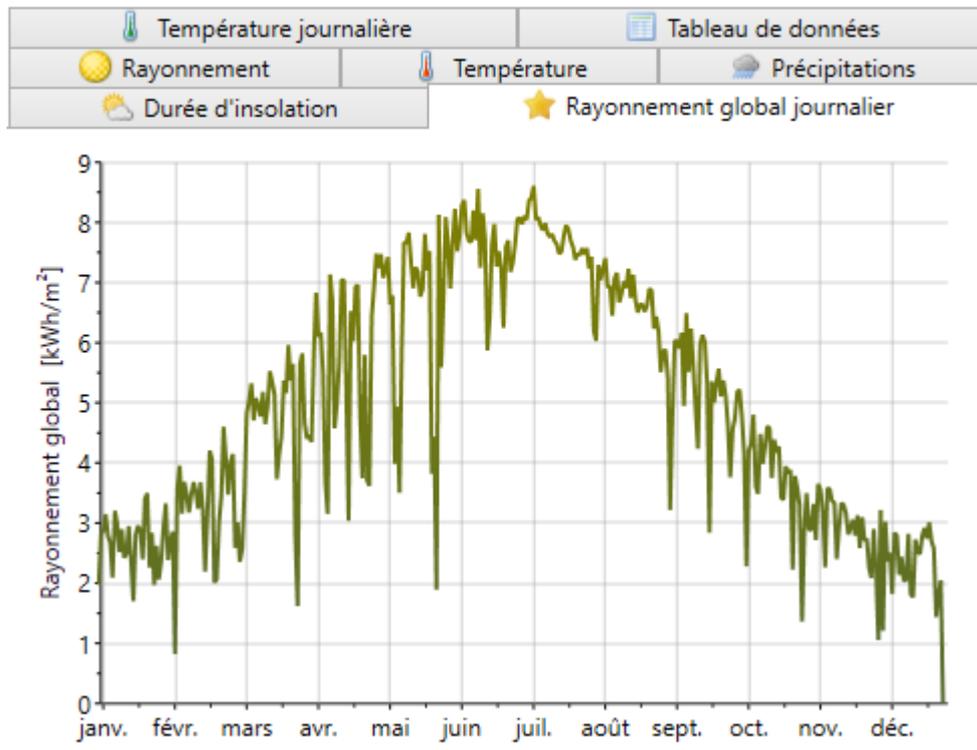


Figure II-5 Rayonnement global journalier à Damous, source: Meteonorm

**damous**

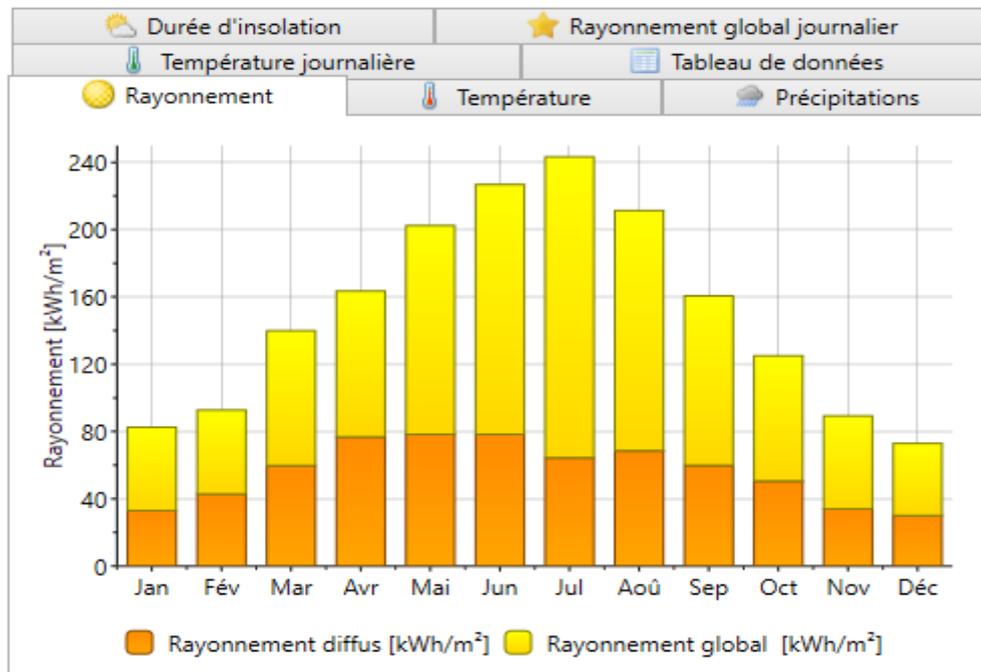


Figure II-6 Rayonnement à Damous, source: Meteonorm

**damous**

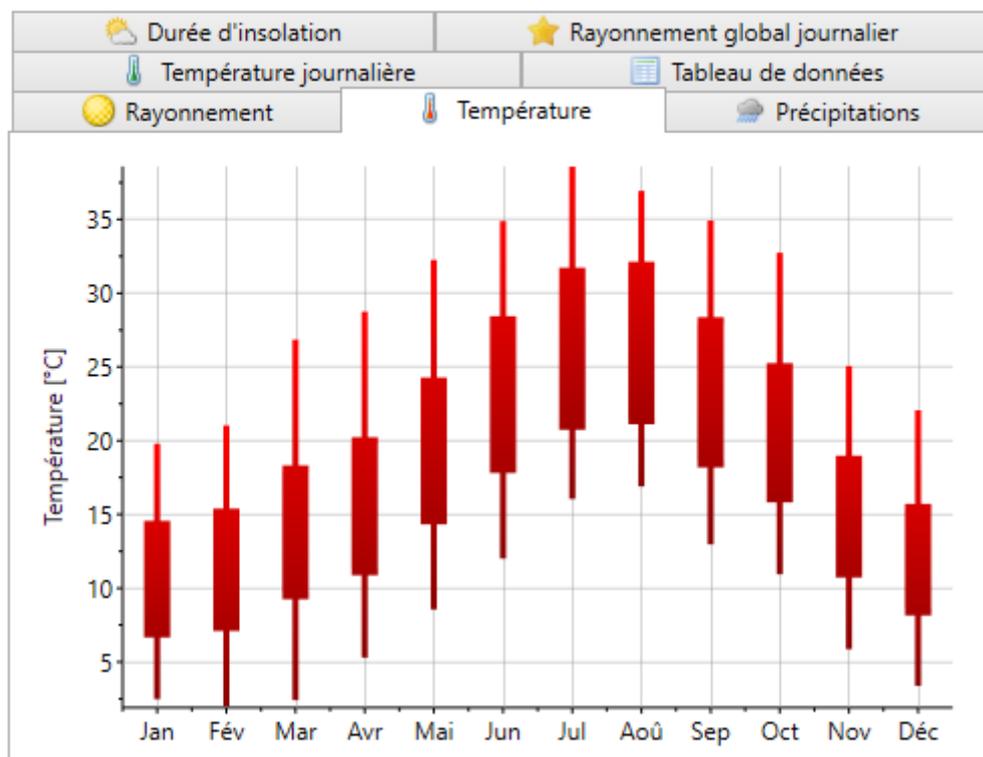
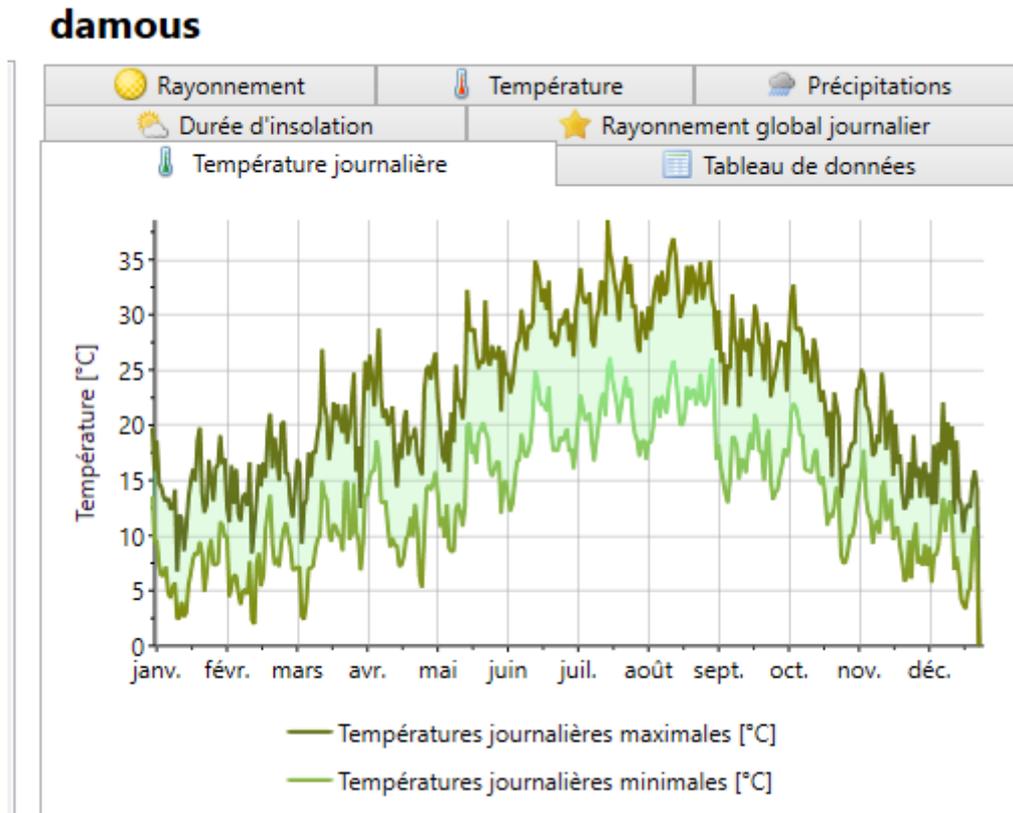


Figure II-7 la Température en C° à Damous, source: Meteonorm



*Figure II-8 Température journalière à Damous, source: Meteonorm*

D'après les graphes et les histogrammes, on remarque que ce site a une température basse de 3°C c'est la température la plus faible dans la période hivernale et 16 est la température maximale dans la même période par contre dans la période estivale la température la plus basse est de 18°C et la température maximale est de 37°C donc on dit qu'el Damous a une période hivernale très froide et une période estivale chaude.

## II.6 Caractéristiques générale du site

### II.6.1 Climatologie

La commune de Damous est caractérisée par un climat méditerranéen avec taux de pluviométrie élevé dans la période hivernale et faible dans la période estivale.

### II.6.2 Sismicité

Tipaza appartient à la 3<sup>ème</sup> zone de forte sismicité donc on a le risque que les vestiges seront ruinés et les constructions doivent être parasismiques. [32]

**CARTE DE ZONAGE SISMIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL – RPA99/ APRES ADDENDA**

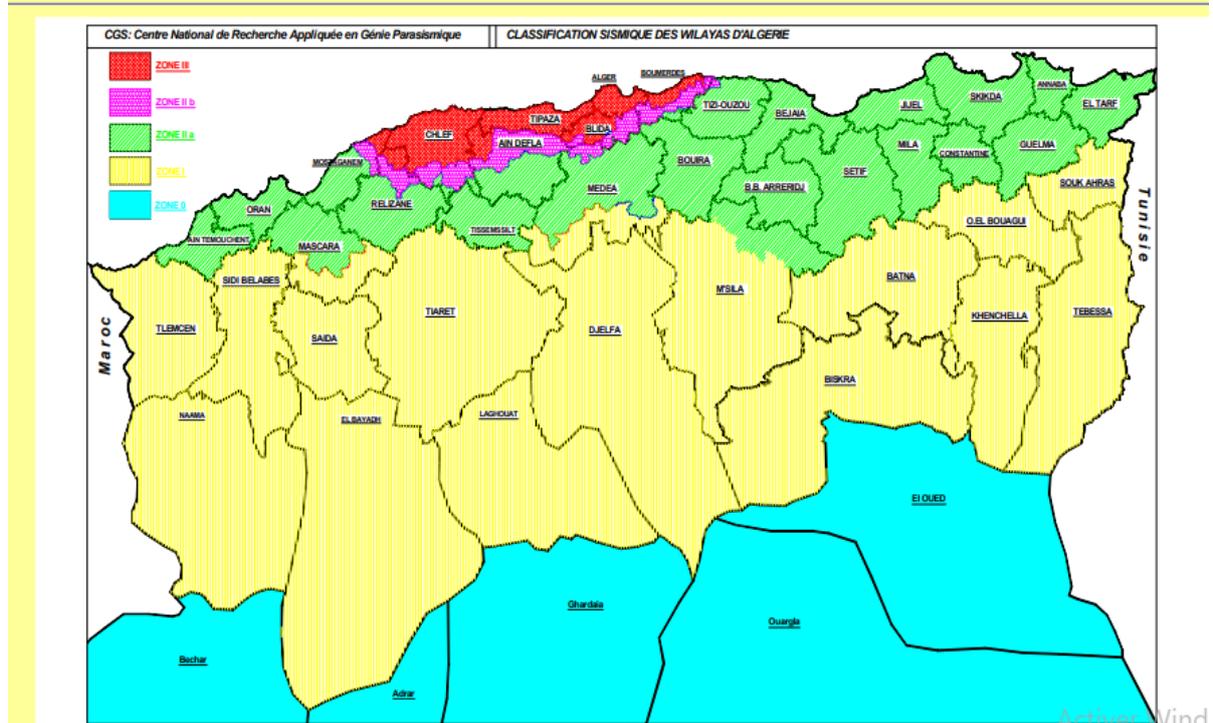


Figure II-9 carte de sismicité de l'Algérie [32]

**II.7 Schéma d'organisation d'hôpital :**

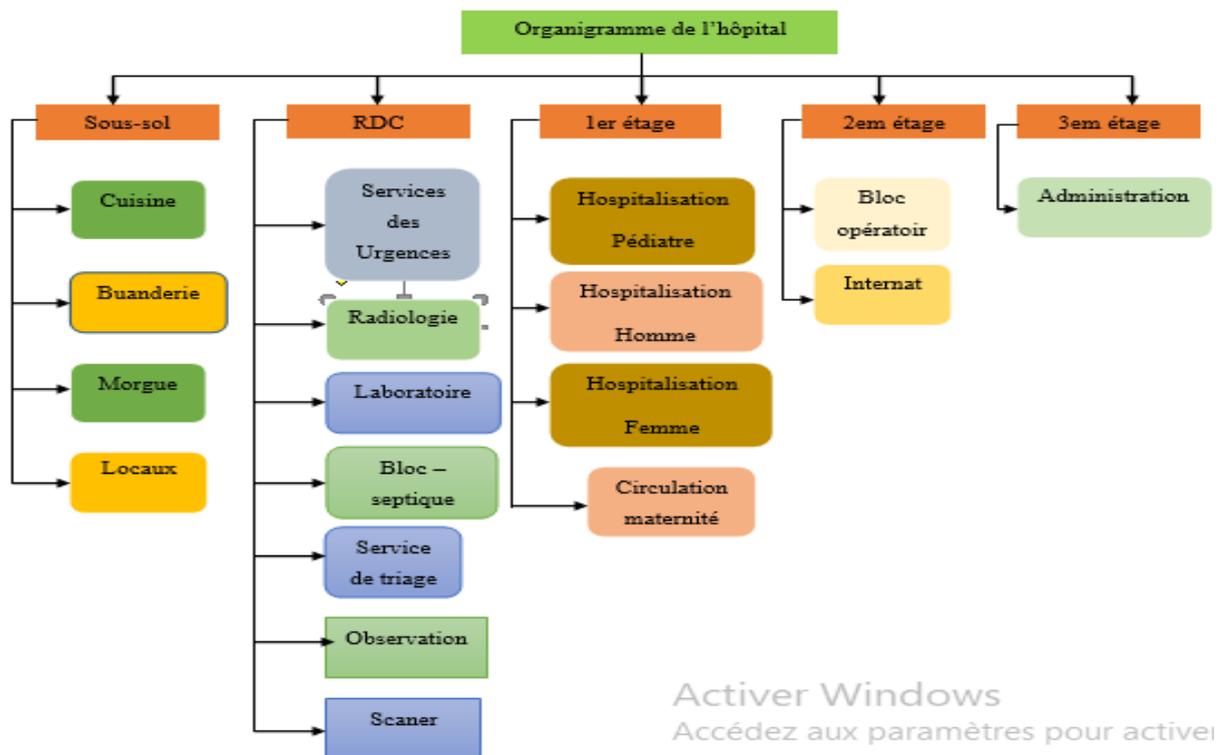


Figure II-10 organigramme de l'hôpital Ali Badji



## Chapitre II : Cas d'étude

Local	Superficie m <sup>2</sup>
Bloc opératoire	
Salle de préparation	S= 42.10
Salle d'opération -01-	S= 52.70
Salle d'opération -02-	S= 52.70
Autoclave	S= 22.45
Stock Stérile	S= 22.15
Salle de réveil	S= 122.60
Observation des malades	S= 16.85
Salle de matérielle stérilise	S= 31.25
Décontamination des matérielle	S= 27.30
Lavage chirurgical	S = 7.40
Ascenseur -01-	S= 4.30
Ascenseur -02-	S= 4.30
Couloir sale	S= 33.00
Couloir propre	S= 43.80
Couloir des visiteurs	S= 56.70
Bureau de chef de bloc	S=22.00
Bureau de chef de service	S= 21.80
Couloir de service	S= 32.50
Circulation	S= 25.35
Sanitaire	S= 15.35
Local/ P d'entretien	S= 6.65
L'internat	
Circulation	S= 19.75
Espace de repos -M-	S= 26.60
Chambre de garde	S= 87.35
Chambre d'escalier -01-	S= 20.00
Chambre d'escalier -02-	S= 20.00
Surface totale =1007. 359 m <sup>2</sup>	

*Tableau II-1 legende deuxième étage*

### II.9.1 Les caractéristiques de la nature des murs

#### II.9.1.1 Parois externes « Panneau sandwich »

Les panneaux sandwichs sont des éléments constitués de plusieurs couches et se composent d'un noyau disposant de très bonnes propriétés isolantes au niveau thermique,

## Chapitre II : Cas d'étude

auquel est appliqué de part et d'autre un panneau de béton. Le voile extérieur (façade) est réalisé en béton architectonique, selon la couleur, la forme et la texture souhaitées.

Parois	e (m)	$\lambda$ (w/m c°)	r (m <sup>2</sup> c°/w)	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ (m <sup>2</sup> c°/w)	R <sub>total</sub> (m <sup>2</sup> c°/w)	K (w/c°m <sup>2</sup> )
Mur extérieure -Béton architectonique -polystyrène expansé -Béton lourd	0.08 0.1 0.12	1.75 0.04 1.75	2.85	0.17	3.0156	0.332
Mur interieur -Enduit plâtre -brique creuse -Placoplatre BA 13	0.01 0.1 0.013	0.35 0.48 0.32	0.28	0.22	0.5	2
Plancher intermediaire -carrelage -mortier -Béton lourd	0.01 0.02 0.19	1.70 1.15 1.75	0.14	0.34	0.48	2.083

*Tableau II-2 : composition des parois*

### II.9.1.2 Compositions des parois et la menuiserie

La menuiserie	Dimension	Type de vitrage	Nature de la menuiserie	K (w/c°m <sup>2</sup> )
Portes	(0.84×2.10)	Opaque	-En Aluminium	4.5
	(0.94×2.10)		-En Bois	2.00
	(2.50×2.20)		-En Bois	2.00
			-En métal -	4.5
(1.00×2.10)		-En bois		
Fenêtres	(0.50×0.50)	Double vitrage	-En PVC	2.47
	(2.00×1.90)		-En aluminium	2.04
	(0.80×0.95)		-En PVC	2.47

*Tableau II-3 : la menuiserie*

Sachant que :

e : l'épaisseur de la couche de matériau. (m).

$\lambda$  : la conductivité thermique du matériau. (w/m c°)

$\frac{1}{h_i}, \frac{1}{h_e}$  : Les résistances thermiques d'échanges superficielle interieur et exterieure. (m<sup>2</sup> C°/W)

## Chapitre II : Cas d'étude

K : coefficient de transmission surfacique. ( $W/C^{\circ}m^2$ )

$R_{total}$  : Résistance superficiel total ( $m^2 c^{\circ}/w$ )

r: Résistance superficiel de chaque Paroi ( $m^2 c^{\circ}/w$ ).

### II.9.2 Méthodes de calcul des déperditions de base d'un local

Pertes par nature	Méthodes			
	B1	B2	B3	B4
Par parois	Kg.S(Tri-te)	Kg.S(Tri-te)	K.S(Tri-te)	Kg.S (Tai-te)
Par liaisons : sol, autres liaisons	K.L(Tri-te)	K.L(Tri-te)	K.L(Tri-te)	K.L (Tai-te)
Par infiltration	0.34. qi(Tri-te)	0.34. qi (Tai-te)	0.34. qi (Tai-te)	0.34. qi (Tai-te)
Par ventilation	0.34. qv (Tri-te)	0.34. qv (Tai-te)	0.34. qv (Tri-te)	0.34. qv (Tri-te)
Conditions normales d'emploi	-Avant-projet avec libre choix du système de chauffage.	-Adaptée aux bâtiments existants. -Calculs manuels ou informatisés	- structures architecturales complexe avec de nombreuse liaisons connues. -adaptée à la construction neuve. -calculs informatisés.	-Locaux bien isolés ou ayant peu de parois extérieures très vitrée. -calculs manuels

*Tableau II-4 descriptif synthétique des quatre méthodes de calcul des déperditions de base d'un local [33]*

Avec :

K : coefficient surfacique de parois. ( $W/m^2.K$ )

k : coefficient de liaison. ( $W/m.K$ )

Kg : coefficient global de transmission. ( $W/m^2.K$ )

qi : débit d'infiltration. ( $m^3/h$ )

qv : débit de ventilation chauffé par l'émetteur local. ( $m^3/h$ )

Tri : température résultante intérieure. ( $C^{\circ}$ )

Tai : température d'air intérieur. ( $C^{\circ}$ )

Te : température extérieure à la paroi. ( $C^{\circ}$ )

### 3.2.7. Sources de pertes de chaleur dans un bâtiment

## Chapitre II : Cas d'étude

<b>Mur plein non isolé</b>	traditionnel	2.4
	Bloc de béton et protection	0.48-0.65
<b>Mur plein avec isolation</b>		<0.6
<b>Mur creux</b>	non isolé	1.3
	avec isolant	0.5-0.6
	optimal	0.3
<b>Vitrage</b>	simple	5.76
	double	2.76-3.59
	triple	1.90-2.61
<b>Toiture</b>	non isolé	1.4
	isolée	0.15-0.6

*Tableau II-5 : coefficient de transmission thermique (K) d'éléments de construction (en  $W.m^{-2}.K^{-1}$ ) [34]*

### II.9.3 Le bilan thermique

- **Surface de plancher haut = Surface de plancher bas**

$$S = (18.35 \times 5.67) + (22.85 \times 5.50) + (28.85 \times 5.50) + (29.10 \times 11) + (20.1 \times 5.50) + (9.35 \times 5.67)$$

$$S=1007.359 \text{ m}^2$$

- **Surface des fenêtres**

$$S = ((0.5 \times 0.5) \times 12) + ((2 \times 1.90) \times 17) + ((0.80 \times 0.95) \times 6)1.1$$

$$S= 70.60 \text{ m}^2$$

- **Surface des portes**

$$S = ((0.84 \times 2.10) \times 2) + ((0.94 \times 2.10) \times 8) + ((2.5 \times 2.20) \times 9) + ((2.5 \times 2.20) \times 6) + ((1.00 \times 2.10) \times 4)$$

$$S= 110.18 \text{ m}^2$$

- **Surface de mur extérieur**

$$S= 385.156 \text{ m}^2$$

#### **Vérifications des Déperditions de références (Dref) : Zone A (Damous)**

$$D_{ref} = a S_1 + b S_2 + c S_3 + d S_4 + e S_5 \text{ [13]}$$

$$a= 1.1 \quad b= 2.40 \quad c= 1.20 \quad d=3.50 \quad e= 4.50$$

$$D_{ref} = (1.1 \times 1007.359) + (2.40 \times 1007.359) + (1.20 \times 385.156) + (3.50 \times 110.18) + (4.50 \times 70.60)$$

$$D_{ref} = 4691.2737 \text{ W}$$

## Chapitre II : Cas d'étude

$S_1$ : surface de la toiture ;  $S_2$ : surface de Plancher bas ;  $S_3$ : la surface des murs

$S_4$ : la surface des portes ;  $S_5$ : la surface des fenêtres et les portes fenêtres

### Calcul des Déperditions Surfaceutiques par Transmission à travers les Parois(Ds)

$$D_s = K \times S$$

K= coefficient de transmission surfaceutique (W/m<sup>2</sup>.C°)

S= surface intérieure de la paroi (m<sup>2</sup>)

K est donné par la formule suivante :  $1/k = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$

### Déperditions à travers les murs

$$D_{\text{murs}} = K_{\text{mur}} \times S_{\text{mur}} = 385.156 \times 0.332$$

$$D_{\text{murs}} = 127.87 \text{ W /C}^\circ$$

### Déperditions à travers plancher intermédiaire

$$D_{\text{plancher intermédiaire}} = K_{\text{plancher intermédiaire}} \times S_{\text{plancher intermédiaire}}$$

$$D_{\text{plancher intermédiaire}} = 2.083 \times 1007.359 = 2098.328 \times 2 = 4196.656 \text{ W /C}^\circ$$

### Déperditions à travers les fenêtres

$$D_{\text{fenêtres}} = K_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}}$$

$$D_{\text{fenêtres}} = 12 \times 0.25 \times 2.47 + 17 \times 3.80 \times 2.04 + 6 \times 0.76 \times 2.47 = 150.4572 \text{ W /C}^\circ$$

$$D_s = 4474.9832 \text{ W /C}^\circ$$

### Déperditions à travers les Ponts Thermiques (linéiques)

Déperditions linéiques= 20% des déperditions surfaceutiques

$$= 4474.9832 \times 0.2 = 894.996 \text{ W /C}^\circ$$

$$D_t = D_s + D_l = 4474.9832 + 894.996 = 5369.9792 \text{ w /C}^\circ$$

$$D_t \leq 1.05 D_{\text{ref.}} [13]$$

$$5369.9792 \geq 4925.8373$$

Ce bâtiment ne vérifie pas les exigences recommandées par le DTR, et ce résultat est dû aux matériaux de construction de l'enveloppe de bâti c'est-à-dire aux les valeurs

## Chapitre II : Cas d'étude

importantes des coefficients K des déperditions thermiques ce si explique la faible résistance de ces matériaux.

Donc nous allons proposer une nouvelle menuiserie en PVC et une isolation pour le plancher haut

Isolant	Lambda	cm/R=5	cm/R=7	cm/R=10	R/10 cm	R/20 cm	R/30 cm	€/R10
PIV panneau isolant vide	0,007	3,5	4,9	7	14	29	43	
Mousse résolique ou phénolique	0,020	10	14	20	5	10	15	100
PIR polyisocyanurate	0,023	11,5	16,1	23	4,4	8,7	13	
PUR polyuréthane	0,025	12,5	17,5	25	4	8	12	50
XPS Polystyrène extrudé	0,032	16	22,4	32	3,1	6,2	9,4	40
PSE Polystyrène expansé	0,034	17	23,8	34	2,9	5,9	8,8	20
Laine de verre	0,036	18	25,2	36	2,8	5,6	8,3	10
Laine de roche	0,037	18,5	25,9	37	2,7	5,4	8,1	15
Laine de lin	0,039	19,5	27,3	39	2,6	5,1	7,7	70
Ouate de cellulose	0,039	19,5	27,3	39	2,6	5,1	7,7	15
Liège	0,039	19,5	27,3	39	2,6	5,1	7,7	90
Textiles recyclés	0,040	20	28	40	2,5	5	7,5	50
Laine de mouton	0,040	20	28	40	2,5	5	7,5	40
Plumes de canard	0,041	20,5	28,7	41	2,4	4,9	7,3	40
Laine de chanvre	0,042	21	29,5	42	2,4	4,8	7,1	70
Laine de coco	0,042	21	29,5	42	2,4	4,8	7,1	80
Verre cellulaire	0,046	23	32,2	46	2,2	4,3	6,5	
Chênevotte	0,048	24	33,6	48	2,1	4,2	6,2	40
Laine de bois	0,050	25	35	50	2	4	6	30
Laine de coton	0,051	25	35,7	51	2	3,9	5,9	40
Perlite exfoliée	0,055	27,5	38,5	55	1,8	3,6	5,5	50
Argile expansée	0,070	35	49	70	1,4	2,8	4,2	
Vermiculite	0,070	35	49	70	1,4	2,8	4,2	50

**Tableau II-6: les matériaux isolants et leurs caractéristiques [35]**

Et d'après ce tableau on a choisi la laine de roche comme un isolant pour notre plancher haut

Selon les critères Qualité/Prix.

	Les avantages	Les inconvénients
--	---------------	-------------------

## Chapitre II : Cas d'étude

La laine de roche	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Faible risque de problème d'humidité.</li> <li>-bon isolation thermique et acoustique.</li> <li>-bon isolation phonique.</li> <li>-peu chère à l'installation.</li> <li>-protection contre l'incendie.</li> <li>-ne se dégrade pas avec le temps.</li> <li>-matériaux non cancérigène.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Protection très limité très limités contre le réchauffement des intérieures.</li> <li>-elle doit être remplacés au moins tous les 15 ans.</li> <li>-Implique de lourd frais dans la vie de logement.</li> </ul>
-------------------	---	---

**Tableau II-7: les avantages et lesinconvinients de la laine de roche [35]**

### II.9.3.1 Bilan thermique en ajoutant la laine de roche

$$1.05 D_{ref} = 4925.8373 \text{ W /C}^\circ$$

#### Calcul des Déperditions Surfaiques par Transmission à travers les Parois

$$D_{murs} = 127.87 \text{ W /C}^\circ$$

$$D_{\text{plancher intermediaire Bas}} = 2.083 \times 1007.359 = 2098.328 \text{ W /C}^\circ$$

$$D_{\text{fenêtres}} = 12 \times 0.25 \times 2.47 + 17 \times 3.80 \times 2.04 + 6 \times 0.76 \times 2.47 = 178.3252 \text{ W /C}^\circ$$

Déperdition du plancher intermediaire haut :

Plancher intermediaire	e (m)	$\lambda$ (w/m c°)	r (m <sup>2</sup> c°/w)	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$ (m <sup>2</sup> c°/w)	R <sub>total</sub> (m <sup>2</sup> c°/w)	K (w/c°m <sup>2</sup> )
-Carrelage	0.01	1.70	2.84	0.34	3.18	0.314
-mortier	0.02	1.15				
-béton lourd	0.19	1.75				
-la laine de roche	0.10	0.037				

**Tableau II-8 Composition du plancher intermediaire haut après l'isolation**

$$D_{\text{plancher intermediaire haut}} = K_{\text{plancher intermediaire haut}} \times S_{\text{plancher intermediaire haut}}$$

$$D_{\text{plancher intermediaire haut}} = 0.314 \times 1007.359 = 316.311 \text{ W /C}^\circ$$

$$D_s = 2724.828 \text{ W /C}^\circ$$

#### Déperditions à travers les Ponts Thermiques (linéiques) (D<sub>l</sub>)

$$D_{\text{déperditions linéiques}} = 20\% \text{ des déperditions surfaiques} = 2724.828 \times 0.2 = 544.965 \text{ w /C}^\circ$$

$$D_t = D_s + D_l = 2724.828 + 544.965 = 3269.79 \text{ w /C}^\circ$$

$$3269.79 \text{ W /C}^\circ < 4925.8373 \text{ W /C}^\circ \text{ (différence de } 1656.047 \text{ W/C}^\circ\text{) donc :}$$

## **Chapitre II : Cas d'étude**

« Ce bâtiment vérifie les exigences recommandées par le DTR »

### **II.10 Conclusion**

Après avoir calculé les déperditions thermiques, on a trouvé que notre bâtiment ne vérifie pas les exigences réglementaires recommandées par le DTR; pour cela, on a introduit une isolation au niveau du plancher haut du 2<sup>ème</sup> étage.

# **Chapitre III :**

# **Modélisation**

### **III.1 Introduction**

Afin d'étudier le comportement thermique de notre cas d'étude, on a opté pour l'utilisation du logiciel « Pleiades + Comfie 2.3 » qui sert à calculer d'une façon précise les flux thermiques, et ce qui permet de vivre virtuellement le bâtiment sur une année entière, donc dans cette partie nous allons présenter le logiciel d'étude, en introduisant les paramètres et les compositions des parois pour faire un modèle de la partie étudié (deuxième étage), avec le fichier de donnée météorologique et les différents scenarios de fonctionnements.

### **III.2 Modélisation**

#### **III.2.1 Définition de la modélisation**

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

La simulation permet de nous donner trois réponses :

- Évolution des températures.
- Taux d'inconfort.
- Besoins et consommation en chauffage et climatisation.

#### **III.2.2 Choix de paramètre d'étude**

Traitement de l'isolation du deuxième étage de l'hôpital, pour cette étape, on va étudier le comportement thermique de notre étage en traitant le plancher intermédiaire par une isolation en utilisant la laine de roche.

### **III.3 Présentation de la méthode de simulation**

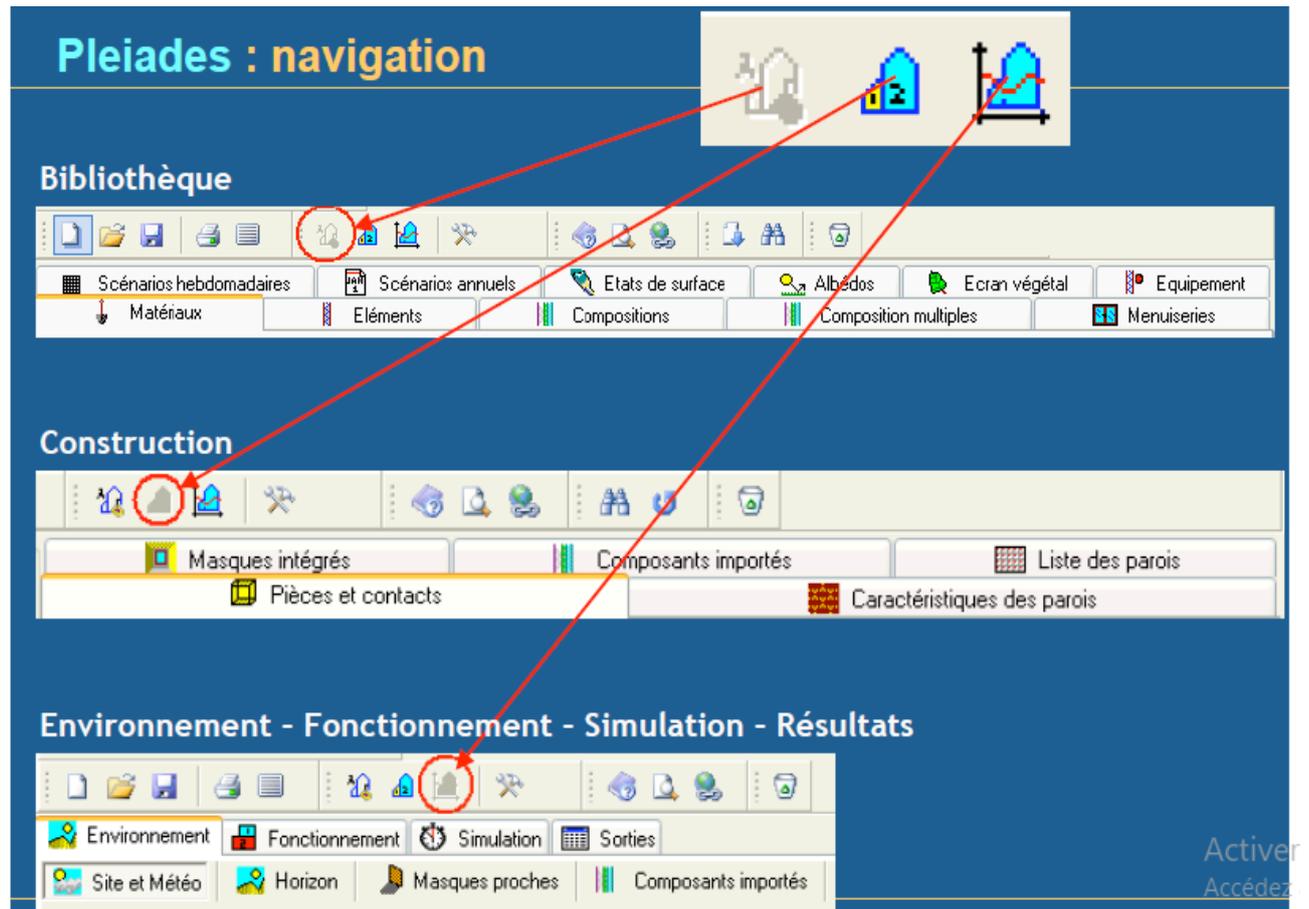
La modélisation du bâtiment et la simulation de ce projet ainsi que les différents paramètres du chauffage ont été définis à partir des logiciels suivants :

- **COMFIE-PLEIADES** : constitué l'outil d'évaluation des échanges thermiques dans les différents espaces, mais aussi d'analyse des différentes consommations en chauffage et climatisation. PLEIADES + COMFIE est un outil de simulation dynamique développé par le CENTRE D'ENERGETIQUE DE L'ECOLE DES MINES DE PARIS.

A partir d'une description très fine du bâtiment, de ses équipements, des séquences et heures de fonctionnement ou d'arrêt des matériels, des séquences d'occupation ou d'inoccupation, etc., il procède, sur l'ensemble de l'année, à un calcul au pas de temps de l'heure de l'ensemble des équilibres thermiques du bâtiment, ce qui lui permet de déterminer, pour chaque heure, les besoins

## Chapitre III: Modélisation

De chauffage et de climatisation, ainsi que les températures intérieures. La décomposition du bâtiment peut comporter jusqu'à 20 zones thermiquement différentes.



### *III-Interface pleiades*

#### **Le premier module**

celui de la bibliothèque, permet d'accéder aux onglets : matériaux (bibliothèque de matériaux usuels de construction), menuiseries (vitres, portes et huisseries usuelles), compositions (pour réaliser des parois et donc compléter la bibliothèque Pléiades), composition multiple, éléments, équipements (pour définir les équipements du bâtiment : ordinateur, éclairage, ...), écran végétal, albédos (pour tenir compte de la position du soleil), états de surface (notamment pour évaluer les effets de la couleur des surfaces sur les déperditions), scénarios annuels (de chauffage, de Climatisation, d'occupation, de ventilation,...), scénarios hebdomadaires (de chauffage, de climatisation, d'occupation, de ventilation,...).

#### **Le second module**

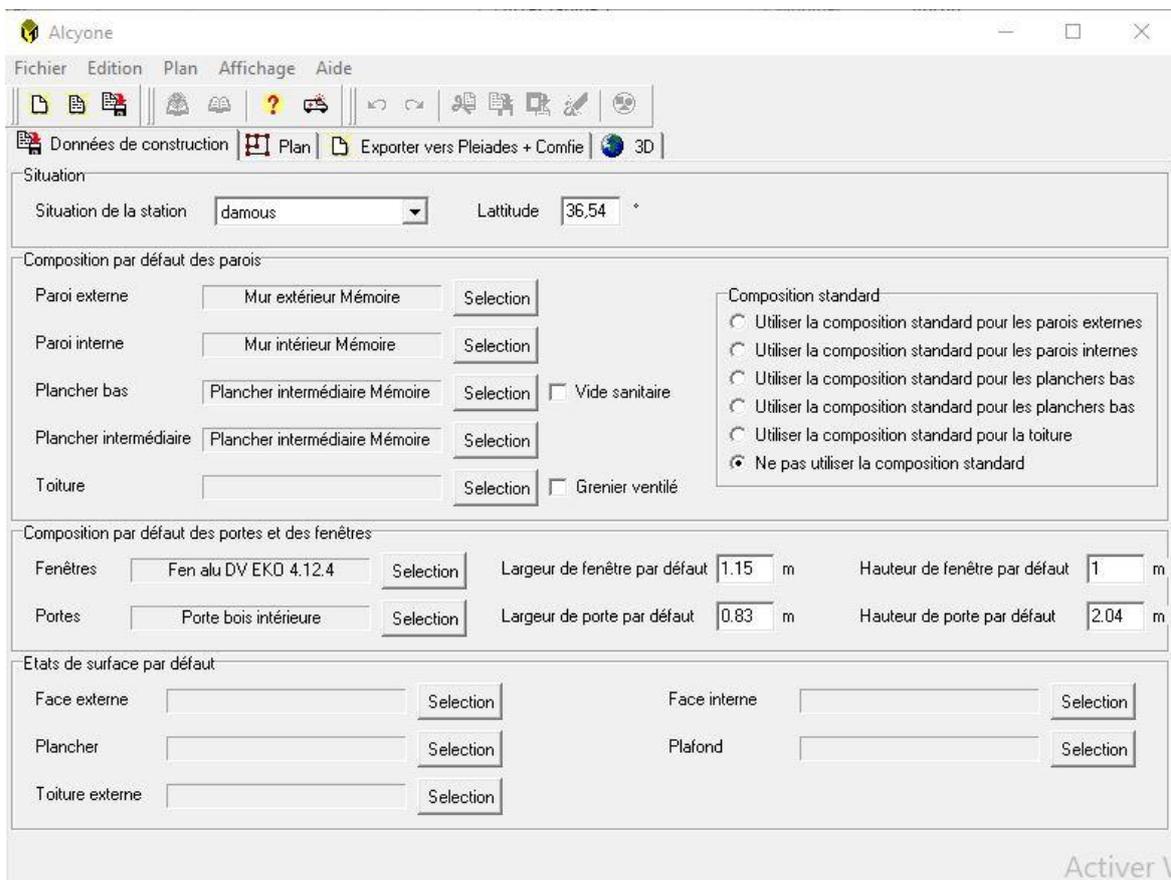
Est celui des constructions et permet de lister et caractériser les parois (onglets liste des parois, caractéristiques des parois), les composants importés, ou de définir les masques occultant les ouvrants (onglet masques intégrés).

### Le module Environnement, fonctionnement, simulation, résultats

Est utilisé en fin de projet lorsque les simulations sont lancées. Ce module permet de choisir les conditions météo (sites et météo du lieu d'implantation du bâtiment, les masques autour du bâtiment (immeubles, collines, ...) masques proches, de retrouver les composants ou parois créées dans le module construction et importées vers le projet en cours de lancer des simulations ou de visualiser les résultats de ces calculs

#### ➤ **ALCYONE**

A permis la modélisation architecturale de l'ensemble du bâtiment et la caractérisation des différents matériaux utilisés.



**Figure III-2: Interface Alcyone**

➤ **METEONORM** : est une référence complète météorologique.

Il vous donne accès à des données météorologiques pour diverses applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

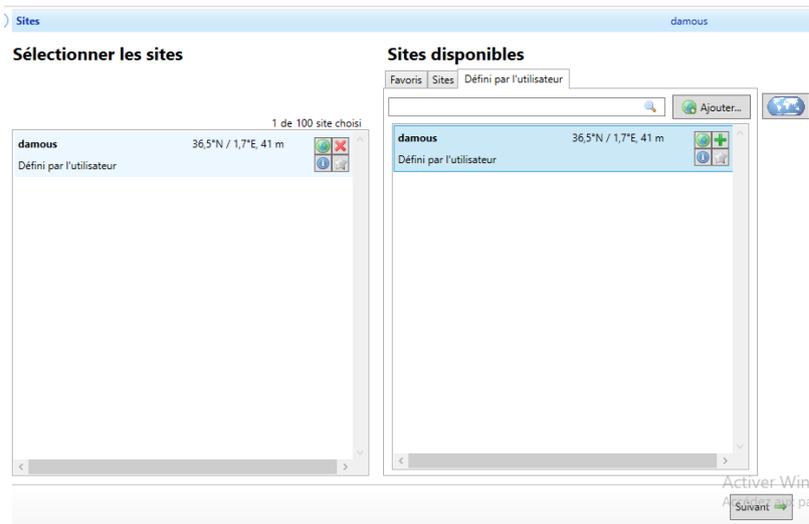


Figure III-3: interface Meteororm 7

### III.3.1 Procédures d'injection des données sur Pleiades

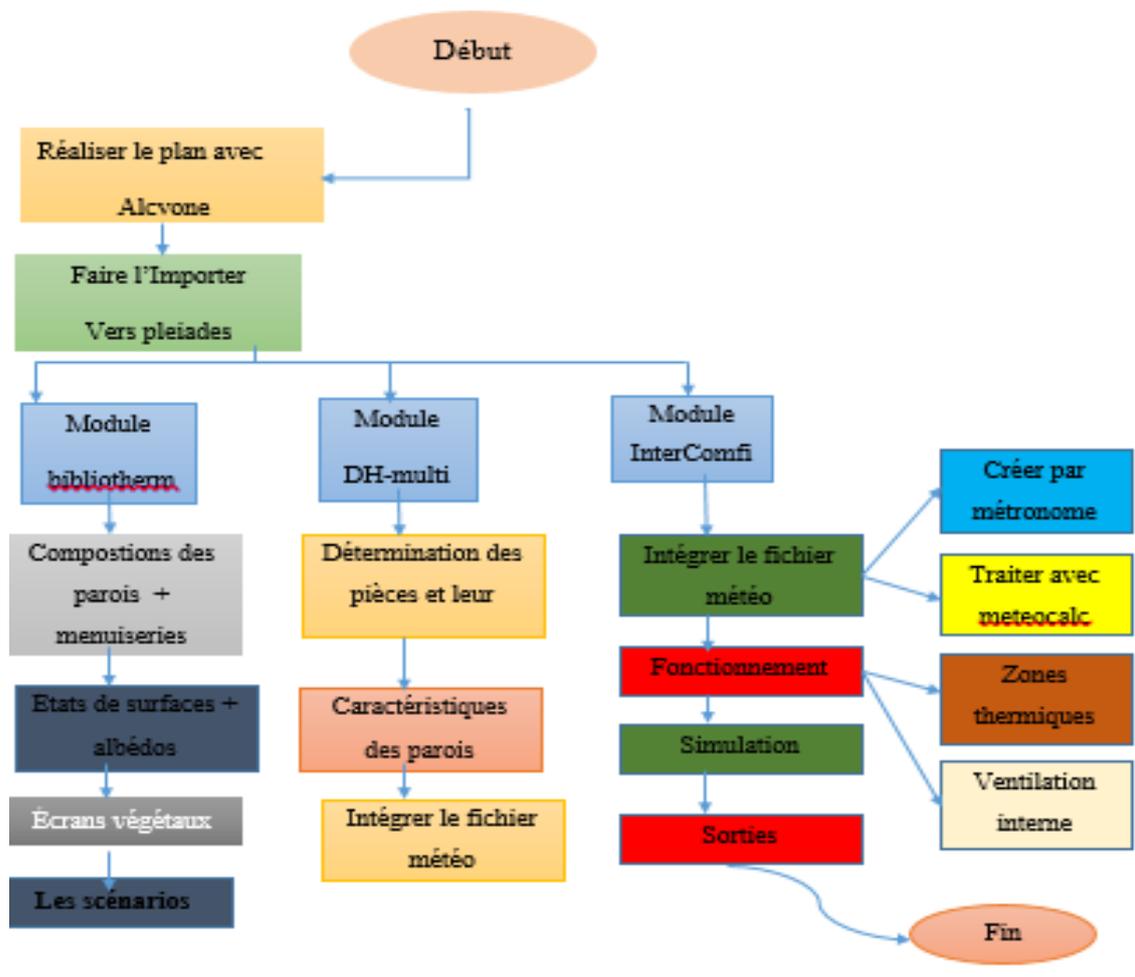


Figure III-4 Procédures d'injection des données sur Pleiades

### III.3.2 Processus d'application des logiciels

#### III.3.2.1 Création d'un fichier météorologique

Sous logiciel méteonorme version 7

The screenshot shows the 'Information générale' (General Information) section of a software interface. It contains several input fields and dropdown menus for defining a station. The 'Nom' (Name) field is filled with 'damous'. The 'Catégorie' (Category) dropdown is set to 'Défini par l'utilisateur'. The 'Coordonnées' (Coordinates) section has '36,540001' for latitude and '1,7' for longitude, with a 'WGS84' coordinate system selector. The 'Altitude' field is '41 m a.s.l.', 'Fuseau horaire' (Time zone) is '1 TUC', and 'Référence de temps' (Time reference) is '-30 min'. The 'Situation' dropdown is set to 'Situation ouverte'. To the right of these fields is a map area with a small yellow dot representing the station location. Below the map, it says '© OpenStreetMap - Map data ©2020 OpenStri'. At the bottom, a 'Détails' section indicates 'Ceci est un site défini par l'utilisateur'.

Figure III-5 : création de la station

The screenshot shows two panels side-by-side. The left panel is titled 'Sélectionner les sites' (Select sites) and shows a list with one entry: 'damous' with coordinates '36,5°N / 1,7°E, 41 m' and the note 'Défini par l'utilisateur'. The right panel is titled 'Sites disponibles' (Available sites) and shows the same entry 'damous' with the same coordinates and note. The right panel also has a search bar, an 'Ajouter...' button, and a globe icon. The 'Sites disponibles' panel has tabs for 'Favoris', 'Sites', and 'Défini par l'utilisateur', with the last one being active.

Figure III-6 : la sélection du site

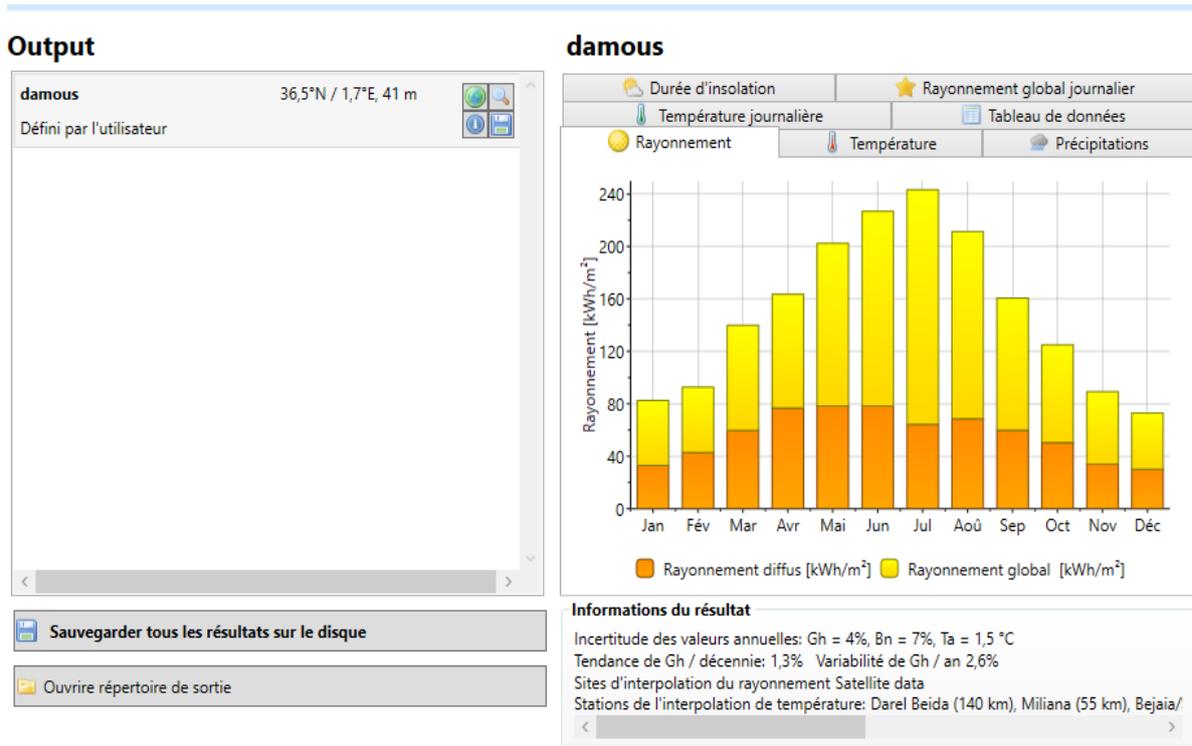


Figure III-7: la sauvegarde des résultats

### III.3.2.2 Description des systèmes constructifs sous Pleiade Comfie

Le logiciel PLEIADE+COMFIE possède une grande base de données de matériau et même on peut faire rentrer d'autres matériaux ou éléments connaissant leur masse volumique, la conductivité thermique et la capacité thermique. Ainsi que la menuiserie utilisée et le type de vitrage et les scénarios de fonctionnement dans chaque zone.

#### a. Composition des éléments constructifs avant renforcement d'isolation

Caractéristiques de la composition

Classe Murs

Nom mur interieure 1

Complément

Origine

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Placoplâtre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04
Total		12.3	94		0.28

Extérieur ↓ Intérieur

Figure III-8 : mur interieure

Caractéristiques de la composition

Classe Murs

Nom mur exterieure 1

Complément

Origine

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Béton lourd	M	8.0	184	1.75	0.05
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56
Béton lourd	M	12.0	276	1.75	0.07
Total		30.0	463		2.68

Extérieur ↓ Intérieur

Figure III-9: mur exterieure

**Caractéristiques de la composition**

Classe: Planchers

Nom: plancher intermédiaire 1

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01
Mortier	M	2	40	1.15	0.02
Béton lourd	M	19	437	1.75	0.11
Total		22.0	500		0.14

Extérieur ↓ Intérieur

Figure III-10 : plancher intermédiaire

Type des ouvertures :

**Caractéristiques du vitrage**

Classe: Fenêtres

Nom: Fen alu DV EKO 4.12.4

Complément: Double vitrage 4 + 4 mm huisserie alu à rupture thermique

Origine: St GOBAIN - DIAMANT + PLANITHERM SOLAR

Nombre de vitrages: 2 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.60

Coeff U moyen: 2.04 W/(m2.K)

% de vitrage: 80 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.75

Coeff U Vitrage: 1.80 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 3.00 W/(m2.K)

Figure III-11: caractéristique de fenêtre en aluminium

**Caractéristiques du vitrage**

Classe: Fenêtres

Nom: Fen PVC DV 4.12.4

Complément: -

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

Nombre de vitrages: 2 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.57

Coeff U moyen: 2.47 W/(m2.K)

% de vitrage: 70 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.81

Coeff U Vitrage: 2.80 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 1.70 W/(m2.K)

Figure III-12 caractéristique de fenêtre en PVC

Type de portes :

**Caractéristiques du vitrage**

Classe: Portes

Nom: Porte métallique

Complément:

Origine: Guide de la thermique dans l'habitat neuf

Nombre de vitrages: Opaque

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen: 0.00

Coeff U moyen: 5.80 W/(m2.K)

% de vitrage: 0 %

Vitrage

Facteur solaire: 0.00

Coeff U Vitrage: 3.50 W/(m2.K)

Cadre

Coeff U Opaque: 5.80 W/(m2.K)

Figure III-13 : caractéristique de la porte métallique

Les autres types de portes ont choisis à partir du (D.T.R. C3-2, page 26).

**b. Composition des éléments constructifs après le renforcement d'isolation**

**Caractéristiques de la composition**

Classe

Nom

Complément

Origine

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$	R	
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02	
Béton lourd	M	19.0	437	1.75	0.11	
Laine de roche	M	10.0	30	0.04	2.44	
Total		32.0	530		2.58	

**Figure III-14 la composition du plancher intermediaire après l'isolation**

Pour stabiliser la température dans notre équipement en consommant le moins d'énergie, plusieurs solutions proposées parmi les plus efficaces et moins couteuse les matériaux d'isolation.

Pour ce projet on a proposé

- de renforcer l'isolation avec la laine de roche pour le plancher haut intermédiaire où 'elle a une faible conductivité thermique donc bonne capacité isolante et un prix raisonnable.
- Des fenêtres en PVC double vitrage (PVC DV 4.12.4), ce qui engendre une bonne économie globale sur le plan énergétique.

### III.3.2.3 Identification de la station Météorologique

Cette étape permet d'utiliser les paramètres météorologiques du site d'étude.

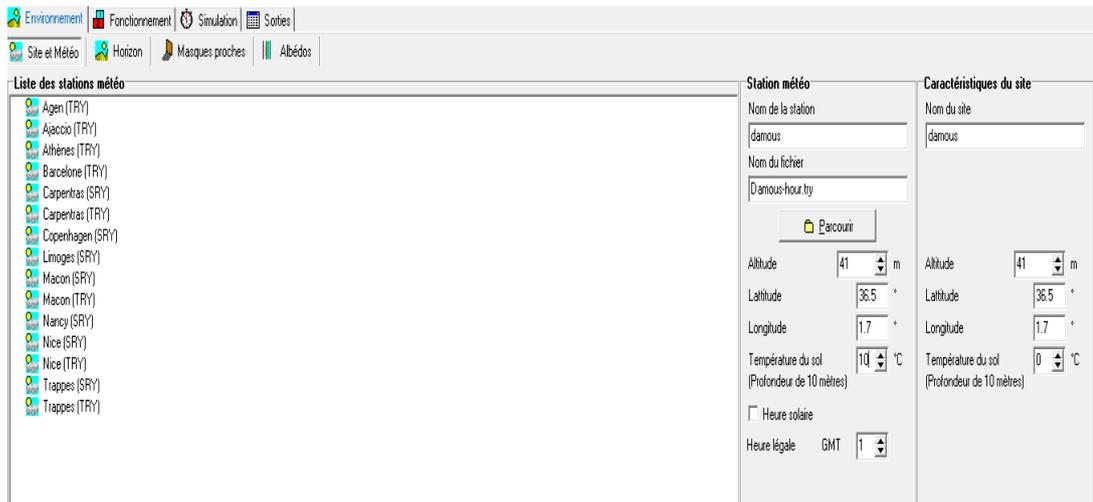


Figure III-15 : identification de la station météorologique sous pleiades et confie 3.2

### III.3.2.4 Sous Alcyone

#### III.3.2.4.1 Définition des paramètres constructifs sous Alcyone

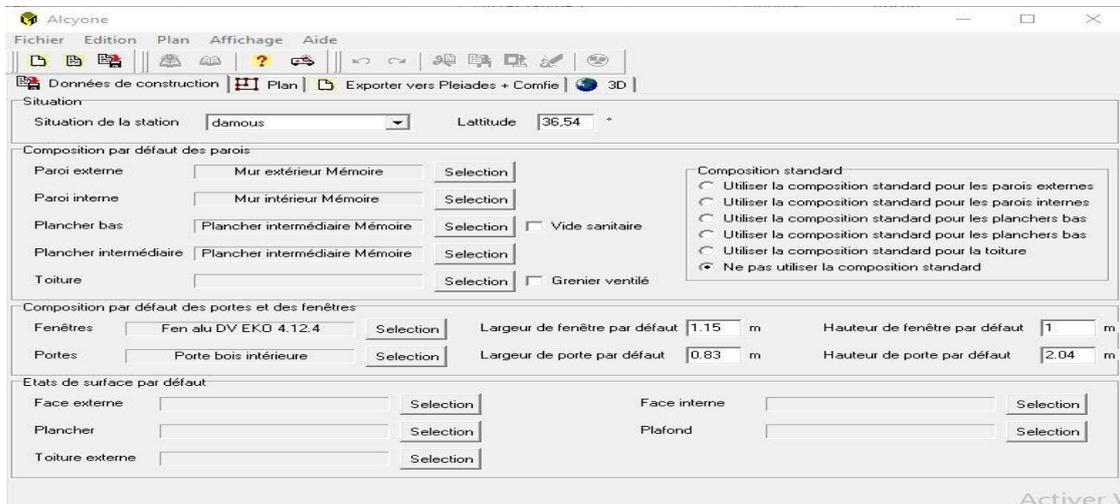
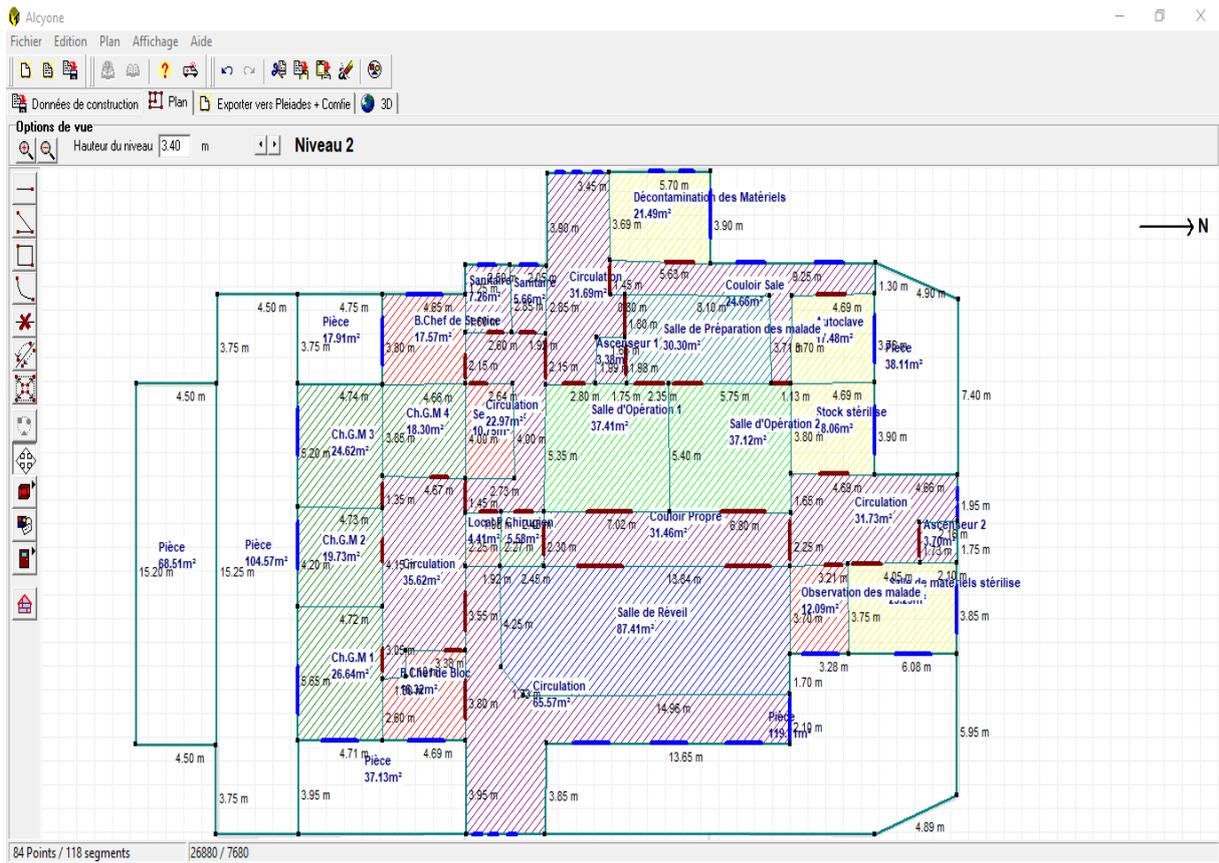


Figure III-16: Insertion des éléments constructifs sous Alcyone

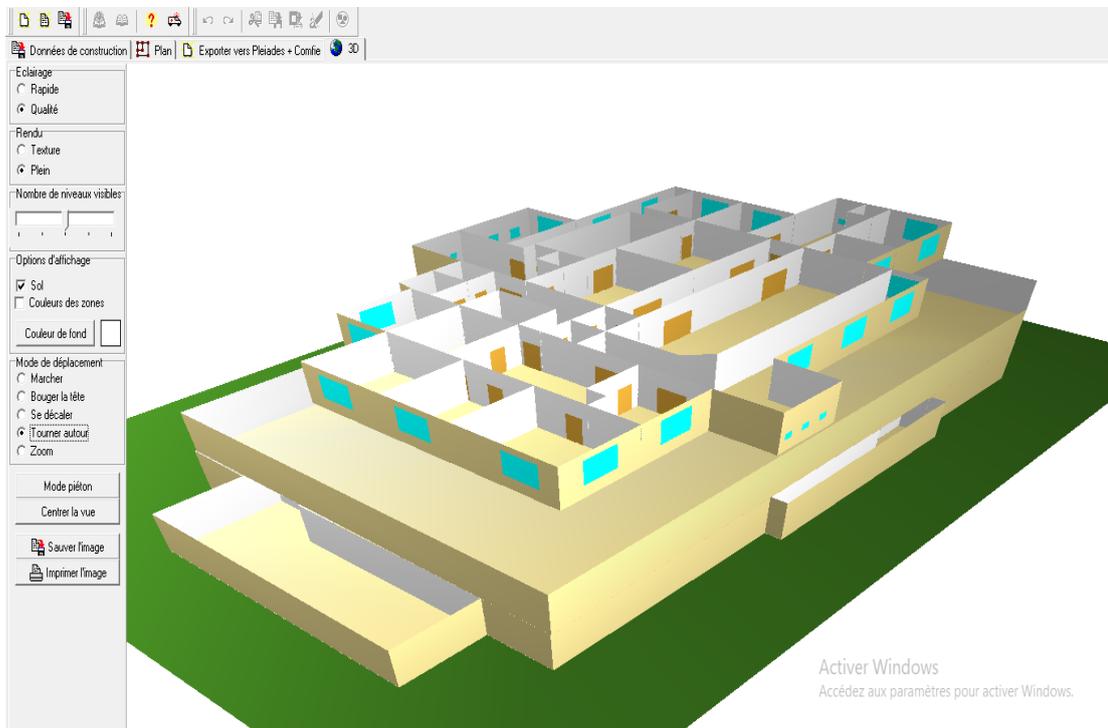
#### III.3.2.4.2 Dessin du plan sous Alcyone

- ✓ Caractéristiques des murs
- ✓ Caractéristiques des ouvrants
- ✓ Identification des pièces
- ✓ Définition de l'orientation
- ✓ Définition du site

# Chapitre III: Modélisation

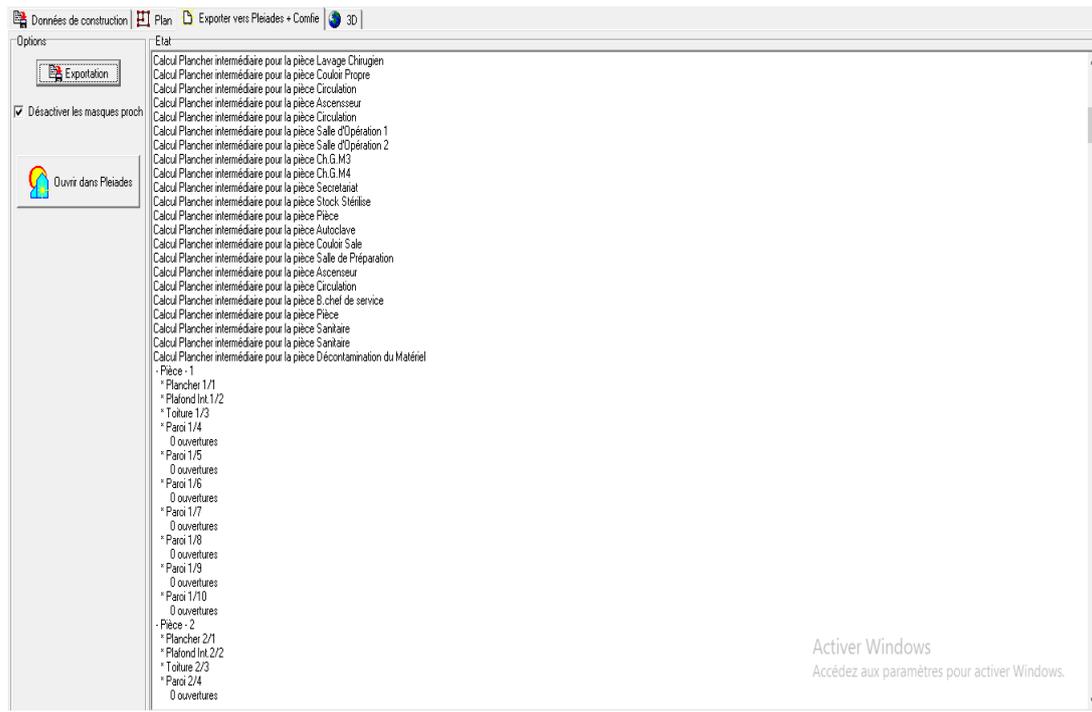


**Figure III-17 : plan tracé avec alcyon**



**Figure III-18: plan en 3D sous l'alcyon**

### III.3.2.4.3 Exporter vers pleiades



*Figure III-19: exportation du plan vers pleiades*

### III.3.2.5 Définition des scénarios

- Scenario d'occupation.

#### III.3.2.5.1 Scénarios d'occupation

Le scénario d'occupation : permet de déterminer le nombre d'utilisateurs du logement ainsi que le taux de fréquentation de l'espace par heure, le but de ce scénario est de déterminer les apports internes produits par les occupants de la maison étudiée.

Pour notre simulation, nous avons décidé d'effectuer des scénarios d'occupation différentes pour chaque zone selon l'occupation de l'espace par heure.

- la zone 01 –les chambres- : 10 occupants.
- La zone 02 – les bureaux- : 09 occupants.
- La zone 03 – salle d'opération - : 14 occupants.
- La zone 04- salle de reveil - : 15 occupants.
- La zone 05 - salle de préparation - : 04 occupants.
- La zone 06 : 08 occupants.
- La zone 07 : circulation -

## Chapitre III: Modélisation

%	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	28	28	28	28	28	28	28
8 H	28	28	28	28	28	28	28
9 H	28	28	28	28	28	28	28
10 H	28	28	28	28	28	28	28
11 H	28	28	28	28	28	28	28
12 H	28	28	28	28	28	28	28
13 H	50	50	50	50	50	50	50
14 H	40	40	40	40	40	40	40
15 H	40	40	40	40	40	40	40
16 H	40	40	40	40	40	40	40
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
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	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

Figure III-20 scénario d'occupation zone 1: chambres

%	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	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	50	50	50	50	50	50	50
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	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
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

Figure III-21 scénario d'occupation zone 2: Bureaux

## Chapitre III: Modélisation

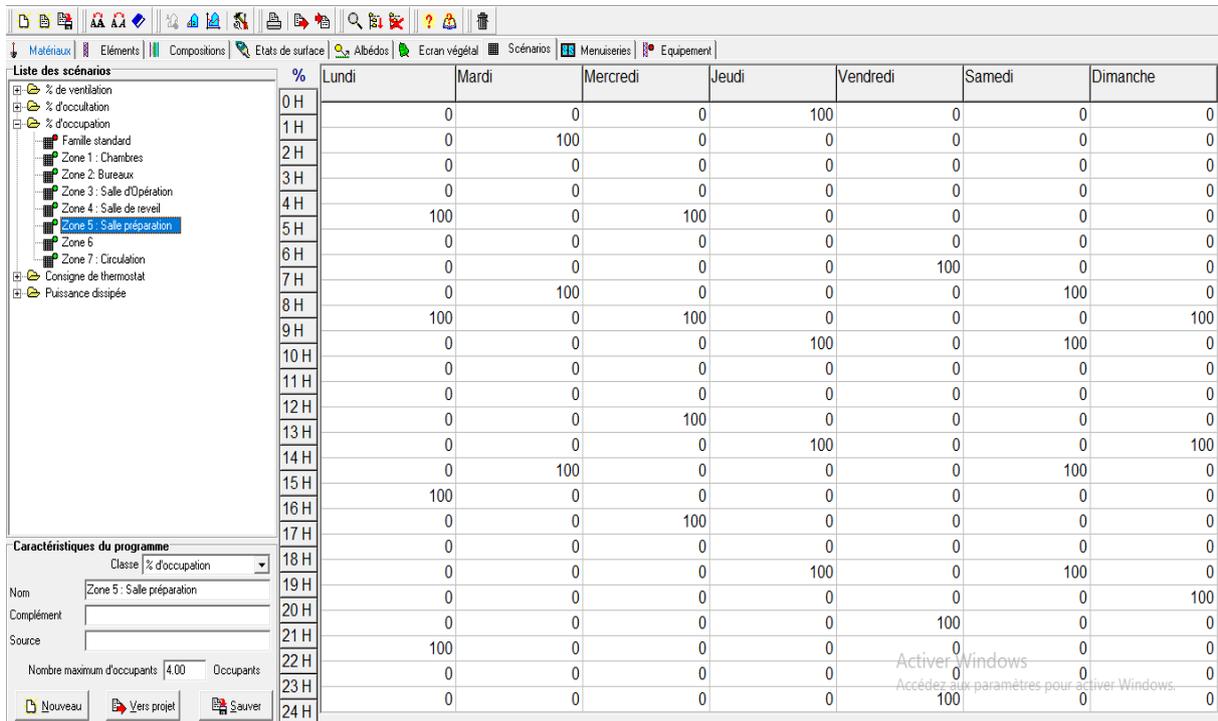
%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	100	0	0
2 H	0	0	0	0	100	0	0
3 H	0	100	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	100	0	100	0	0	0	0
6 H	100	0	100	0	0	0	0
7 H	0	0	100	0	100	0	0
8 H	0	0	100	0	100	0	0
9 H	100	100	100	0	0	100	100
10 H	100	100	100	0	0	100	100
11 H	100	0	100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

Figure III-22 scénario d'occupation zone 3 : salle d'opération

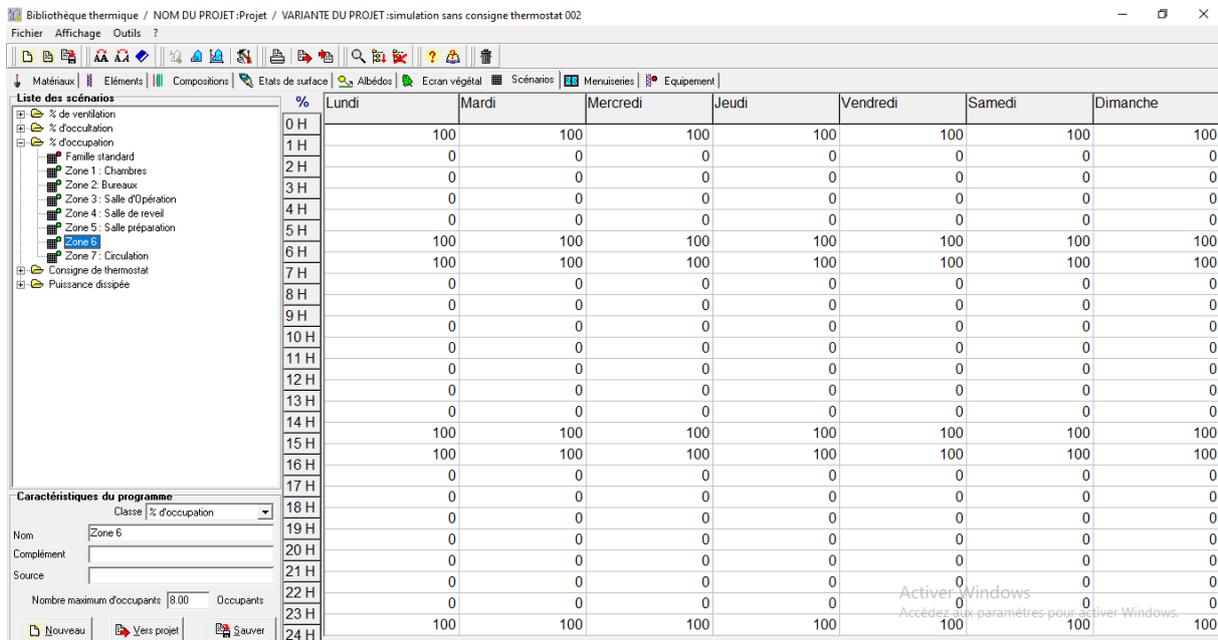
%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	70	70	70	70	70	70	70
1 H	70	70	70	70	70	70	70
2 H	70	70	70	70	70	70	70
3 H	70	70	70	70	70	70	70
4 H	70	70	70	70	70	70	70
5 H	70	70	70	70	70	70	70
6 H	100	100	100	100	100	70	100
7 H	100	100	100	100	100	70	100
8 H	100	100	100	100	100	70	100
9 H	100	100	100	100	100	70	100
10 H	100	100	100	100	100	70	100
11 H	100	100	100	100	100	70	100
12 H	100	100	100	100	100	70	100
13 H	100	100	100	100	100	70	100
14 H	100	100	100	100	100	70	100
15 H	100	100	100	100	100	70	100
16 H	100	100	100	100	100	70	100
17 H	100	100	100	100	100	70	100
18 H	100	100	100	100	100	70	100
19 H	100	100	100	100	100	70	100
20 H	100	100	100	100	100	70	100
21 H	70	70	70	70	70	70	70
22 H	70	70	70	70	70	70	70
23 H	70	70	70	70	70	70	70
24 H	70	70	70	70	70	70	70

Figure III-23 scénario d'occupation zone 4: salle de réveil

## Chapitre III: Modélisation



**Figure III-24 scénario d'occupation zone 5: salle de préparation**



**Figure III-25 Scénario d'occupation zone 6**

## Chapitre III: Modélisation

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H		20	20	20	20	20	20
2 H		20	20	20	20	20	20
3 H		20	20	20	20	20	20
4 H		20	20	20	20	20	20
5 H		20	20	20	20	20	20
6 H		20	20	20	20	20	20
7 H		20	20	20	20	20	20
8 H		20	20	20	20	20	20
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	60	60	60	60	60	60	60
18 H	60	60	60	60	60	60	60
19 H	60	60	60	60	60	60	60
20 H	60	60	60	60	60	60	60
21 H	60	60	60	60	60	60	60
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

**Caractéristiques du programme**  
 Classe: % d'occupation  
 Nom: Zone 7: Circulation  
 Complément:  
 Source:  
 Nombre maximum d'occupants: 40.00 Occupants

Figure III-26 scénario d'occupation zone 7: couloir

### III.3.2.5.2 Consigne thermostat

Afin de déterminer les besoins de chauffage La consigne de thermostat.

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

**Caractéristiques du programme**  
 Classe: Consigne de thermostat  
 Nom: Zone 1: Chambres  
 Complément:  
 Source:

Figure III-27 consigne thermostat zone 1

## Chapitre III: Modélisation

**Liste des scénarios**

- % de ventilation
- % d'occultation
- % d'occupation
- Consigne de thermostat
  - Salle d'opération
  - Chauffage standard
  - circulation zone7
  - Climatisation standard
  - Zone 1: Chambres
  - Zone 2: Bureaux**
  - Zone 4 : Salle de réveil
  - Zone 5 : Salle de préparation
  - Zone 6
- Puissance dissipée

**Caractéristiques du programme**

Classe: Consigne de thermostat

Nom: Zone 2: Bureaux

Complément:

Source:

Nouveaux | Vers projet | Sauver

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

**Figure III-28 consigne thermostat zone 2**

**Liste des scénarios**

- % de ventilation
- % d'occultation
- % d'occupation
- Consigne de thermostat
  - Salle d'opération zone 3**
  - Chauffage standard
  - circulation zone7
  - Climatisation standard
  - Zone 1: Chambres
  - Zone 2: Bureaux
  - Zone 4 : Salle de réveil
  - Zone 5 : Salle de préparation
  - Zone 6
- Puissance dissipée

**Caractéristiques du programme**

Classe: Consigne de thermostat

Nom: Salle d'opération zone 3

Complément:

Source:

Nouveaux | Vers projet | Sauver

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	27	27	27	27	27	27	27
2 H	27	27	27	27	27	27	27
3 H	27	27	27	27	27	27	27
4 H	27	27	27	27	27	27	27
5 H	27	27	27	27	27	27	27
6 H	27	27	27	27	27	27	27
7 H	27	27	27	27	27	27	27
8 H	27	27	27	27	27	27	27
9 H	27	27	27	27	27	27	27
10 H	27	27	27	27	27	27	27
11 H	27	27	27	27	27	27	27
12 H	27	27	27	27	27	27	27
13 H	27	27	27	27	27	27	27
14 H	27	27	27	27	27	27	27
15 H	27	27	27	27	27	27	27
16 H	27	27	27	27	27	27	27
17 H	27	27	27	27	27	27	27
18 H	27	27	27	27	27	27	27
19 H	27	27	27	27	27	27	27
20 H	27	27	27	27	27	27	27
21 H	27	27	27	27	27	27	27
22 H	27	27	27	27	27	27	27
23 H	27	27	27	27	27	27	27
24 H	27	27	27	27	27	27	27

**Figure III-29 consigne thermostat zone 3**

# Chapitre III: Modélisation

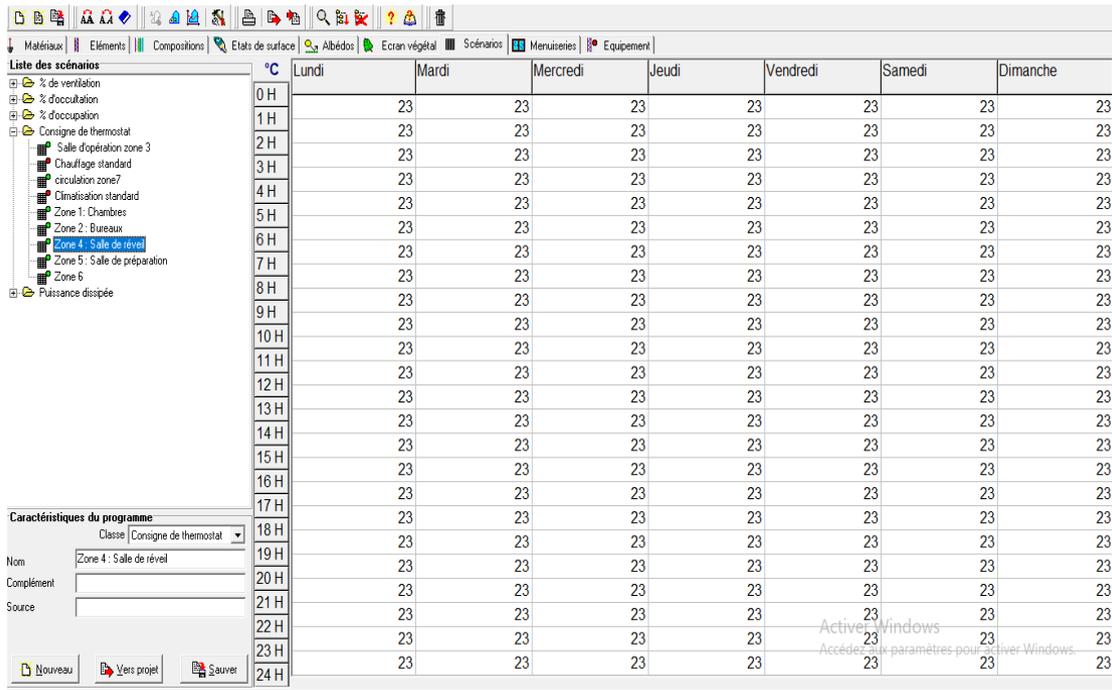


Figure III-30 consigne thermostat zone 4

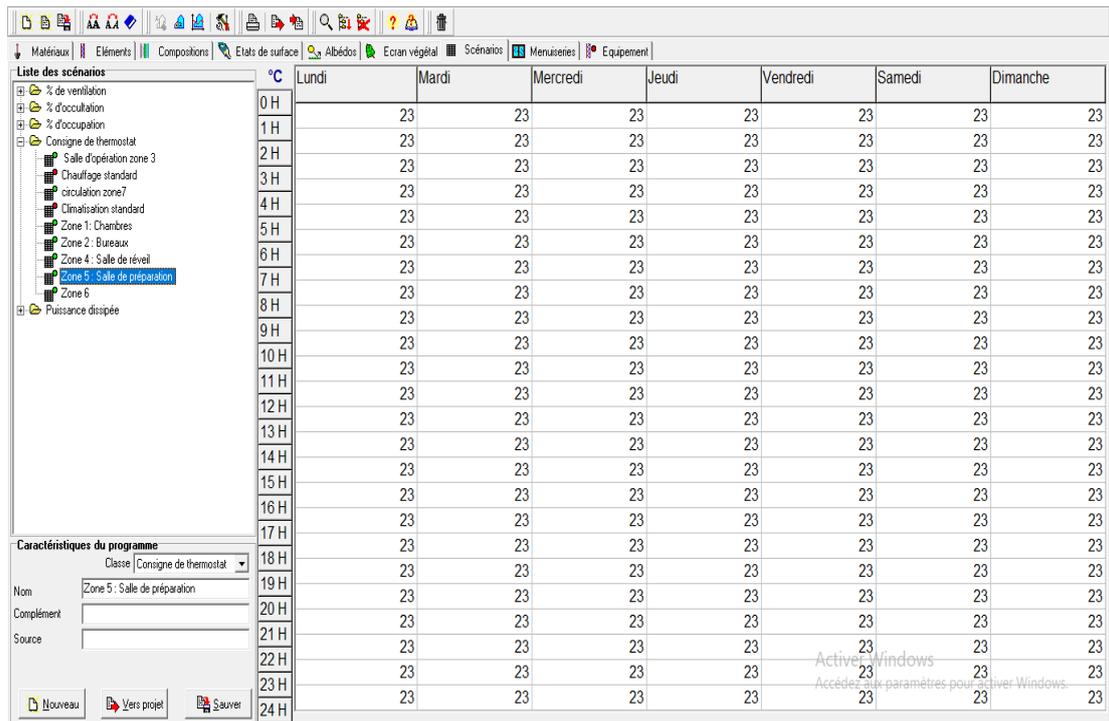


Figure III-31 consigne thermostat zone 05

## Chapitre III: Modélisation

**Liste des scénarios**

- % de ventilation
- % d'occupation
- Consigne de thermostat
  - Salle d'opération zone 3
  - Chauffage standard
  - circulation zone7
  - Climatisation standard
  - Zone 1: Chambres
  - Zone 2: Bureaux
  - Zone 4: Salle de réveil
  - Zone 5: Salle de préparation
  - Zone 6**
- Puissance dissipée

**Caractéristiques du programme**

Classe: Consigne de thermostat

Nom: Zone 6

Complément:

Source:

Nouveaux | Vers projet | Sauver

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

Figure III-32 consigne thermostat zone 6

**Liste des scénarios**

- % de ventilation
- % d'occupation
- Consigne de thermostat
  - Salle d'opération zone 3
  - Chauffage standard
  - circulation zone7**
  - Climatisation standard
  - Zone 1: Chambres
  - Zone 2: Bureaux
  - Zone 4: Salle de réveil
  - Zone 5: Salle de préparation
  - Zone 6
- Puissance dissipée

**Caractéristiques du programme**

Classe: Consigne de thermostat

Nom: circulation zone7

Complément:

Source:

Nouveaux | Vers projet | Sauver

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

Figure III-33 consigne thermostat zone 7

### III.3.2.5 Scénario de ventilation

La ventilation est certainement, le point le plus important de la simulation. En effet, il est nécessaire d'introduire de l'air neuf dans les différentes zones pour garantir le confort.

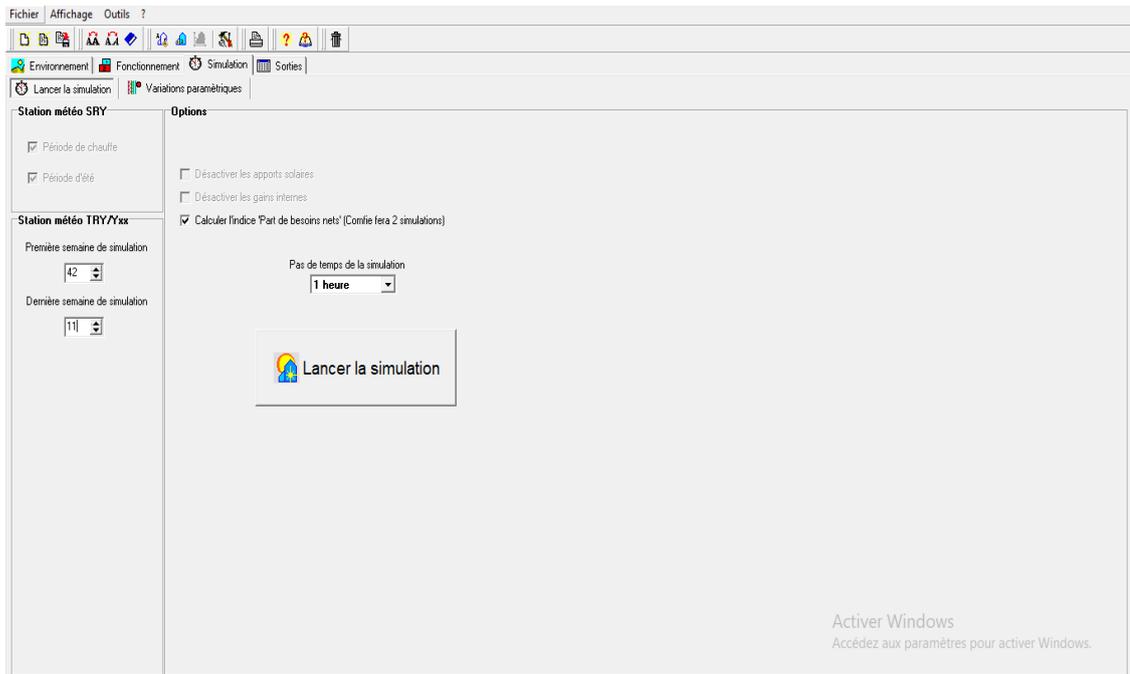
	%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H								
1 H		100	100	100	100	100	100	100
2 H		100	100	100	100	100	100	100
3 H		100	100	100	100	100	100	100
4 H		100	100	100	100	100	100	100
5 H		100	100	100	100	100	100	100
6 H		100	100	100	100	100	100	100
7 H		100	100	100	100	100	100	100
8 H		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		100	100	100	100	100	100	100

Figure III-34 scénario de ventilation

### III.4 La simulation

Pour étudier le comportement thermique du bâtiment, On a fait deux simulations pour la semaine la plus froide sans et avec consigne thermostat :

- La première simulation est faite par la composition original d'hôpital.
- La deuxième simulation est faite avec le renforcement d'isolation et avec une nouvelle menuiserie.



*Figure III-35 Lancement de la simulation*

### III.5 Conclusion

–Les scénarios de fonctionnement sont utilisés afin d'identifier les besoins en chauffage ainsi que l'évolution des températures.

– 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. Elle 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.

# **Chapitre IV:**

## **Résultats et discussions**



## Fiche de Synthèse

Résumer				
Projet sélectionné : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Projet / simulation 1 sans consigne thermostat</span>				
Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
Année				
Ch.GM 1+Observation des Malades+Ch.GM 2+Pièce+Ch.GM	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
B.Chef de Bloc+Local/P Chirurgien +Secrétariat +B.Chef de S	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
Circulation +Circulation +Circulation +Couloir de Propre+Circul	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
Salle de Réveil	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
Salle des matériels stérilise +Stock Stérilise +Autocade+Décoi	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
Salled'Opération 1+Salled'Opération 2	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
Lavage +Salle de préparation	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W
<b>Total</b>	<b>0 kWh</b>	<b>0 kWh</b>	<b>0 W</b>	<b>0 W</b>

Figure IV-2 les besoins de chauffage sans consigne thermostat simulation 01

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage sont nuls car la consigne thermostat n'est pas intégrée dans cette simulation.

### b. Avec consigne thermostat

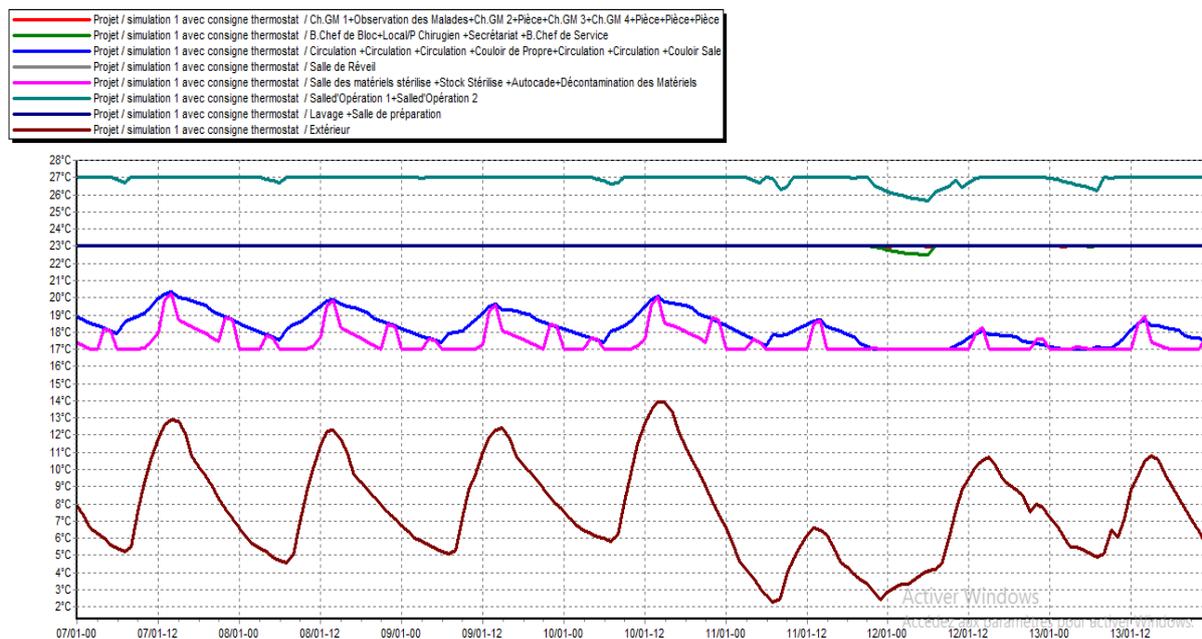
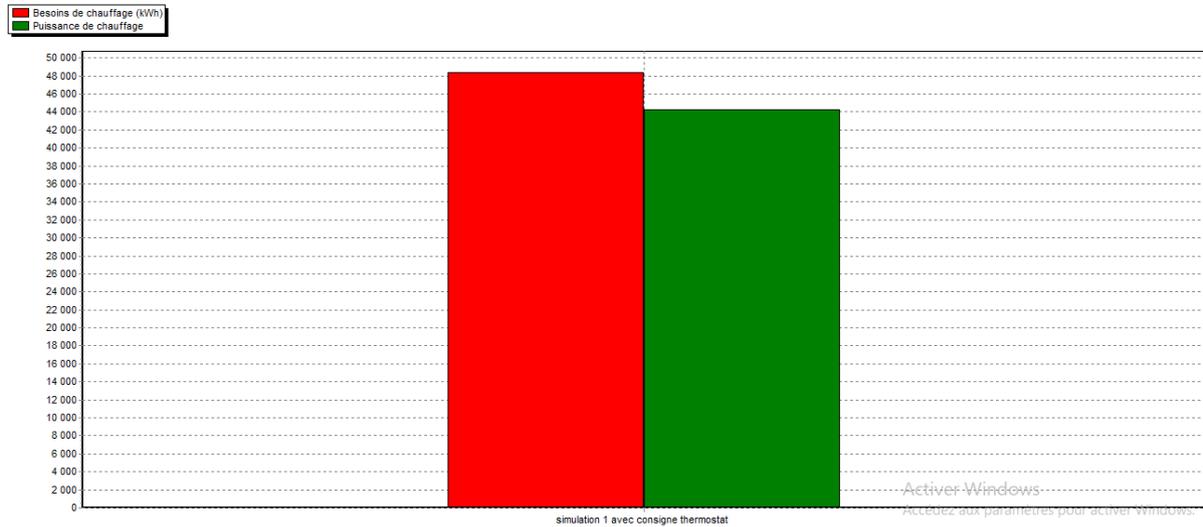


Figure IV-3 graphe de température avec consigne thermostat pour la 1<sup>er</sup> simulation

**Synthèse :** D'après la visualisation graphique, on constate que les températures à l'intérieures sont plus important par rapport à celles de l'extérieur elles sont comprise entre 17°C et 27°C et plus stable par rapport à celle de sans consigne thermostat.

## Histogramme des besoins et la puissance de chauffage



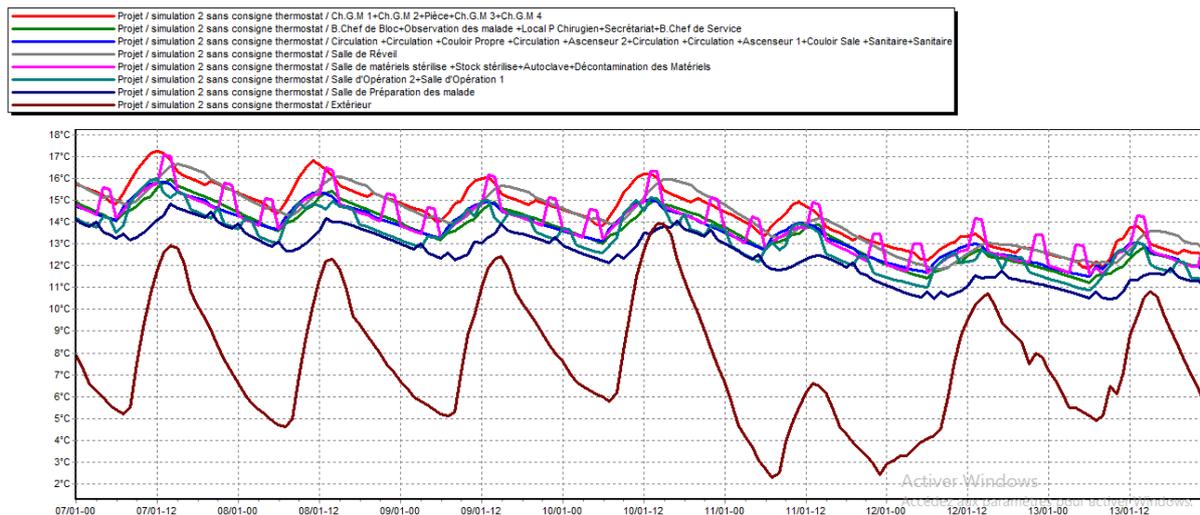
**Figure IV-4 des besoins et la puissance de chauffage simulation 01**

Les besoins en chauffage sont estimés à 48 333.7793 kWh durant la semaine la plus froide, alors que la puissance de chauffage est estimée à 44 234.76 W.

### IV.2.1.2 Simulation 2 avec l'isolation

#### a. Sans consigne thermostat

Graphe de température :



**Figure IV-5 graphe de température du 2<sup>em</sup> simulation sans consigne thermostat**

**Synthèse :** D'après la figure IV-5, on remarque que la température extérieure maximale et les températures des pièces chauffées (qui varient entre 13 et 17°C) après l'isolation, elles sont proches

## Fiche de synthèse

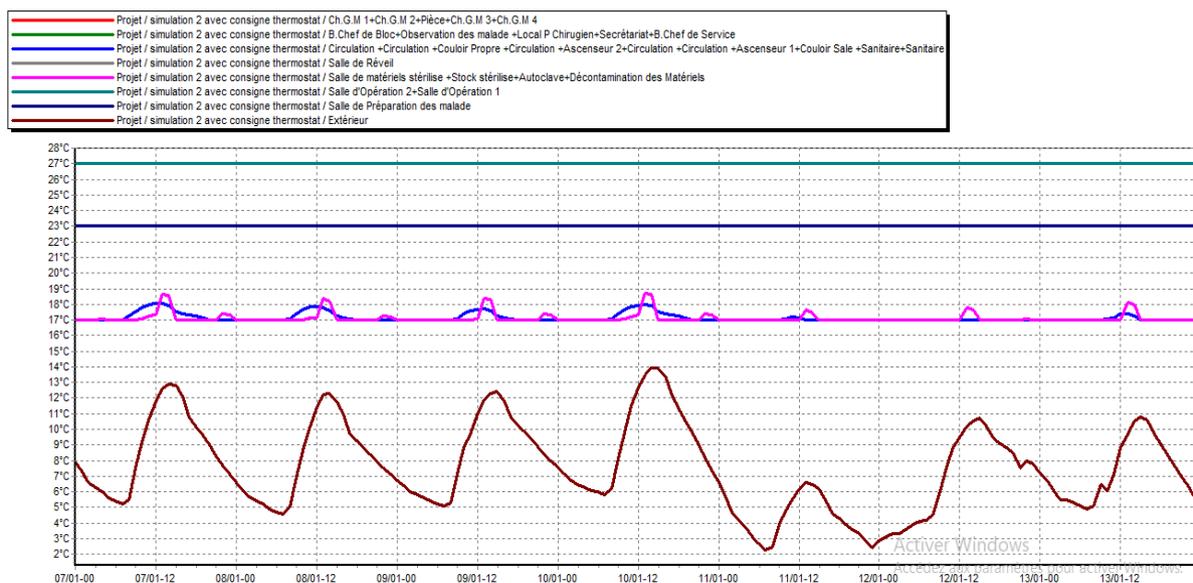
Résumer			
Projet sélectionné : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Projet / simulation 2 sans consigne thermostat</span>			
Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.
Année			
Ch.G.M 1+Ch.G.M 2+Pièce+Ch.G.M 3+Ch.G.M 4	0 kWh	0 kWh	0 W
B.Chef de Bloc+Observation des malade +Local P Chirurgien+	0 kWh	0 kWh	0 W
Circulation +Circulation +Couloir Propre +Circulation +Ascense	0 kWh	0 kWh	0 W
Salle de Réveil	0 kWh	0 kWh	0 W
Salle de matériels stérilise +Stock stérilise+Autoclave+Décont	0 kWh	0 kWh	0 W
Salle d'Opération 2+Salle d'Opération 1	0 kWh	0 kWh	0 W
Salle de Préparation des malade	0 kWh	0 kWh	0 W
<b>Total</b>	<b>0 kWh</b>	<b>0 kWh</b>	<b>0 W</b>

*Figure IV-6 besoins de chauffage du 2em simulation sans consigne thermostat*

D'après les résultats de la synthèse, on constate que les valeurs nulles des besoins en chauffage sont dues à l'absence de la consigne thermostat.

### b. Avec consigne thermostat

Graphe de température :



*Figure IV-7 graphe de température avec consigne thermostat pour la 2 em simulation*

D'après les résultats obtenus, et après l'intégration de consigne thermostat La température des zones ont devenues plus stable (les températures varie entre 17 et 27°C) et le confort est atteint par rapport au cas sans consigne.

## Histogramme des besoins et la puissance de chauffage

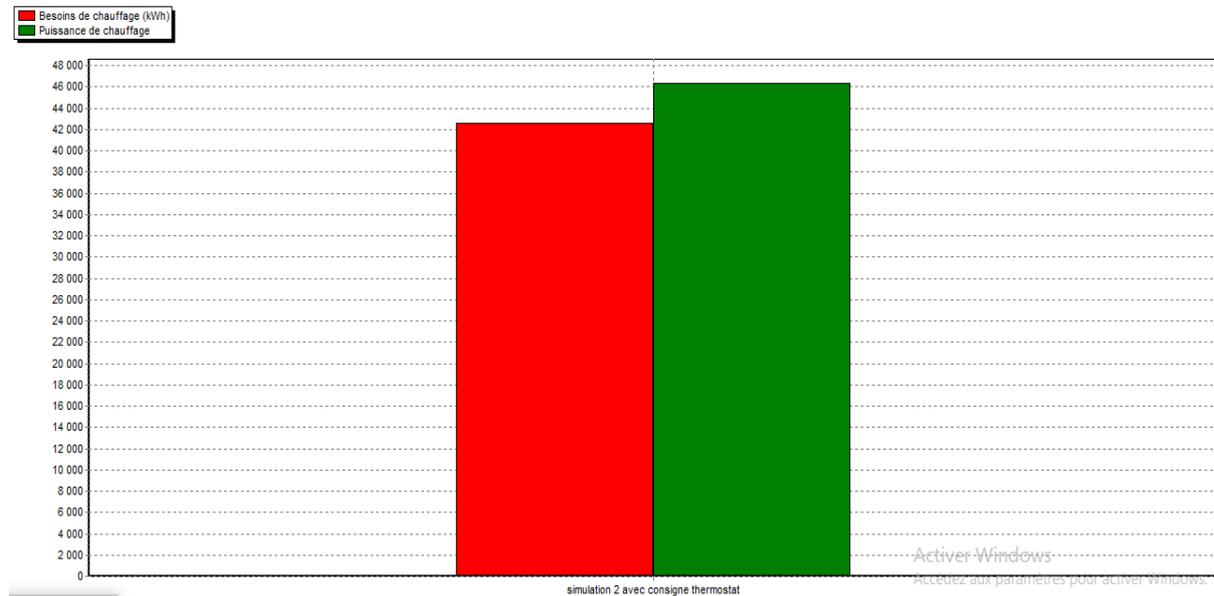


Figure IV-8 les besoins et la puissance de chauffage du 2<sup>em</sup> simulation

Les besoins en chauffage sont estimés à 42 585.642 kWh durant la semaine la plus froide, alors que la puissance de chauffage est estimée à 46 300.601 W.

D'après les résultats obtenus on a :

## Interprétation 1

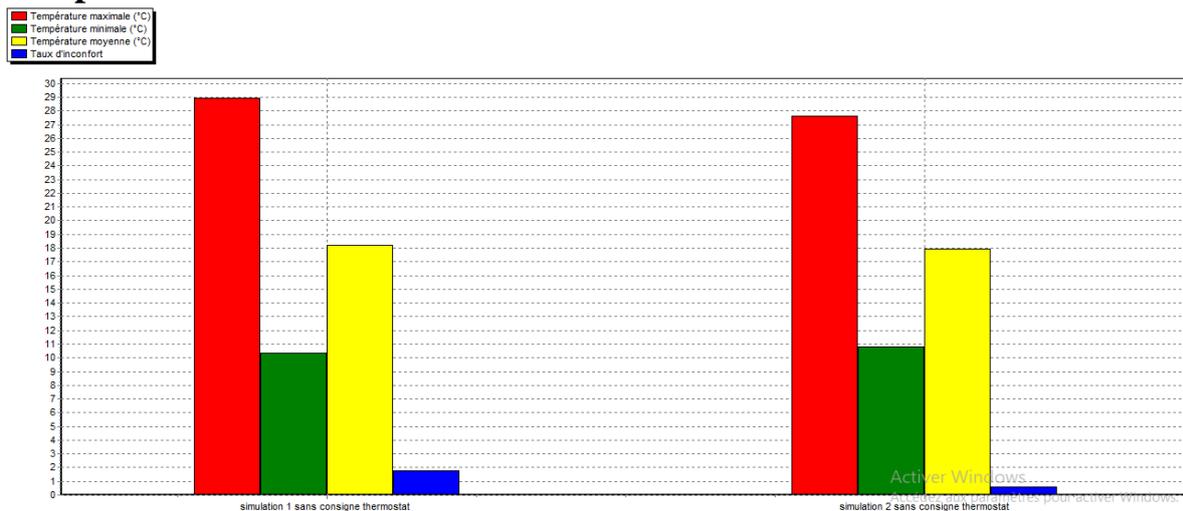
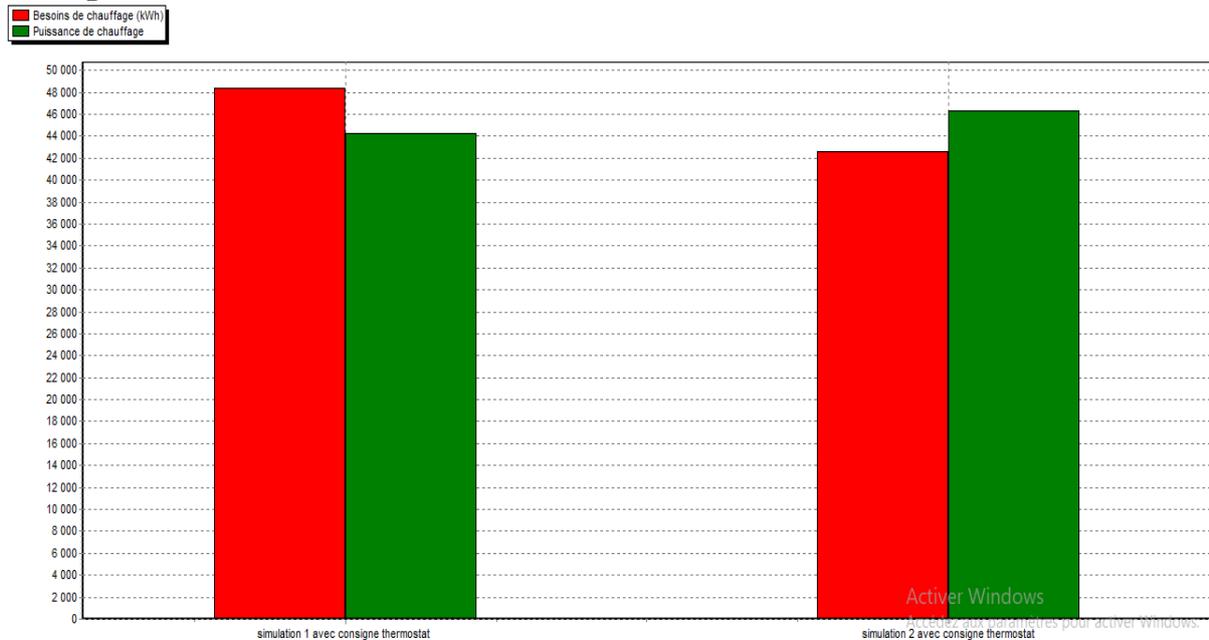


Figure IV-9 L'histogramme des températures et le taux de confort des deux simulations sans consigne thermostat

D'après les résultats, on constate qu'il y a une légère variation des températures dans les deux simulations et le taux de l'inconfort diminue de 2% à 0.75% par rapport à la première simulation.

Ce qui engendre que le comportement thermique de notre espace étudié a été amélioré en intégrant une isolation dans le but de minimiser les déperditions à travers les parois.

### Interprétation 2 :



**Figure IV-10 L'histogramme des besoins et la puissance de chauffage des deux simulations avec consigne thermostat**

On remarque que les besoins en chauffage ont diminué de 48 333.79 kWh à 42 585.642 kWh et le taux de réduction est de 12%. Par contre la puissance de chauffage a augmenté dans la deuxième simulation par rapport à la première avec 4.5%.

Ce qui explique que l'absence de l'isolation engendre une facture des besoins non négligeable.

### IV.3 Conclusion

- Après l'intégration de la consigne thermostat, dans le deuxième étage on a constaté un confort thermique en hiver dans les deux simulations.
- On est arrivé à une baisse de consommation avec le traitement d'isolation et le choix de la menuiserie.

## Conclusion générale

Comme il a été développé dans les différents chapitres, ce travail tend à étudier le comportement thermique d'un hôpital, donc ce qu'on peut retirer d'une telle étude c'est :

- Les panneaux sandwichs sont multifonctionnels ; Ils ont non seulement une fonction constructive en tant qu'élément portant, mais ils contribuent également à l'isolation thermique ainsi qu'à l'étanchéité à l'eau et à l'air. Ils augmentent considérablement le confort du bâtiment, grâce à leurs bonnes propriétés acoustiques et à leur capacité thermique. A tout ceci, s'ajoute encore leur fonction primordiale: améliorer l'esthétique du bâtiment.
- le bâtiment vérifie les exigences recommandés par DTR après le renforcement d'isolation du plancher haut du 2<sup>em</sup> étage par la laine de roche. ce qui engendre un faible besoin de chauffage et un confort thermique atteint.
- La simulation dynamique est un outil indispensable pour la conception des bâtiments neufs et pour les projets de réhabilitation à faibles consommations d'énergie, elle permet :
  - d'identifier les « points critiques ».
  - d'évaluer l'impact énergétique des solutions techniques.
- La simulation nous a montré que les besoins de chauffage de la deuxième simulation sont moins faibles que la première simulation .
- Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire des dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.

## Liste des références :

[1] CHAALEL, A. (2017). VERS UNE ECONOMIE DES ENERGIES DANS LES EQUIPEMENTS PUBLICS, LE CAS DES EQUIPEMENTS DE SANTE.

[2] : AIT HASSINA <<INTEGRATION DES CAPTEURS SOLAIRE DANS UN HOPITAL 80 LITS BORDJ OKHRIS BOUIRA>>.PROJET FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE MASTER EN GENIE MECANIQUE. OPTION : AERH.(2014/2015).L'UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB BLIDA 1.

[3] : SEDAIRA ABOU OUBAIDA<<ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE : TRAITEMENT DE MICROCLIMAT INTERIEUR DES BATIMENTS INDUSTRIELS (ABRI MSAN TELECOM TEBESSA)>>. MEMOIRE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE MASTER EN ARCHITECTURE. OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT.(2015/2016).UNIVERSITE DE LARBI TEBESSI, TEBESSA.

[4] : <https://www.lejdd.fr/Societe/Sciences/La-geothermie-quelle-energie-603237-3202760>

[5] : <http://www.fedenerg.ma/2018/04/29/la-biomasse-composante-de-la-transition-energetique-au-centre-dun-workshop-en-marge-du-siam/>

[6] : SEDIRA RABAB << PRODUCTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE ET SYSTEME DE CHAUFFAGE POUR UN HOPITAL SPECIALISE ANTI CANCER >> PROJET FIN D'ETUDE EN VUE D'OBTENTION DE DIPLOME DE MASTER EN GENIE MECANIQUE. OPTION : AERH (2014/2015). L'UNIVERSITE DE BLIDA.

[7] : <https://sites.google.com/site/maisonaenergiepositive/conception-bioclimatique>

[8] : <http://www.saph-isolation-toiture.fr/VMC-double-flux.html>

[9] : <https://www.archionline.com/construction-maison/maison-ecologique/>

[10] : <https://www.build-green.fr/vegetalisation-murs-toiture-vegetalisee>

[11] : [https://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/IF%20Eco%20construction%20TER02%20Part%20FR](https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20Eco%20construction%20TER02%20Part%20FR)

[12] : <https://www.logement-eco-responsable.com/comment-choisir-ses-brise-soleil/?cn-reloaded=1>

[13] : DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIRE (DTR C 3-2) – CNEREB

[14] : <https://construction-maison.ooreka.fr/plan-maison/voir/606953/plan-de-maison-ecologique-de-60-m>

[15] : <http://www.jardinage.eu/article/le-puits-canadien-348>

[16] : DOCUMENT PDF : GUIDE : CONFORT THERMIQUE A L'INTERIEUR D'UN ETABLISSEMENT (COMMISSION DE LA SANTE ET DE LA SECURITE DU TRAVAIL DU QUEBEC)  
[HTTPS://WWW.CNESST.GOUV.QC.CA/PUBLICATIONS/200/DOCUMENTS/DC\\_200\\_16183\\_3.PDF](HTTPS://WWW.CNESST.GOUV.QC.CA/PUBLICATIONS/200/DOCUMENTS/DC_200_16183_3.PDF)

[17] : BESBAS, YASMINA. CARACTERISATION DU CONFORT THERMIQUE ESTIVAL DANS LES CHAMBRES DES MALADES. CAS DES HOPITAUX DE BISKRA. 2019. THESE DE DOCTORAT. UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.

[18] : PARSONS, K. (2006) HEAT STRESS STANDARD ISO 7243 AND ITS GLOBAL APPLICATION. INDUSTRIAL HEALTH , 44 (3), P 368-379.

[19] : FOUCAULT, M. (1988). L'INCORPORATION DE L'HOPITAL DANS LA TECHNOLOGIE MODERNE. HERMES (PARIS. 1988), 1988, N° 2, FASCICULE THEMATIQUE" MASSES ET POLITIQUE".

[20] : CHABANE SARI, SIHEM ET GHAF FOUR, NESRINE. CENTRE DE REEDUCATION ET DE READAPTATION PHYSIQUE A TLEMCEN. THESE DE DOCTORAT.

[21] : BESBAS, YASMINA ET ZEMMOURI, NOUREDDINE. INVESTIGATION SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS LES CHAMBRES DES MALADES. ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE L'HOPITAL ANCIEN ET L'HOPITAL NEUF A BISKRA.

[22] : JI, XIANGFEI, FANG, ZHAOSONG, ZHENG, ZHIMIN, ET AL. INVESTIGATION INTO THE ADAPTION OF PMV TO EVALUATION OF THE MEDICAL STAFF IN HOSPITALS IN GUANGZHOU. IN : THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING. SPRINGER, SINGAPORE, 20

[23] : KHALID, W., ZAKI, S. A., RIJAL, H. B., & YAKUB, F. (2019). INVESTIGATION OF COMFORT TEMPERATURE AND THERMAL ADAPTATION FOR PATIENTS AND VISITORS IN MALAYSIAN HOSPITALS. ENERGY AND BUILDINGS, 183, 484-499.

[24] : ALOTAIBI BS, LO S, SOUTHWOOD E, COLEY D, EVALUATING THE SUITABILITY OF STANDARD THERMAL COMFORT APPROACHES FOR HOSPITAL PATIENTS IN AIR-CONDITIONED ENVIRONMENTS IN HOT CLIMATES, BUILDING AND ENVIRONMENT, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106561>.

[25] : OLMEDO, I., BERLANGA, F. A., VILLAFRUELA, J. M., & RUIZ DE ADANA, M. (2019). EXPERIMENTAL VARIATION OF THE PERSONAL EXPOSURE IN A HOSPITAL ROOM INFLUENCED BY WALL HEAT GAINS. BUILDING AND ENVIRONMENT. DOI:10.1016/J.BUILDENV.2019.03.008

[26] : GATEA, ANWER, BATCHA, MOHD FAIZAL MOHIDEEN, ET TAWEEKUN, JUNTAKAN. ENERGY EFFICIENCY AND THERMAL COMFORT IN HOSPITAL BUILDINGS: A REVIEW. INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING, 2020, VOL. 12, NO 3, P. 33-41.

[27] : BRAHIM NOURDINE AFFILIATION: ENSEM, HASSAN II UNIVERSITY, ENERGY AND ELECTRICAL SYSTEMS LABORATORY, CASABLANCA, MOROCCO; ABDALLAH SAAD AFFILIATION: ENSEM, HASSAN II UNIVERSITY, ENERGY AND ELECTRICAL SYSTEMS LABORATORY, CASABLANCA, MOROCCO. 2020 INTERNATIONAL CO

[28] : AZAR, PIERRE. HOPITAL AL HABTOUR. 2011.

[29] : OUAHCHIA, C., HAMAIDI-CHERGUI, F., HAMAIDI, M. S., & SAIDI, F. (2015). QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU POTABLE DES DIFFERENTS RESERVOIRS ET CHEZ LES CONSOMMATEURS DE LA COMMUNE DE TIPAZA ALIMENTES PAR LA STATION DE SIDI AMAR A PARTIR DE L'EAU DE SURFACE DU LAC-BARRAGE DE BOUKOURDANE. LARHYSS JOURNAL P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (23), 139-154.

[30] : <https://en.wikipedia.org/wiki/Damous>

[31] : <http://www.maplandia.com/algeria/chlef/damous/>

[32] : MAHBOUBI, Y., & AIDOUNI, I. LA MISE EN VALEUR DU PARC HISTORIQUE OUEST DE LA VILLE DE TIPAZA PAR LA PROJECTION D'UN CENTRE DE RECHERCHE ET D'INTERPRETATION EN ARCHEOLOGIE (DOCTORAL DISSERTATION).

[33] : GUIDE DES CALCULS DES DEPERDITIONS ET CHARGES THERMIQUES D'HIVER, DETERMINATION DES PUISSANCES DE CHAUFFAGE A INSTALLER DANS LES LOCAUX. COLLECTION DES GUIDES DE L'AICVF, 1990.

[34] : SCIENCES, TECHNOLOGIES ET SOCIETE, GUIDE PRATIQUE EN 250 QUESTIONS. MICHEL WAUTELET ET DAMIEN DUVIVIER.

[35] : <https://www.artiguesdiag.com/comparatif-des-isolants/>

# *Annexe*