



**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Blida-1**

**Faculté des Technologie**

**Département des énergies renouvelables**



**Travail personnel**

**Spécialité : Energies Renouvelables**

**Option : Habitat bioclimatique**

**Thème**

**Amélioration des performances énergétiques d'une école primaire**

**'Cas de Djelfa Ain Oussera'.**

**Réalisé par :**

- **HEDROUG Ouail.**
- **MAHMOUDI Djilali.**

**Sous la direction de :**

- **Mdm. H. Aliouat**
- **Mdm. S. Oukassi**

**2022 / 2023**

## Remerciements

Nous remercions tout d'abord, Allah qui nous a donné la force et le courage de terminer nos études et élaborer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes sans lesquelles ces années d'études n'auraient été que le pâle reflet de celles que nous avons passées.

Nos sincères remerciements à notre promotrice et Co promotrice **Mme. Aliouat et Mme Oukassi** qui nous a bien encadré et nous ont encouragé tout au long de notre travail.

Nous remercions également les membres du jury l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé notre réflexion et ont accepté à nous rencontrer et répondre à notre question durant notre recherche.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance également à l'ensemble des enseignants de département des énergies renouvelables.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## **Dédicace**

### **Je dédie ce modeste travail**

A ma chère mère Hadjira,

A mon cher père Attallah,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères Amin, Oussama et Wassim.

A mes sœurs Siham et Ilham,

Pour leur soutiens et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher amie, Mon binôme Djilali,

Pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A mes enseignants,

A tous mes amis et mes collègues,

A toute la famille du département des énergies renouvelables.

**Ouail**

## **Je dédie ce modeste travail**

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père Abdealah.

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, À cette source de tendresse, de patience et de générosité, A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman Souad que j'adore.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études, Mes sœurs.

A mon cher binôme Hedroug Ouail qui est partagés avec moi l'honneur de la réalisation de ce travail.

A toute ma famille

A tous mes ami(e)s,

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

**Djilali**

## ملخص

في الجزائر، نشهد حاليًا انتشارًا كثيفًا لمشاريع المباني التجارية والخدمية، دون وجود أي متطلبات تنظيمية فيما يتعلق بالأداء الحراري والطاقوي. تركز معايير التصميم بشكل أساسي على الوظائف والهندسة المعمارية، مما يجعل الجانب الطاقوي غالبًا ما يتم إغفاله. وهذا يؤدي إلى بناء مباني غير مريحة وتستهلك كميات كبيرة من الطاقة. من أجل معالجة هذا الوضع، تم إجراء محاكاة باستخدام برنامج "Pléiades" لتقييم الحلول السلبية. الهدف من هذه الحلول هو إنشاء بيئة داخلية مريحة وفي الوقت نفسه الحد من الاعتماد على أنظمة التدفئة والتكييف. تتيح المحاكاة تحليل تأثير هذه العوامل على راحة السكان وتقليل استهلاك الطاقة.

### كلمات مفتاحية :

الأداء الحراري والطاقوي، البعد الطاقوي، المحاكاة، برنامج Pléiades، الحلول السلبية، أنظمة التدفئة والتكييف، استهلاك الطاقة.

## Résumé

En Algérie, nous observons actuellement une prolifération de projets de bâtiments tertiaires, sans aucune exigence réglementaire en matière de performance thermique et énergétique. Les critères de conception sont principalement axés sur la fonctionnalité et l'architecture, reléguant souvent la dimension énergétique à un rôle secondaire. Cela entraîne la construction de bâtiments inconfortables et énergivores.

Afin de remédier à cette situation, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel "Pléiades" pour évaluer les solutions passives. L'objectif de ces solutions est de créer un environnement intérieur confortable tout en réduisant la dépendance aux systèmes de chauffage et de climatisation. Les simulations permettent d'analyser l'impact de ces facteurs sur le confort des occupants et la diminution de la consommation énergétique.

### Mots clé :

Performance thermique et énergétique, la dimension énergétique, simulations, Pléiades, les solutions passives, systèmes de chauffage et de climatisation, la consommation énergétique.

## Abstract

In Algeria, we are currently witnessing a proliferation of tertiary building projects without any regulatory requirements for thermal and energy performance. Design criteria are primarily focused on functionality and architecture, often neglecting the energy dimension. This results .in the construction of uncomfortable and energy-consuming buildings

To address this situation, simulations have been carried out using the "Pléiades" software to evaluate passive solutions. The objective of these solutions is to create a comfortable indoor environment while reducing reliance on heating and cooling systems. The simulations allow

for analyzing the impact of these factors on occupant comfort and the reduction of energy consumption.

**Key words :**

Thermal and energy performance, energy dimension, simulations, Pléiades, passive solutions, heating and cooling systems, energy consumption.

## **SOMMAIRE :**

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

### **CHAPITRE 1 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE et état De l'Art**

<b>I.1. Introduction</b> .....	4
<b>I.2. Enjeux du développement durable</b> .....	4
<b>I.2.1. Le pilier économique</b> .....	5
<b>I.2.2. Le pilier sociétal</b> .....	5
<b>I.2.3. Le pilier environnemental</b> .....	5
<b>I.3. Une stratégie nationale</b> .....	6
<b>I.4. Développement durable et perspectives énergétiques</b> .....	7
<b>I.4.1. Situation énergétique</b> .....	7
<b>I.4.1.1. Les réserves en énergies fossiles</b> .....	7
<b>I.4.1.2. Réactions politiques</b> .....	7
<b>I.5. Efficacité énergétique</b> .....	8
<b>I.5.1. Efficacité énergétique des bâtiments</b> .....	9
<b>I.5.2. L'amélioration des performances énergétiques d'une école primaire</b> .....	9
<b>I.5.3. Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique</b> .....	10
<b>I.5.4. La consommation énergétique en Algérie</b> .....	11
<b>I.6. La conception bioclimatique</b> .....	11
<b>I.6.1. Les principes de conception bioclimatique</b> .....	11
<b>I.6.1.1. Le choix des matériaux</b> .....	11
<b>I.6.1.2. L'orientation et l'implantation</b> .....	12
<b>I.6.1.3. L'isolation thermique</b> .....	12
<b>I.6.1.4. La forme architecturale</b> .....	13
<b>I.6.2. La construction bioclimatique</b> .....	13
<b>I.6.3. L'architecture bioclimatique</b> .....	13
<b>I.7. Le confort thermique :</b> .....	14
<b>I.7.1. Les six paramètres qui influents sur le confort thermique</b> .....	14
<b>I.8. L'État de l'Art :</b> .....	15
<b>I.9. Conclusion :</b> .....	17

### **CHAPITRE 2 : PRESENTATION Du CAS D'étude**

<b>II.1. Introduction</b> .....	19
<b>II.2. Présentation de site</b> .....	19
<b>II.2.1. Présentation de la région étudiée</b> .....	19
<b>II.2.2. Situation géographique du site</b> .....	19

II.2.3. Présentation de la commune.....	20
II.2.4. Météo habituelle a Djelfa.....	21
II.3. Les logiciels de simulation climatique .....	21
II.3.1. Logiciel METEONORM.....	21
II. 3.2. Données climatiques de la région de Djelfa par le logiciel METEONORM .....	22
II.3.3. Température moyenne a Ain Oussera.....	22
II.4. Prestation du projet.....	24
II.4.1. Plan d'architecture du l'école primaire.....	24
II.4.2. Tableau surfacique des espaces étudiés .....	25
II.4.3. Caractéristique du cas étudie et Calcul de coefficient de transmission surfacique (K) .....	26
II.4.3.1. Composition des murs extérieurs.....	26
II.4.3.2. Composition des mures intérieures.....	26
II.4.3.3. Composition du plancher bas .....	26
II.4.3.4. Composition du plancher haute .....	27
II.4.3.5. Description des ouvrants .....	27
II.4.3.5.1. Les caractéristiques des portes.....	27
II.4.3.5.2. Les caractéristiques des fenêtres .....	27
II.5. Conclusion.....	28
<b>CHAPITRE 03 : Simulation par le logiciel Pléiade</b>	
III.1. Introduction.....	30
III.2. Logiciel pléiade.....	30
III.3. Caractéristiques principales .....	30
III.4. Pléiade STD Comfie.....	30
III.5. Sous Pléiade Comfie .....	31
III.5.1. Composition des éléments constructifs .....	31
III.5.2. Définir Types des ouvertures .....	33
III.6. Le plan .....	41
III.6.1. Caractéristique des murs .....	42
III.6.2. Caractéristique des ouvertures.....	43
III.6.3. Indentification des pièces et Indentification des zones .....	43
III.7. Définition des scénarios de fonctionnement .....	45
III.7.1. Scénario d'occupation .....	45
III.7.2. Scénario de ventilation .....	46
III.7.3. Scénario de puissance dissipée.....	47
III.7.4. Scénario de consigne thermostat .....	49
III.7.5. Définir les scénarios de fonctionnement : .....	50



<b>III.7.6. Définir Les ponts thermiques.....</b>	<b>51</b>
<b>III.8. Lancement de la simulation .....</b>	<b>51</b>
<b>CHAPITRE 4 : résultats et discussions</b>	
<b>VI.1. Introduction :.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.2. Simulation estivale : .....</b>	<b>55</b>
<b>IV.2.1. Sans consigne : .....</b>	<b>55</b>
<b>IV.2.1. Avec consigne : .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.6. Evaluation énergétique de notre cas d'étude .....</b>	<b>65</b>
<b>VI.8. Conclusion : .....</b>	<b>67</b>
<b>Références bibliographique .....</b>	<b>68</b>

## Liste de figures

<b>Figure (I.1) :</b> Les 3 piliers du développement durable.....	5
<b>Figure (I.2) :</b> Les 9 défis de la stratégie nationale de développement durable.....	7
<b>Figure (I.3) :</b> Les leviers de l'efficacité énergétique.....	11
<b>Figure (I.4) :</b> Les paramètres du confort thermique.....	16
<b>Figure (II.1) :</b> Situation géographique de Djelfa .....	21
<b>Figure (II.2) :</b> Communes limitrophes d'Ain Oussera. ....	21
<b>Figure (II.3) :</b> Diagramme de l'estimation de la variation mensuelle de l'irradiation solaire.....	23
<b>Figure (II.4) :</b> Diagramme de l'estimation de l'irradiation solaire globale. ....	23
<b>Figure (II.5) :</b> Diagramme de la température moyenne mensuelle à Djelfa. ....	24
<b>Figure (II.6) :</b> Diagramme de la température. ....	24
<b>Figure (II.7) :</b> Diagramme représente la précipitation de Djelfa.....	24
<b>Figure (II.8) :</b> Diagramme représente la distribution de la durée d'ensoleillement effective moyenne Mensuelle à Djelfa.....	25
<b>Figure (II.9) :</b> Plan d'architecture du l'école primaire (a) et (b).....	26
<b>Figure (III.1) :</b> Murs extérieure. ....	32
<b>Figure (III.2) :</b> Murs intérieure. ....	33
<b>Figure (III.3) :</b> Plancher bas.....	33
<b>Figure (III.4) :</b> Plancher haut. ....	34
<b>Figure (III.5) :</b> Caractéristique de porte bois extérieure des classe.....	34
<b>Figure (III.6) :</b> Caractéristique de porte bois extérieure de salle polyvalente.....	35
<b>Figure (III.7) :</b> Caractéristique de porte métallique d'administration.....	35
<b>Figure (III.8) :</b> Caractéristique de porte bois intérieure de bureau Directeur.....	36
<b>Figure (III.9) :</b> Caractéristique de porte bois intérieure de sanitaires.....	36
<b>Figure (III.10) :</b> Caractéristique de porte simple de WC.....	37
<b>Figure (III.11) :</b> Caractéristique de premier type des fenêtres de bois des classes. ....	37
<b>Figure (III.12) :</b> Caractéristique de 2ème type des fenêtres de bois des classes. ....	38
<b>Figure (III.13) :</b> Caractéristique de premier type des fenêtres de bois de la salle polyvalente. .....	38
<b>Figure (III.14) :</b> Caractéristique de 2ème type des fenêtres de bois de la salle de polyvalente. .....	39
<b>Figure (III.15) :</b> Caractéristique des fenêtres de bois d'administration. ....	39

<b>Figure (III.16) :</b> Caractéristique des fenêtres de PVC DV de WC.....	40
<b>Figure (III.17) :</b> Composition porte de WC.....	40
<b>Figure (III.18) :</b> Composition porte de Bureau directeur et secrétariat.....	41
<b>Figure (III.19) :</b> Données de construction. ....	41
<b>Figure (III.20) :</b> Plan de l'administration et salle polyvalente. ....	42
<b>Figure (III.21) :</b> Plan des classes. ....	42
<b>Figure (III.22) :</b> Composition des murs. ....	43
<b>Figure (III.23) :</b> Caractéristique des ouvertures de l'école. ....	44
<b>Figure (III.24) :</b> Indentification des pièces et les parties d'école.....	44
<b>Figure (III.25) :</b> Les zones d'école.....	45
<b>Figure (III.26) :</b> La forme 3D de d'école sans et avec toi. ....	45
<b>Figure (III.27) :</b> Occupation des classes 1. ....	46
<b>Figure (III.28) :</b> Occupation des classes 2. ....	46
<b>Figure (III.29) :</b> Occupation de l'administration.....	47
<b>Figure (III.30) :</b> Ventilation sans consigne.....	47
<b>Figure (VI.13) :</b> Evaluation des températures pour la semaine la plus chaude avec isolation à plancher haute et mure extérieur. ....	63
<b>Figure (VI.14) :</b> Evaluation de température de la semaine la plus froide avec isolation à plancher haute et mure extérieur.....	63
<b>Figure (VI.15) :</b> Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation dans les murs extérieurs. ....	64
<b>Figure (VI.16) :</b> Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation dans la toiture. ....	64
<b>Figure (VI.17) :</b> Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation dans les murs extérieurs et la toiture.....	64
<b>Figure (VI.18) :</b> Histogramme des besoins en chauffage avec isolation. ....	65
<b>Figure (VI.19) :</b> Histogramme de la climatisation avec isolation. ....	65
<b>Figure (VI.20) :</b> Etiquette du classement énergétique. ....	66

## Liste des tableaux

<b>Tableau (I.1) :</b> Les objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement. ....	9
<b>Tableau (II.1) :</b> Tableau surfacique des espaces étudiés. ....	26
<b>Tableau (II.2) :</b> Composition des murs extérieurs. ....	27
<b>Tableau (II.3) :</b> Composition des mures intérieures. ....	27
<b>Tableau (II.4) :</b> Composition du plancher bas. ....	27
<b>Tableau (II.4) :</b> Composition du plancher haute. ....	28
<b>Tableau (II.5) :</b> Les caractéristiques des portes. ....	28
<b>Tableau (II.6) :</b> Les caractéristiques des fenêtres. ....	28
<b>Tableau (III.1) :</b> La puissance dissipée totale. ....	48
<b>Tableau (VI.1) :</b> prix et épaisseurs de liège. ....	26

## Introduction générale

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois. Cela n'exclut pas pour autant le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes d'éoliennes et la mise en œuvre de projets en biomasse, en géothermie et en cogénération. Le programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique se décline en cinq axes :

- Le développement des énergies renouvelables.
- Le développement de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie.
- Les capacités industrielles à développer pour accompagner le programme.
- La recherche et développement.
- Le cadre juridique et réglementaire et les mesures incitatives

Le secteur du bâtiment est l'un des plus grands consommateurs d'énergie au niveau mondial, en effet sa consommation énergétique n'est pas loin de la moitié de la consommation globale, ce secteur représente un potentiel énorme d'efficacité énergétique, une cible de choix dans la réduction des consommations, dont cette énergie est utilisée pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage ainsi que la production d'eau chaude sanitaire.

Le secteur du bâtiment en Algérie ne fait pas exception, Durant ces dernières décennies de nouveaux modèles architecturaux qu'on appelle « constructions modernes », qui sont inadaptés au climat et consomment beaucoup d'énergie, notamment dans les bâtiments tertiaires. Très souvent, ces constructions négligent les aspects climatiques, dont l'importance ne parait pas aux yeux du propriétaire ou du concepteur dans les premières étapes du projet. Ceci engendre des sensations d'inconfort des occupants, une fois la construction réalisée. Le recours à des dépenses supplémentaires de chauffage et de climatisation, grands consommateurs d'énergie et producteurs de gaz à effet de serre va palier à ce problème d'inconfort.

Notre recherche vise à améliorer la performance énergétique de l'école primaire à Djelfa exactement à Ain Oussera. Nous cherchons à trouver des solutions adéquates, à la fois passives et actives, pour réduire la consommation d'énergie dans notre cas d'étude.

## Problématique

On résume deux problèmes principaux pour avoir un bâtiment dans les normes de la **construction bioclimatique**.

Peut- on réduire la consommation énergétique tout en préservant le confort thermique ?

## L'objectif de travail

❖ Le but de notre travail est d'améliorer la performance énergétique de l'école

## Hypothèses

❖ L'isolation peut être une solution adéquate pour améliorer la performance d'école.

## Structure du mémoire

Ce mémoire est structuré sous formes de cinq chapitres qui se succèdent et se complètent.

- Le premier chapitre, on a fait une recherche bibliographique et l'état de l'art.
- Le deuxième chapitre on a présenté notre cas d'étude ; l'école primaire située à Djelfa (Ain Oussera), sa situation géographique, et les matériaux de construction.
- Le troisième chapitre : est consacré à la méthodologie de la simulation thermique dynamique, et une présentation de logiciel PLEIADES, et METEONORM7.0.
- Le quatrième chapitre on présenter les résultats de la modélisation du projet et discussion des résultats.

Nous terminons par une conclusion générale qui résume notre travail.

# **CHAPITRE 1 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE ET ÉTAT DE L'ART**

## I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous avons présente quelques définitions dans le domaine de l'architecture bioclimatique et comment assurer le confort thermique dans le bâtiment ainsi que les méthodes de construction bioclimatique.

## I.2. Enjeux du développement durable

La notion de développement durable a vu le jour il y a trente ans. Aux premiers cris d'alarme de certains membres de la communauté scientifique, relayés par des organisations écologistes, a succédé une prise de conscience plus générale des conséquences de l'activité humaine...

Face à des phénomènes tels que la croissance démographique et la mondialisation économique, face à de nouveaux problèmes majeurs comme les conséquences de l'effet de serre ou l'épuisement des ressources naturelles, de nombreuses voix exhortent les États à agir. Le rapport de Brundtland a défini en 1987 le développement durable « comme un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». Un tel développement doit prendre en compte trois dimensions indissociables : économique, sociale et environnementale. [1]



Figure (I.1) : Les 3 piliers du développement durable. [1]



### **I.2.1. Le pilier économique**

Il s'agit de développer la croissance et l'efficacité économiques pour favoriser la création de richesses pour tous à travers des modes de production et de consommation durables. Ce pilier repose notamment sur l'utilisation raisonnée des ressources et des milieux naturels, une évolution des relations économiques internationales (à l'image du « commerce équitable ») et l'intégration des coûts environnementaux et sociaux dans les prix des biens et des services. [1]

### **I.2.2. Le pilier sociétal**

Il s'agit de satisfaire les besoins humains en matière de santé, logement, consommation, éducation... et de répondre à un objectif d'équité sociale. Ce pilier repose notamment sur la satisfaction des besoins essentiels des populations, la lutte contre l'exclusion et la pauvreté, la réduction des inégalités et le respect des cultures. [1]

### **I.2.3. Le pilier environnemental**

Pour préserver, améliorer et valoriser l'environnement et les ressources naturelles sur le long terme, ce pilier repose notamment sur la gestion durable des ressources naturelles, le maintien des grandes préventions des impacts environnementaux.

Seul un développement tenant compte de ces trois piliers pourra être considéré comme durable. Gouvernements, collectivités territoriales, acteurs économiques, associations, institutions publiques ou privées, etc., tous ont un rôle à jouer. La progression vers un développement durable se décline aussi bien au niveau local que global, à l'échelle du village comme à celle de la planète. Elle ne peut réussir que si le citoyen se sent responsable des progrès à accomplir et y participe tant dans ses activités professionnelles que privées.

Pour l'expert Pierre Radanne, il ne s'agit de rien de moins qu'un changement de civilisation : « Nous serons nombreux, 9 milliards, tous voudront bien vivre, les ressources sont limitées, et la charge sur l'environnement de la planète est déjà trop forte. Y a-t-il une manière de passer au milieu de ces quatre paramètres-là ? Je voudrais vous soumettre l'idée que la valeur fondamentale du XXI<sup>e</sup> siècle, au sens moral, au sens écologique, au sens économique, va être

l'optimisation des ressources. Que de chaque grain de matière on fasse le meilleur usage possible ». [1]

### I.3. Une stratégie nationale

À la suite des engagements pris à Rio en 1992 et renouvelés à Johannesburg en 2002, la France a bâti une première stratégie nationale de développement durable (SNDD) pour la période 2003-2008, orientée en particulier vers la mobilisation des services de l'État.

Mais la crise qui a déferlé sur le monde en 2008 oblige les États à s'interroger sur les causes des déséquilibres qui ont fait vaciller nos systèmes économiques et financiers. Ce contexte, dans lequel s'inscrit l'élaboration de la nouvelle SNDD 2009-2013, confère à l'exercice des exigences particulières. Il faut apporter des réponses à la détresse sociale et à la montée du chômage, tout en assurant une croissance sobre en termes de ressources naturelles afin de ne pas hypothéquer l'avenir par nos choix, notamment dans le domaine de l'environnement et du climat.

La SNDD 2009-2013 est organisée en neuf défis clés, en cohérence avec l'architecture de la stratégie européenne de développement durable (SEDD). [1]



Figure (I.2) : Les 9 défis de la stratégie nationale de développement durable. [1]

## **I.4. Développement durable et perspectives énergétiques**

### **I.4.1. Situation énergétique**

#### **I.4.1.1. Les réserves en énergies fossiles**

Au rythme actuel de la consommation mondiale d'énergie ( $140 \times 10^{12}$  kWh/an soit 12 Gtep (gigatonnes équivalent pétrole)) les réserves en énergies fossiles sont les suivantes :

- Pétrole : 40 à 50 ans de réserve,
- Charbon : 200 ans de réserve,
- Gaz naturel : 60 ans de réserve (hors gaz non conventionnel),
- Nucléaire « classique : fission d'U235 » : 40 ans de réserve.

De plus l'accroissement moyen de la demande énergétique croit de l'ordre de 2,2% par an et ces sources énergétiques sont polluantes. [2]

#### **I.4.1.2. Réactions politiques**

- Au niveau mondial : le protocole de Kyoto, les sommets de Rio (1992), de Montréal (2005), de Bali, etc.
- Au niveau européen : la stratégie de Lisbonne,
- Au niveau national : le Grenelle de l'environnement.

Les principaux objectifs en France sont les suivants :

- Réduire la consommation d'énergie d'ici 2020 : -38% dans le bâtiment qui est le secteur le plus consommateurs d'énergie en France (42,5% de l'énergie finale totale et production de 23% des émissions de gaz à effet de serre (GES)), -20% dans les transports, la mobilité
- Diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050
- Augmenter de 20 Mtep (mégatonnes équivalent pétrole) la production d'énergies renouvelables et dépasser une proportion de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie. [1]

**Tableau (I.1) : Les objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement. [1]**

Secteur renouvelable	Situation en 2006	Objectif 2020	Croissance
Chaleur	9,6 Mtep	19,7 Mtep	+ 10 Mtep
Bois (chauffage domestique)	7,4 Mtep (5,7 millions d'appareils)	7,4 Mtep (9 millions d'appareils)	-
Bois et déchets (collectif/tertiaire/industrie)	1,8 Mtep	9 Mtep	+ 7,2 Mtep
Solaire thermique, PAC et géothermie	0,4 Mtep (200.000 logements)	3,2 Mtep (6.000.000 logements)	+ 2,8 Mtep
Electricité	5,6 Mtep	12,6 Mtep	+ 7 Mtep
Hydraulique	5,2 Mtep (25.000 MW)	5,8 Mtep (27.500 MW)	+ 0,6 Mtep
Biomasse	0,2 Mtep (350 MW)	1,4 Mtep (2.300 MW)	+ 1,2 Mtep
Eolien	0,2 Mtep (1.600 MW et 2.000 éoliennes)	5 Mtep (25.000 MW et 8.000 éoliennes)	+ 4,8 Mtep
Solaire photovoltaïque	0	0,4 Mtep (5 400 MW)	+ 0,4 Mtep
Biocarburants	0,7 Mtep	4 Mtep	+ 3,3 Mtep
<b>TOTAL</b>	<b>~ 16 Mtep</b>	<b>~ 36 Mtep</b>	<b>+ 20 Mtep</b>

### **I.5. Efficacité énergétique**

L'efficacité énergétique est le concept de maximiser l'utilisation de l'énergie en réduisant les pertes et en améliorant l'efficacité des systèmes énergétiques. Cela peut être réalisé par une variété de moyens, tels que l'adoption de technologies économes en énergie, l'amélioration de la performance des bâtiments, la mise en place de systèmes de gestion de l'énergie, l'utilisation de sources d'énergie renouvelables, et la modification des comportements individuels.

L'efficacité énergétique peut être appliquée à différents secteurs, notamment l'industrie, les transports, les bâtiments résidentiels et commerciaux, l'agriculture et l'éclairage public. En général, l'objectif de l'efficacité énergétique est de réduire la consommation d'énergie tout en maintenant ou en augmentant la qualité de vie et en réduisant les coûts.

L'efficacité énergétique est le concept de maximiser l'utilisation de l'énergie en réduisant les pertes et en améliorant l'efficacité des systèmes énergétiques. Cela peut être réalisé par une variété de moyens, tels que l'adoption de technologies économes en énergie, l'amélioration de la performance des bâtiments, la mise en place de systèmes de gestion de l'énergie, l'utilisation de sources d'énergie renouvelables, et la modification des comportements individuels. [3]

### **I.5.1. Efficacité énergétique des bâtiments**

L'isolation thermique, les nouveaux matériaux :

Dans un pays comme la France, le bâtiment est le principal secteur consommateur d'énergie : il représente 45 % de la consommation totale. Sur ces 45 %, plus des trois quarts en moyenne proviennent du chauffage et de la climatisation. On considère qu'entre 50 % et 75 % de cette dépense énergétique pourrait être économisée si les bâtiments étaient tous correctement isolés. Au total, le potentiel de gain d'énergie que pourrait apporter l'isolation thermique des bâtiments avoisinerait donc les 20 % de la consommation totale d'énergie, ce qui est énorme. L'efficacité énergétique des bâtiments est donc devenue un enjeu majeur de la politique énergétique nationale et européenne. Des normes et réglementations ambitieuses concernant le bâtiment neuf et la rénovation de l'ancien entrent ainsi progressivement en vigueur. [4]

### **I.5.2. L'amélioration des performances énergétiques d'une école primaire**

L'amélioration des performances énergétiques d'une école primaire est un sujet d'une importance croissante à mesure que la société prend conscience de l'impact de ses activités sur l'environnement. Les écoles sont des bâtiments qui consomment une quantité importante d'énergie, notamment pour le chauffage, l'éclairage, la ventilation et l'utilisation de l'équipement électronique. En réduisant la consommation d'énergie dans les écoles, non seulement nous pouvons réduire les coûts d'exploitation, mais nous pouvons également contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et améliorer la qualité de l'air intérieur pour les élèves et les enseignants. [5]

### I.5.3. Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique

Un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment comporte plusieurs étapes qui vont, à travers des actions cohérentes, permettre des gains énergétiques en agissant sur différents paramètres humains et matériels.

L'approche conceptuelle d'amélioration de l'efficacité énergétique est identique pour les secteurs résidentiel et tertiaire. En revanche, la mise en pratique sur le terrain sera différente en raison des divergences liées :

- Aux aspects techniques
- Aux matériels à mettre en œuvre
- Aux coûts d'exploitation et de maintenance
- Aux méthodes de financement
- Aux temps de retour sur investissement. [1]



**Figure (I.3) :** Les leviers de l'efficacité énergétique. [1]

### **I.5.4. La consommation énergétique en Algérie**

L'Algérie, pays producteur et exportateur de pétrole et de gaz a connu une nouvelle politique nationale des hydrocarbures. L'état a permis le financement d'un vaste programme industriel, social et économique. Après l'indépendance l'Algérie a connu une forte croissance démographique qui a engendré une demande excessive en matière d'énergie, et cela est dû à l'amélioration du niveau de vie de la population ainsi qu'aux activités industrielles. Le secteur du bâtiment au niveau national est le premier consommateur d'énergie avec plus de 40 % du bilan de consommation énergétique annuel réalisé par l'APPRUE en 2005, cette consommation a triplé durant les trois dernières décennies, et d'après les prévisions elle va se multiplier encore d'ici l'an 2025, cette dernière a impulsé chez les chercheurs algériens cette fois, l'idée de repenser la construction de demain et aussi penser à une nouvelle politique énergétique. [6]

### **I.6. La conception bioclimatique**

La conception bioclimatique est une approche de conception architecturale qui vise à maximiser le confort des occupants tout en minimisant l'impact sur l'environnement en utilisant les ressources naturelles disponibles telles que la lumière naturelle, la chaleur du soleil et la ventilation naturelle. Cette approche est basée sur la compréhension des conditions climatiques locales et des caractéristiques du site pour créer un bâtiment efficace sur le plan énergétique et durable. La conception bioclimatique prend également en compte les aspects sociaux, économiques et environnementaux, et est donc considérée comme une méthode holistique de conception. [7]

#### **I.6.1. Les principes de conception bioclimatique**

##### **I.6.1.1. Le choix des matériaux**

Il assure le confort des occupants : en captant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides » et favorise les économies d'énergies.

Les matériaux de construction et d'isolation sont aujourd'hui très nombreux et divers sur le marché.

Le maître d'ouvrage, en réflexion pour une construction ou une rénovation, est donc amené à faire des choix. Que privilégier lors du choix des matériaux : performance thermique, impact sur la santé, contrainte de mise en œuvre, coût...

Au regard de l'urgence de limiter nos émissions de GES (Gaz à effet de serre), isoler sa maison est la priorité, c'est à dire privilégier :

- Une isolation qui génère des bâtiments confortables et économes
- Une isolation conséquente : qui respecte les exigences de performance du
- Des ponts thermiques limités
- Une étanchéité à l'air soignée
- Une isolation durable
- Une isolation qui permette des bâtiments sains
- Une isolation qui utilise des « éco-matériaux » ou matériaux « bio sources ». [8]

### **I.6.1.2. L'orientation et l'implantation**

L'orientation et l'implantation sont des éléments clés de la conception bioclimatique d'un bâtiment.

**L'orientation** fait référence à la direction dans laquelle le bâtiment est orienté par rapport aux points cardinaux. En choisissant une orientation appropriée, les bâtiments peuvent maximiser l'utilisation de la lumière naturelle et de la chaleur solaire pour réduire la consommation d'énergie. Par exemple, une orientation sud est souvent choisie pour permettre une exposition maximale au soleil et maximiser le gain de chaleur solaire en hiver, tandis qu'une orientation nord est souvent choisie pour minimiser l'exposition au soleil et éviter la surchauffe en été.

**L'implantation** se réfère à la position du bâtiment sur le site. Il est important de tenir compte de facteurs tels que l'exposition au vent et à la lumière naturelle, l'orientation du terrain, la topographie et la végétation environnante pour déterminer l'implantation optimale d'un bâtiment. Une bonne implantation peut également favoriser la ventilation naturelle et maximiser les vues sur le paysage environnant, tout en minimisant les impacts sur l'environnement naturel. [9]

### **I.6.1.3. L'isolation thermique**

Les isolants thermiques sont caractérisés par une valeur R de résistance thermique du produit isolant (en  $m^2C/W$ ) en établissant le rapport entre l'épaisseur du matériau en mètres et son coefficient lambda de conductibilité (en  $W/m^2C$ ). Pour qu'un produit soit qualifié isolant, il faut que le coefficient R soit au moins égal à  $4 m^2C/W$ , soit 12 cm d'isolation avec des produits standards de type polystyrène ou laine minérale. [9]



#### **I.6.1.4. La forme architecturale**

L'optimisation de la forme du bâtiment vise principalement à réduire les pertes de chaleur par la compacité du bâtiment. Pour y parvenir, il est essentiel de prendre en compte le rapport entre les surfaces des parois extérieures et la surface habitable. [5]

Si ce coefficient est faible, le bâtiment sera plus compact. Ce coefficient dépend de la forme, de la taille et du mode de contact des volumes construits. Les bâtiments mitoyens et les habitations collectives ont un coefficient plus faible, ce qui réduit les surfaces déprédatives. [5]

#### **I.6.2. La construction bioclimatique**

Par exemple, une maison bâtie au pied d'une butte sera isolée du vent et sera moins exposée au froid en hiver. En revanche, si le séjour ou les chambres bénéficient d'une exposition plein sud, leurs besoins en éclairage et en chauffage seront moindres. La construction bioclimatique ne répond pas à un cahier des charges précis, comme c'est le cas pour les constructions BBC (basse consommation) ou celles bénéficiant du label PassivHaus.

Les règles de construction varient en effet selon le climat de la zone de construction, selon la géographie du lieu (en plaine, en montagne, près d'un plan d'eau, dans une région venteuse). [10]

#### **I.6.3. L'architecture bioclimatique**

La conception architecturale bioclimatique s'inscrit dans la problématique contemporaine, liée à l'aménagement harmonieux du territoire et à la préservation du milieu naturel. Cette démarche, partie prenante du développement durable, optimise le confort des habitants tout en minimisant l'impact du bâti sur l'environnement. Cet ouvrage fait suite aux 2 premiers tomes du guide de l'architecture bioclimatique : "Connaître les bases" et "Construire avec le climat". Les connaissances précédemment développées sont appliquées, dans ce tome 3, aux contextes des climats chauds. L'approche bioclimatique intervient de façon interdépendante à tous les niveaux de la construction et de la vie du bâtiment. Après restitution des données physiques liées aux différents climats chauds, les modes de transferts énergétiques sont exposés ainsi que les paramètres techniques concrets qu'ils induisent dans la construction. Les critères de conception évoluent ensuite graduellement, de l'insertion du projet dans le site à son fonctionnement propre. [11]

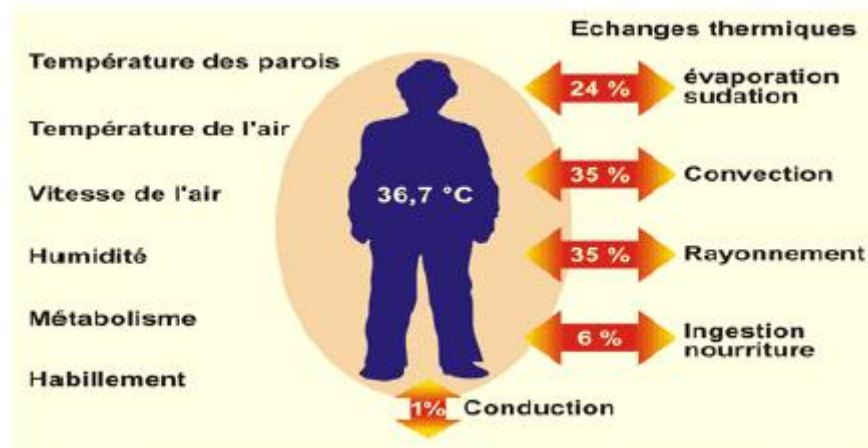
## **I.7. Le confort thermique :**

Le confort thermique dans les environnements bâtis en général et plus précisément dans les environnements internes des logements collectifs est devenu une question quotidienne pour les architectes et les techniciens, ce qui a engendré de larges études dans la littérature scientifique, comme l'attestent Rizzo et al. (2004). Ce vieux concept a été discuté depuis les années 1930 (Taleghani et al. 2013), mais avant que nous abordions ce concept du confort thermique en général, il est impératif qu'il soit clairement défini, afin de pouvoir l'évaluer dans la présente recherche. À ce titre, plusieurs pistes de réflexion ont été menées par la littérature scientifique afin de pouvoir définir le confort thermique d'une manière bien précise. Conformément aux normes internationales (ASHRAE55 1992 ; ISO7730 1994), les chercheurs ont généralement défini ce concept comme la 10 condition de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique (Fanger 1973 ; Hensen 1990 ; Castilla et al. 2014). De même, Prakash et Ravikumar (2015) sont arrivés à définir cette notion comme l'état de l'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique (Prakash et Ravikumar 2015). En effet, ces deux citations illustrent l'idée selon laquelle le confort thermique reste un aspect essentiel concernant la satisfaction des occupants envers leur environnement (Schellen et al. 2012). En outre, on trouve ainsi que d'autres chercheurs définissent le confort thermique d'une manière un peu différente. À titre d'exemple, Hensen (1991) signale que le confort thermique est un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions qui conduisent à corriger l'environnement de l'occupant par son comportement. [12]

### **I.7.1. Les six paramètres qui influent sur le confort thermique**

Le confort thermique est traditionnellement lié à 6 paramètres :

- Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante de l'air  $T_a$ .
- La température moyenne des parois  $T_p$ .
- L'humidité relative de l'air (HR)
- La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. [13]



**Figure (I.4) :** Les paramètres du confort thermique. [6]

### **I.8. L'État de l'Art :**

- **IDRIS, Omar Abdou. Études de l'amélioration de la performance énergétique et de stratégies de conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide. Génie civil. Université de Lyon, 2020. Français.**

Ce travail de thèse montre non seulement la capacité des indicateurs à refléter les performances bioclimatiques des bâtiments, mais aussi leur capacité à donner une vue d'ensemble des échanges thermiques du bâtiment. Leur contribution permet à terme de servir de socle aux futures réglementations thermiques des bâtiments dans les pays à climat chaud et humide, en général, et à Djibouti, en particulier.

- **ALIOUCHE, Amina. KSOURI, Mohamed rida. BENHALILOU, Karima. Optimisation des performances thermiques et énergétiques dans le secteur hôtelier. Université Larbi Ben M'hidi O.E.B. 2017.**

C'est dans ce cadre que la gestion et l'optimisation de la consommation d'énergie est une solution afin de diminuer les dépenses énergétiques et les émissions des gaz à effet de serre. C'est dans ce cadre que la gestion et l'optimisation de la consommation d'énergie est une solution afin de diminuer les dépenses énergétiques et les émissions des gaz à effet de serre.

- **ANSAR, Ahmed Mounir. DJEBAILI, Imed Abd Errahmane. L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural. Université Larbi Ben M'hidi O.E.B. 2017.**

Ce travail tente de définir la consommation des bâtiments existants par l'adoption des techniques d'évaluation et d'amélioration des performances énergétiques déjà reconnues et identifiées. Ils considèrent que cette étude est primordiale et constitue un préalable à la définition des prétentions de mise en place d'une procédure de certification et de labellisation des bâtiments en Algérie.

- **DIONNE, Jean-Philippe. Conception intégrée, processus facilitateur pour la réduction des impacts sur l'environnement et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments. Mémoire de maîtrise électronique, Montréal, École de technologie supérieure, 2015.**

Ce mémoire présente le développement d'un cadre de PCI adapté au contexte québécois ainsi que la conception d'une feuille de route pour l'adoption du PCI basée sur les niveaux de maturité. Pour parvenir à ces retombées, la méthodologie utilisée correspond aux trois grandes étapes suivantes : la définition des intentions, l'analyse de contenu et de thématique et la stratégie de validation.

- **LAMRHARI, El Hadi Drissi. Etude Comportement thermique et économie d'énergie dans un appartement avec différentes mesures d'efficacité énergétique dans les six zones climatiques du Maroc, 2018.**

L'objectif de ce travail s'inscrit dans l'optique de mettre à la disposition un guide de conception de bâtiment à consommation d'énergie réduite en matière de chauffage et de refroidissement. Concrètement, Cette étude a étudié l'impact de nombreux paramètres techniques, architecturaux et météorologiques d'un appartement sur sa performance énergétique et son confort thermique. Les paramètres étudiés sont : l'isolation thermique de l'enveloppe, l'orientation, le niveau de l'étage, le couplage du plancher bas au sol, le coefficient d'absorption du toit et des murs extérieurs et la ventilation mécanique contrôlée. A travers une étude numérique à l'aide du logiciel TRNSYS est réalisée dans les six climats différents du Maroc.

#### **Résultats :**

- L'isolation thermique du toit exposé est indispensable dans tous les climats ;
- Le double vitrage et l'isolation thermique du plancher sur terre-plein ne sont nécessaires que dans les climats froids

- Pour des TGBV (**Taux Global des Baies Vitrées**) dépassant 25%, le double vitrage cause une surchauffe estivale importante s'il n'est pas protégé des rayonnements solaires directs ;

- L'isolation thermique de la façade génère une surchauffe considérable au sein du bâtiment pour les climats entre modérés et chauds. Cependant, la technique de la double cloison avec une lame d'air comme isolant est suffisante pour ces climats ;
- L'orientation de la façade du bâtiment a un impact sur son efficacité énergétique dépendant du climat

La ventilation mécanique contrôlée est efficace pour réduire la charge de refroidissement mais pas celle du chauffage.

## **I.9. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons fait une étude bibliographique et l'état de l'art afin de tirer les orientations nécessaires pour notre étude.

## **CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU CAS D'ÉTUDE.**

## II.1. Introduction

La compréhension des données climatiques revêt une importance capitale lors de l'élaboration d'une stratégie énergétique efficace. Les conditions météorologiques, telles que la température, l'humidité, les précipitations et la vitesse du vent, jouent un rôle crucial dans les besoins énergétiques d'un bâtiment ou d'une installation, ainsi que dans les sources d'énergie disponibles.

Dans ce chapitre on va recueillir et analyser les données climatiques historiques de la région d'Ain Oussera Djelfa et nous allons présenter notre cas d'étude, qui est une école primaire.

## II.2. Présentation de site

### II.2.1. Présentation de la région étudiée

Le territoire de Djelfa a été érigé au rang de wilaya à la faveur du découpage administratif de 1974. Elle est située dans la partie centrale de l'Algérie du nord, au-delà des piémonts sud de l'Atlas tellien. Elle s'étend sur une superficie totale de 32 256,35 km<sup>2</sup> représentant 1,36% de la superficie du pays et est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Le chef-lieu de wilaya est situé à 300 kilomètres au sud de la capitale Alger.

[14]

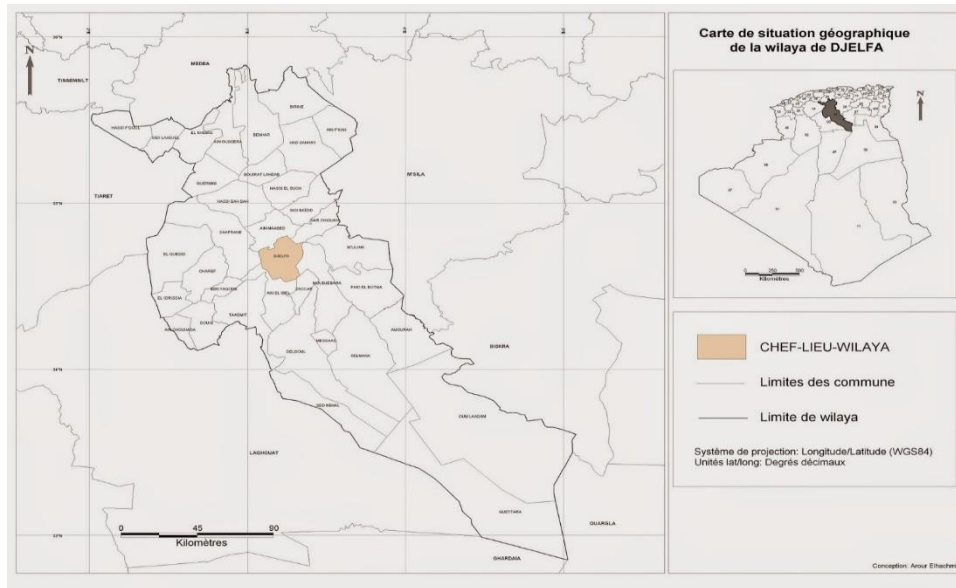
### II.2.2. Situation géographique du site

La Wilaya de Djelfa est une wilaya steppique située dans la partie centrale des hauts plateaux. Elle est limitée par les Wilayas, de Tissemsilt et Médéa au Nord, M'Sila et Biskra à l'Est, Laghouat et Tiaret à l'Ouest, Ouargla et Ghardaïa au Sud. La ville de Djelfa est située à environ 300 km au sud de la capitale Alger.

S'étalant sur une superficie de 32 256.35 km<sup>2</sup>, la région est caractérisée par une activité pastorale dominante, ainsi que par l'arboriculture, la céréaliculture, les cultures maraichères et fourragères.

Cette région abrite un immense potentiel forestier à base de Pin d'Alep issu de campagnes de reboisement (barrage vert), pour constituer un rempart au phénomène d'ensablement et à la désertification.

L'image Alsat-2A prise le 16 Mai 2016, met en évidence les caractéristiques naturelles et urbaines de la région. [15]



**Figure (II.1) : Situation géographique de Djelfa. [10]**

### II.2.3. Présentation de la commune

La ville d'Aïn Oussera se trouve dans la limite nord de la zone des hauts-plateaux, à une altitude moyenne de 700 mètres. La topographie de la ville est globalement plate.

Les coordonnées géographiques d'Aïn Oussera sont les suivantes :

- Latitude : 35.4487° N
- Longitude : 2.2139° E

Altitude : environ 687 mètres au-dessus du niveau de la mer. [15]



**Figure (II.2) : Communes limitrophes d'Aïn Oussera. [10]**



## II.2.4. Météo habituelle à Djelfa

À Djelfa, les étés sont courts, très chaud et dégagé dans l'ensemble ; les hivers sont longs, très froid, venteux et partiellement nuageux, et le climat est sec tout au long de l'année. Au cours de l'année, la température varie généralement de 0 °C à 35 °C et est rarement inférieure à -3°C ou supérieure à 38 °C. [15]

## II.3. Les logiciels de simulation climatique

### II.3.1. Logiciel METEONORM

METEONORM est un recueil très complet de données météorologiques.

Il contient également des algorithmes permettant de créer - à partir des valeurs mesurées - des fichiers météo depuis n'importe quel endroit sur le globe.

Ce logiciel s'adresse aux ingénieurs, architectes, enseignants, concepteurs et toute personne qui s'intéresse à l'énergie solaire et à la climatologie en général.

A partir des valeurs mensuelles (données de la station, les données interpolées ou données importées), le module METEONORM (**voir la figure (II.3)**) calcule les valeurs horaires de tous les paramètres en utilisant un modèle stochastique.

La série de temps résultant correspond aux « années typiques » utilisées pour la conception du système

Les paramètres suivants sont aussi obtenus :

- Azimut solaire et d'élévation
- Rayonnement planétaire, diffus et faisceau ainsi que le rayonnement sur les plans inclinés
- Rayonnement de grande longueur d'onde
- Intensité lumineuse
- Spectres UVA / UVB, rayonnement érythémateuse
- Précipitations, pluie battante
- Paramètres d'humidité (point de rosée, humidité relative, rapport de mélange, température psychrométrique)

La génération de valeurs d'humidité est optimisée pour s'adapter à la construction et du système climatique simulations (y compris les valeurs horaires extrêmes).

En outre, un modèle de génération stochastique pour les valeurs de paramètres de minutes d'irradiation est disponible.

## II. 3.2. Données climatiques de la région de Djelfa par le logiciel METEONORM

À Aïn Oussera, les étés sont courts, caniculaire et dégagé dans l'ensemble ; les hivers sont longs, frisquet et partiellement nuageux ; et le climat est sec tout au long de l'année. Au cours de l'année, la température varie généralement de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  et est rarement inférieure à  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou supérieure à  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [2]

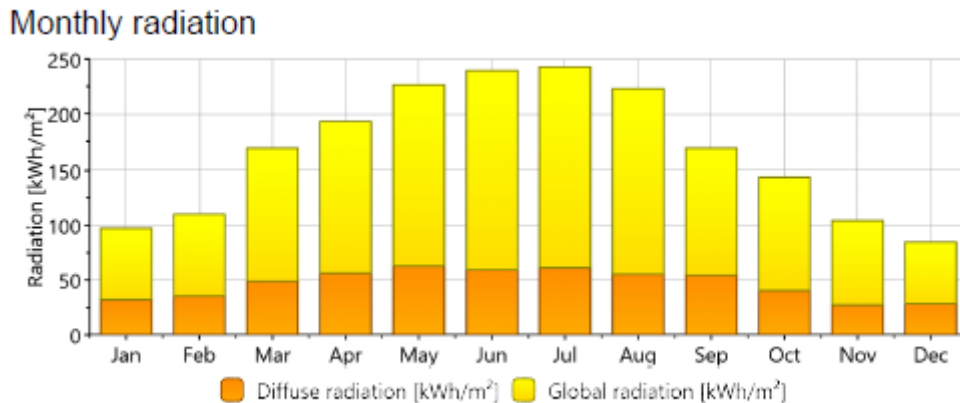


Figure (II.3) : Diagramme de l'estimation de la variation mensuelle de l'irradiation solaire.



Figure (II.4) : Diagramme de l'estimation de l'irradiation solaire globale.

### II.3.3. Température moyenne a Aïn Oussera

La saison très chaude dure 2,8 mois, du 16 juin au 9 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le mois le plus chaud de l'année à Aïn Oussera est juillet, avec une température moyenne maximale de  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  et minimale de  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 16 novembre au 17 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Aïn Oussera est janvier, avec une température moyenne minimale de 1 °C et maximale de 13 °C.

[15]

Monthly temperature

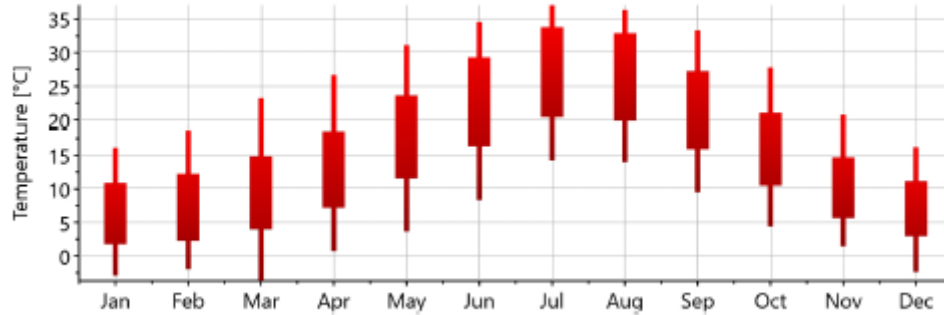


Figure (II.5) : Diagramme de la température moyenne mensuelle à Djelfa.

Daily temperature

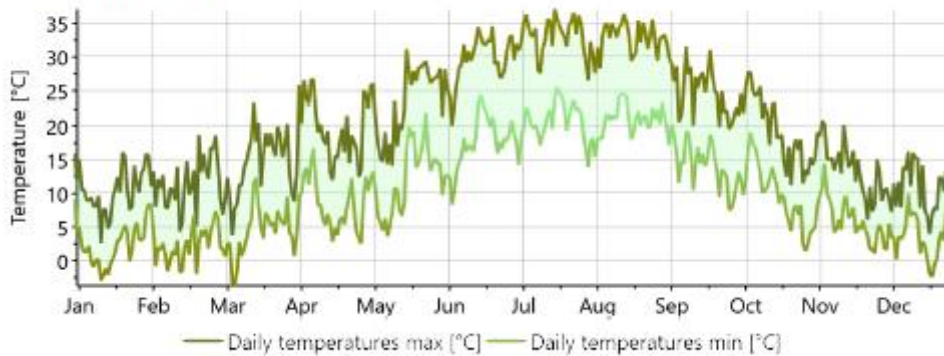
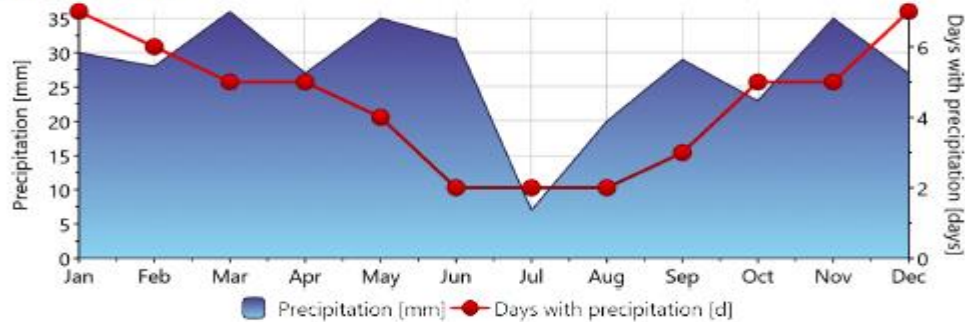
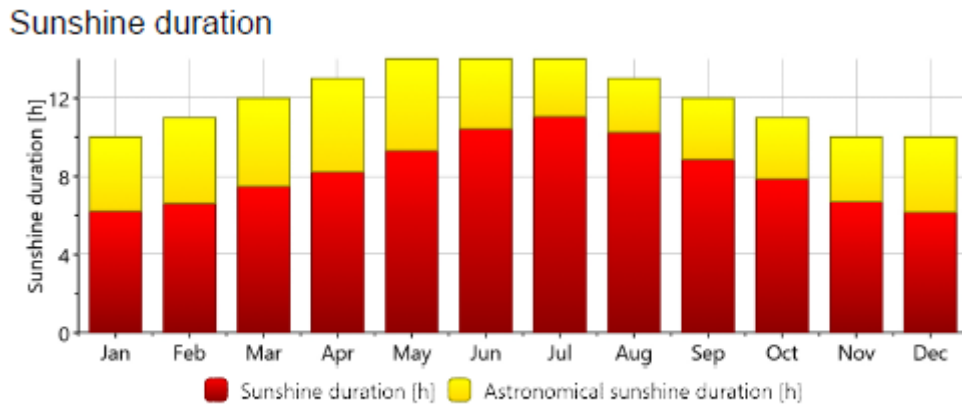


Figure (II.6) : Diagramme de la température.

Precipitation



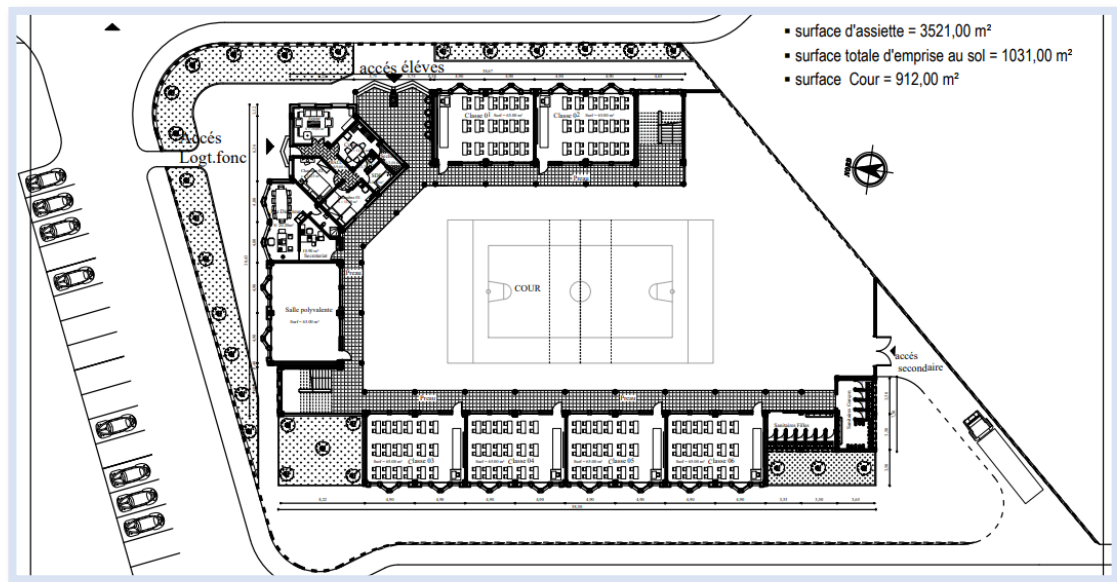
**Figure (II.7) :** Diagramme représente la précipitation de Djelfa.



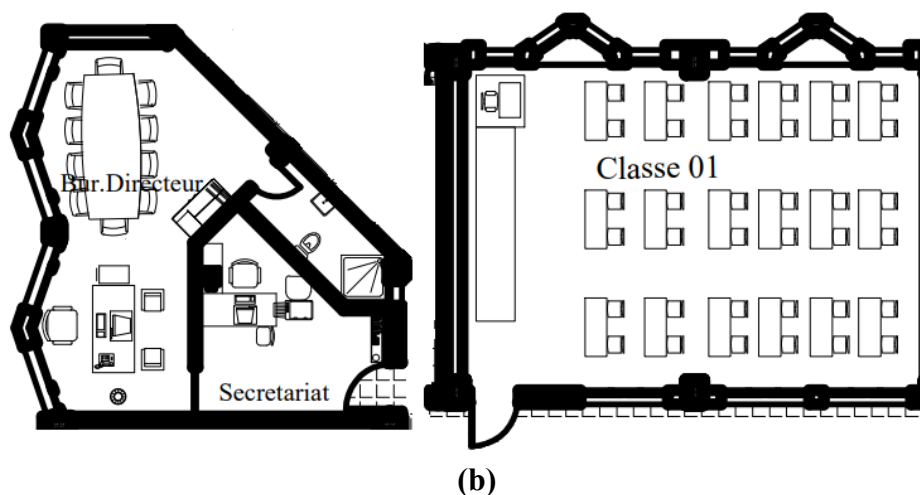
**Figure (II.8) :** Diagramme représente la distribution de la durée d'ensoleillement effective moyenne Mensuelle à Djelfa.

## II.4. Prestation du projet

### II.4.1. Plan d'architecture du l'école primaire



(a)



**Figure (II.9) :** Plan d'architecture de l'école primaire (a) et (b).

#### II.4.2. Tableau surfacique des espaces étudiés

**Tableau (II.1) :** Tableau surfacique des espaces étudiés.

Pièce	Surface
Classe 1	65.00 m <sup>2</sup>
Classe 2	65.00 m <sup>2</sup>
Classe 3	65.00 m <sup>2</sup>
Classe 4	65.00 m <sup>2</sup>
Classe 5	65.00 m <sup>2</sup>
Classe 6	65.00 m <sup>2</sup>
Sanitaire filles	24.605 m <sup>2</sup>
Sanitaire garçons	26.645 m <sup>2</sup>

## II.4.3. Caractéristique du cas étudié et Calcul de coefficient de transmission surfacique (K)

### II.4.3.1. Composition des murs extérieurs

**Tableau (II.2) :** Composition des murs extérieurs.

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [w /m.C°]	Résistance <b>R</b> [m <sup>2</sup> .C°/w]
Mortier ciment	0.02	1.15	0.02
Brique	0.1	0.476	0.21
Lame d'air	0.015	0.176	0.09
Brique	0.1	0.476	0.02
Mortier ciment	0.02	1.15	0.21
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06

### II.4.3.2. Composition des murs intérieures

**Tableau (II.3) :** Composition des murs intérieures.

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [w /m.C°]	Résistance <b>R</b> [m <sup>2</sup> .C°/w]
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06
Mortier ciment	0.02	1.8	0.01
Brique	0.1	0.476	0.21
Mortier ciment	0.02	1.8	0.01
Enduit plâtre	0.02	0.35	0.06

### II.4.3.3. Composition du plancher bas

**Tableau (II.4) :** Composition du plancher bas.

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [w /m.C°]	Résistance <b>R</b> [m <sup>2</sup> .C°/w]
Carrelage	0.01	1.7	0.01
Mortier ciment	0.02	0.35	0.06
Béton lourd	0.2	1.75	0.11

#### II.4.3.4. Composition du plancher haute

**Tableau (II.4) :** Composition du plancher haute.

Composants	Epaisseur [m]	Conductivité thermique $\lambda$ [w /m.C°]	Résistance <b>R</b> [m <sup>2</sup> .C°/w]
Gravillon	0.03	0.4	0.08
Bitume pur	0.02	0.17	0.12
Béton lourd	0.04	1.75	0.02
Hourdis de 20 en béton	0.2	1.333	0.15
Enduit plâtre	0.2	0.35	3.71

#### II.4.3.5. Description des ouvrants

##### II.4.3.5.1. Les caractéristiques des portes

**Tableau (II.5) :** Les caractéristiques des portes.

Types des Portes	Largeur de porte [m]	Hauteur de porte [m]
Portail métallique de l'administration	1.28	2.04
Porte de bois intérieure de l'administration	0.94	2.04
Porte de bois extérieure	1.28	2.04
Porte de bois intérieure WC	1.98	2.04
Porte pvc simple de WC	1.05	2.04

##### II.4.3.5.2. Les caractéristiques des fenêtres

**Tableau (II.6) :** Les caractéristiques des fenêtres.

Types des Fenêtres	Hauteur de la fenêtre [m]	Largeur de la fenêtre [m]	Allège [m]
Fenêtres n°1	1.15	1.8	0.9
Fenêtres n°2	0.5	2.32	1.8
Fenêtres n°3	0.5	0.95	1.8
Fenêtres n°4	0.5	0.95	1.8

## II.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la région étudiée, cas d'étude, les données climatiques du site étudié avec logiciel « meteonorm7 » en examinant les températures, les précipitations, L'ensoleillement, Rayonnement, et présenté l'architecture du l'école étudié (bloc administratif et bloc pédagogique) ainsi que le plan de l'école primaire.



# **CHAPITRE 03 : SIMULATION PAR LE LOGICIEL PLÉIADE.**

### **III.1. Introduction**

Pour évaluer notre cas d'étude, nous avons choisi d'utiliser la modélisation thermique dynamique avec le logiciel Pléiade. Ce logiciel nous permet d'évaluer le comportement thermique tout au long de l'année, en prenant en compte les conditions climatiques et les caractéristiques thermophysiques des éléments de construction.

### **III.2. Logiciel pléiade**

Pléiade est un logiciel complet pour l'écoconception des bâtiments et des quartiers. À partir d'une saisie graphique ou d'une maquette numérique, différents types de calculs sont accessibles : simulation thermique et énergétique dynamique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements, qualité de l'air intérieur ou analyse statistique. Au-delà des aspects énergétiques, l'analyse du cycle de vie évalue les impacts du bâtiment sur l'environnement.

Notre logiciel est développé par une équipe composée d'informaticiens et d'énergéticiens. Des partenariats ciblés contribuent à enrichir les fonctionnalités proposées. [16]

### **III.3. Caractéristiques principales**

- Simulation énergétique dynamique
- Dimensionnement chauffage (EN12831) et climatisation (RTS ASHRAE)
- Calculs réglementaires RT2012 et RT existant
- Analyse du cycle de vie
- Saisie graphique est simple et efficace avec le MODELEUR 2D/3D. [16]

### **III.4. Pléiade STD Comfie**

Ce modèle de simulation thermique dynamique des bâtiments anticipe la consommation énergétique et les risques d'inconfort en toutes saisons. Grâce au module Amapola, ce logiciel permet d'identifier les solutions les moins coûteuses, d'anticiper les usages et d'optimiser la fiabilité des prévisions.

Comfie est le moteur de calcul de simulation thermique dynamique (STD) de Pleiades. À chaque pas de temps, l'algorithme détermine les besoins de chauffage, de refroidissement, l'humidité et les températures dans chaque zone du bâtiment. Le bilan thermique réalisé intègre les échanges entre zones. L'inertie thermique est prise en compte au niveau de chaque paroi. Ce moteur de calcul, issu du Centre efficacité énergétique des systèmes de MINES

ParisTech, a été validé expérimentalement (plate-forme Incas, cellule Passys) et par comparaison inter-logiciels (Bestest de l’AIE).

Le module STD Comfie réalise aussi le calcul des consommations énergétiques des équipements (Simulation Énergétique Dynamique ou SED) à chaque pas de temps avec la possibilité de récupérer les pertes thermiques, évalue plusieurs indicateurs de confort et dispose d’un utilitaire pour manipuler et générer des fichiers de données météorologiques.

Comfie est chaîné à Amapola, qui permet d’identifier les solutions les moins coûteuses, d’anticiper les usages et d’optimiser la fiabilité des prévisions. Il est ainsi possible d’évaluer la consommation énergétique dans le cadre de la garantie de performance énergétique avec un risque de dépassement de moins de 5 %. En s’appuyant sur les données des capteurs connectés, le logiciel tient compte des occupants et de leur comportement. [17]

### III.5. Sous Pléiade Comfie

#### III.5.1. Composition des éléments constructifs

Nom	murs extérieurs					
Complément						
Origine						
Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts						
Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser						
Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	λ	R	Extérieur
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↕	10.00	69	0.476	0.21	
Lame d'air faible ventil. 50 mm flux asc.	↕	5.00	0	0.625	0.08	
Brique creuse de 10 cm	↕	10.00	69	0.476	0.21	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	
		Total	29	208	0.58	

Figure (III.1) : Murs extérieure.

Nom: murs intérieures

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	Extérieur ↓ Intérieur
Mortiers ciment ou chaux ( ρ > 2000)	↓	2.000	40	1.8	0.01	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Mortiers ciment ou chaux ( ρ > 2000)	↓	2.000	40	1.8	0.01	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	
Total		18	209		0.35	

Figure (III.2) : Murs intérieure.

Nom: plancher bas

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

DPE-3CL Caractéristiques thermiques Données RT/RE Données méthode RTS ACV Diagramme

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd  Cloison légère  Afficher le détail des matériaux

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	
Béton lourd	↓	20.000	460	1.75	0.11	Extérieur ↓ Intérieur
Carrelage	↓	2.000	46	1.7	0.01	
Total		22	506		0.12	

Figure (III.3) : Plancher bas.

Nom : plancher haute

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd  Cloison légère  Afficher le détail des matériaux

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
gravillon roulé	↓	3.000	45	0.4	0.08
Bitume pur	↓	2.000	21	0.17	0.12
Béton lourd	↓	4.000	92	1.75	0.02
Hourdis de 20 en béton	↕	20.00	260	1.333	0.15
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06
<b>Total</b>		<b>31</b>	<b>448</b>		<b>0.43</b>

Extérieur ↓ Intérieur

Figure (III.4) : Plancher haut.

### III.5.2. Définir Types des ouvertures

Nom : Porte bois extérieure CLASSES

Complément : opaque avec seuil et joint d'étanchéité  
Ucadre = 5  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m<sup>2</sup>.K)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m<sup>2</sup>.K)

Origine : Règles THK

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur : 2.04 m Largeur : 0.83 m

**Sans protection**

Uw vertical : 5 W/(m<sup>2</sup>.K) Uw horizontal : 5 W/(m<sup>2</sup>.K)

Facteur solaire (Sw) : 0.19

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.09	0	0.09	0	0.19	0	0.19	0
Été								

Ouverture : Non ouvrable Sélection

Détalonnage : 0 cm  Seulement si intérieur

Figure (III.5) : Caractéristique de porte en bois extérieure des classes

Portes

Nom: Porte bois extérieure polyvalente

Complément: opaque avec seuil et joint d'étanchéité  
Ucadre = 5  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m².K)

Origine: Règles ThK

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.83 m

**Sans protection**

Uw vertical: 5 W/(m².K) Uw horizontal: 5 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0.19

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.09	0	0.09	0	0.19	0	0.19	0
Eté								

Ouverture: Non ouvrable

Sélection

Figure (III.6) : Caractéristique de porte bois extérieure de la salle polyvalente.

Nom: Portail métallique de Bur.Directeur et secretariat

Complément: Ucadre = 7  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m².K)

Origine:

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.83 m

**Sans protection**

Uw vertical: 7 W/(m².K) Uw horizontal: 7 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0.17

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.07	0	0.07	0	0.17	0	0.17	0
Eté								

Ouverture: Non ouvrable

Détalonnage: 1.5 cm  Seulement si intérieur

Sélection

Figure (III.7) : Caractéristique de porte métallique de l'administration.

Portes

Nom: Porte bois intérieure Bur.Directeur

Complément: donnant sur local non chauffé  
Ucadre = 5  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m²k)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m²k)

Origine: Règles ThK

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.63 m

**Sans protection**

Uw vertical: 5 W/(m².K) Uw horizontal: 5 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0.19

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.09	0	0.09	0	0.19	0	0.19	0
Eté	0.19	0	0.19	0	0.19	0	0.19	0

Figure (III.8) : Caractéristique de porte bois intérieure de bureau Directeur.

Nom: Porte bois intérieure WC

Complément: donnant sur local non chauffé  
Ucadre = 5  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m²k)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m²k)

Origine: Règles ThK

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.75 m

**Sans protection**

Uw vertical: 5 W/(m².K) Uw horizontal: 5 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0.19

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.09	0	0.09	0	0.19	0	0.19	0
Eté	0.19	0	0.19	0	0.19	0	0.19	0

Ouverture: Non ouvrable

Détalonnage: 1.5 cm  Seulement si intérieur

Figure (III.9) : Caractéristique de porte bois intérieure des sanitaires.

► Portes ►

Nom: porte PVC simple WC interieure

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.1 m Largeur: 0.7 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure (III.10) : Caractéristique de porte simple de WC.

► Personnel ►

Nom: Fenêtres CLASSES

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre nb vitrage(s): 2

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur: 1.15 m Largeur: 0.7 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K) Tl global: 0

Facteur solaire (Sw): 0  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure (III.11) : Caractéristique de premier type des fenêtres en bois des classes.



Personnel

Nom: Fenêtres CLASSES INT

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre nb vitrage(s): 2

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur: 0.5 m Largeur: 1.5 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K) Tl global: 0

Facteur solaire (Sw): 0  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure (III.12) : Caractéristique de 2ème type des fenêtres en bois des classes.

Personnel

Nom: Fenêtres de salle polyvalente

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre nb vitrage(s): 2

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur: 1.15 m Largeur: 1.6 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K) Tl global: 0

Facteur solaire (Sw): 0  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Avec protection**

None Pas de protection mobile Sélection

Figure (III.13) : Caractéristique de premier type des fenêtres en bois de la salle polyvalente.

Personnel

Nom: Fenêtres de salle polyvalente INT

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre  nb vitrage(s): 2

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur: 1.4 m Largeur: 1.2 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K) Tl global: 0

Facteur solaire (Sw): 0  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Avec protection**

None Pas de protection mobile Sélection

Figure (III.14) : Caractéristique de 2ème type des fenêtres en bois de la salle polyvalente.

Personnel

Nom: Fenêtres BUR.directeur

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre  nb vitrage(s): 2

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur: 1.15 m Largeur: 1.3 m

**Sans protection**

Uw vertical: 0 W/(m².K) Uw horizontal: 0 W/(m².K) Tl global: 0

Facteur solaire (Sw): 0  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure (III.15) : Caractéristique des fenêtres de bois de l'administration.

Personnel

Nom Fenêtres PVC simple WC

Complément

Origine

Porte
  Fenêtre
 nb vitrage(s) 2

DPE-3CL
  Global
  Géométrie
  Données RT/RE
  ACV
  INDALO

Valeurs connues
  Valeurs calculées
  Sans correction d'intégration dans le projet

Hauteur 0.5 m Largeur 0.6 m

**Sans protection**

Uw vertical 0 W/(m².K)
 Uw horizontal 0 W/(m².K)
 Tl global 0

Facteur solaire (Sw) 0
  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	
Hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	Tl diffus 0
Eté	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figure (III.16) : Caractéristique des fenêtres en PVC DV de WC.

Nom Porte bois intérieure WC

Complément donnant sur local non chauffé  
Ucadre = 5  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m².K)

Origine Règles ThK

Porte
  Fenêtre

DPE-3CL
  Global
  Géométrie
  Données RT/RE
  ACV
  INDALO

Valeurs connues
  Valeurs calculées

Hauteur 2.04 m Largeur 0.75 m

**Sans protection**

Uw vertical 5 W/(m².K)
 Uw horizontal 5 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw) 0.19

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.09	0	0.09	0	0.19	0	0.19	0
Eté	0.19	0	0.19	0	0	0	0	0

Ouverture Non ouvrable
  Sélection

Détailonnage 1.5 cm
  Seulement si intérieur

Figure (III.17) : Composition de la porte du WC.

Nom : Portail métallique de Bur.Directeur et secretariat

Complément : Ucadre = 7  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m².K)

Origine :

Porte  Fenêtre

DPE-3CL Global Géométrie Données RT/RE ACV INDALO

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur : 2.04 m Largeur : 0.83 m

**Sans protection**

Uw vertical : 7 W/(m².K) Uw horizontal : 7 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw) : 0.17

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.07	0	0.07	0	0.17	0	0.17	0
Été								

Ouverture : Non ouvrable Sélection

Détalonnage : 1.5 cm  Seulement si intérieur

Figure (III.18) : Composition porte de Bureau du directeur et du secrétariat.

Généralités Plan STD 3D Calcul

Modules : Données administratives Données de construction Bibliothèque projet Horizon

Jeux de caractéristiques prédéfinis : Ouvrir le jeu sélectionné Sauver les caractéristiques dans un jeu Effacer le jeu sélectionné

Composition par défaut des parois

Paroi externe : murs extérieurs Paroi interne : murs intérieures

Plancher intermédiaire : Plancher bas

Plancher bas : plancher bas  Vide sanitaire  Sol

Pl. bas sur extérieur : Toiture / Pl.haut : plancher haute  Comble ventilé  Extérieur

États de surface par défaut

Face externe : Peinture blanche Face interne : Défaut ( $\alpha=0.6 \epsilon=0.9 \rho=0.5$ )

Plancher : Défaut ( $\alpha=0.6 \epsilon=0.9 \rho=0.3$ ) Plafond : Défaut ( $\alpha=0.6 \epsilon=0.9 \rho=0.7$ )

Toiture externe : Défaut ( $\alpha=0.6 \epsilon=0.9 \rho=0.2$ ) Masques intégrés : Défaut ( $\alpha=0.6 \epsilon=0.9 \rho=0.4$ )

Menuiseries par défaut

Fenêtres : Fenêtres CLASSES Hauteur de fenêtre par défaut : 1.4 m Largeur de fenêtre par défaut : 1.2 m

Appui : Alège : 0.9 m Retrait : 0.2 m  Nu intérieur

Portes : Porte bois extérieure CLASSES Hauteur de porte par défaut : 2.04 m Largeur de porte par défaut : 0.83 m

Seuil de porte : Linteau : Tableau

Ponts thermiques par défaut

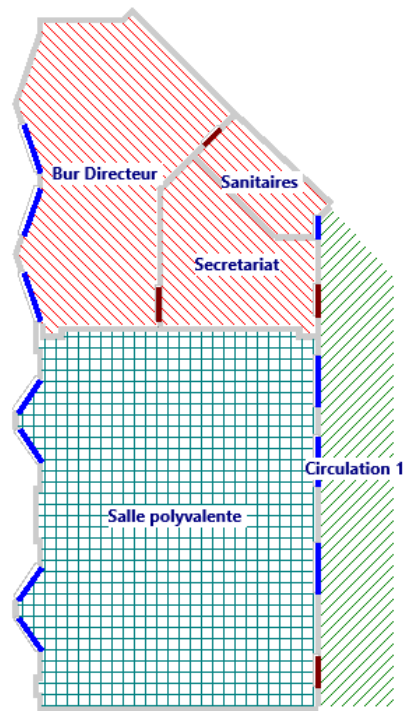
Plancher haut : c.1 - Pl haut / mur extérieur  $\psi$  0.81 Angle sortant :  $0^\circ < \text{angle sortant} < 135^\circ$

Plancher inter. :  $\psi$  0 Angle rentrant :  $225^\circ < \text{angle rentrant} < 360^\circ$

Plancher bas : b.1 - Pl. bas sur TP / mur extérieur  $\psi$  0.65

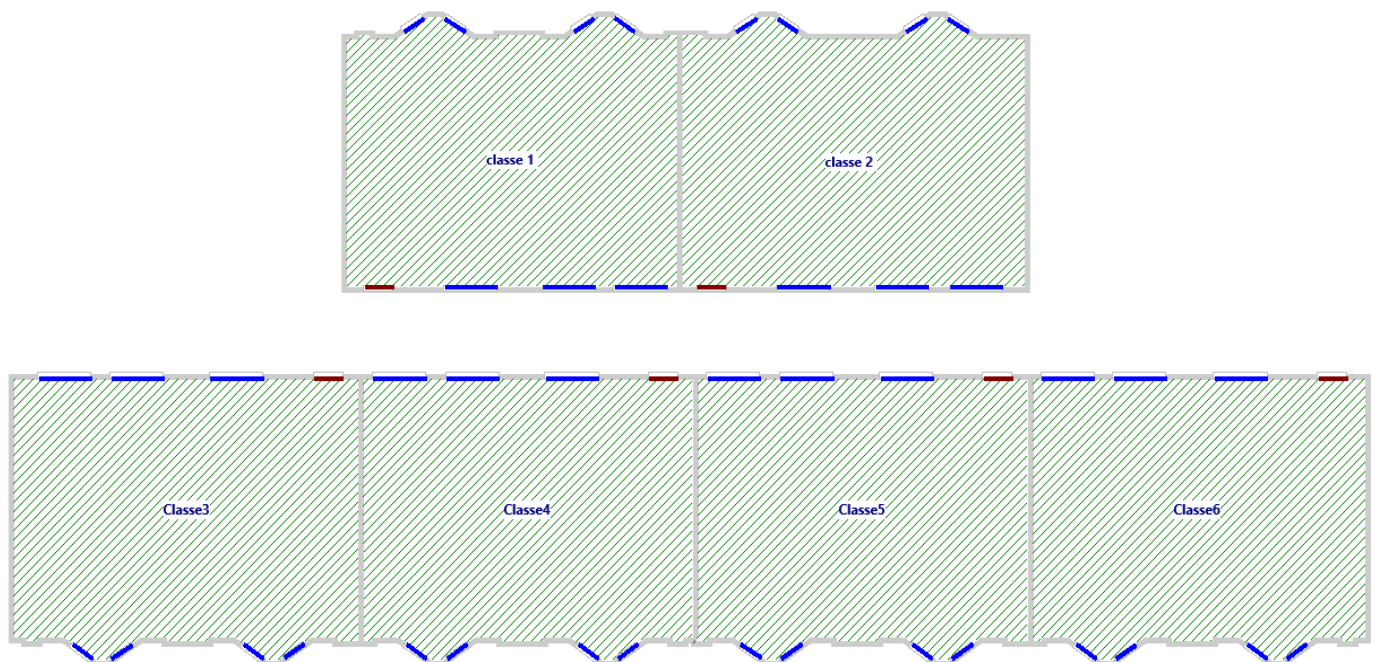
Mur de refend (T) : d.2 - Mur / refend  $\psi$  0.41

Figure (III.19) : Données de construction.



### III.6. Le plan

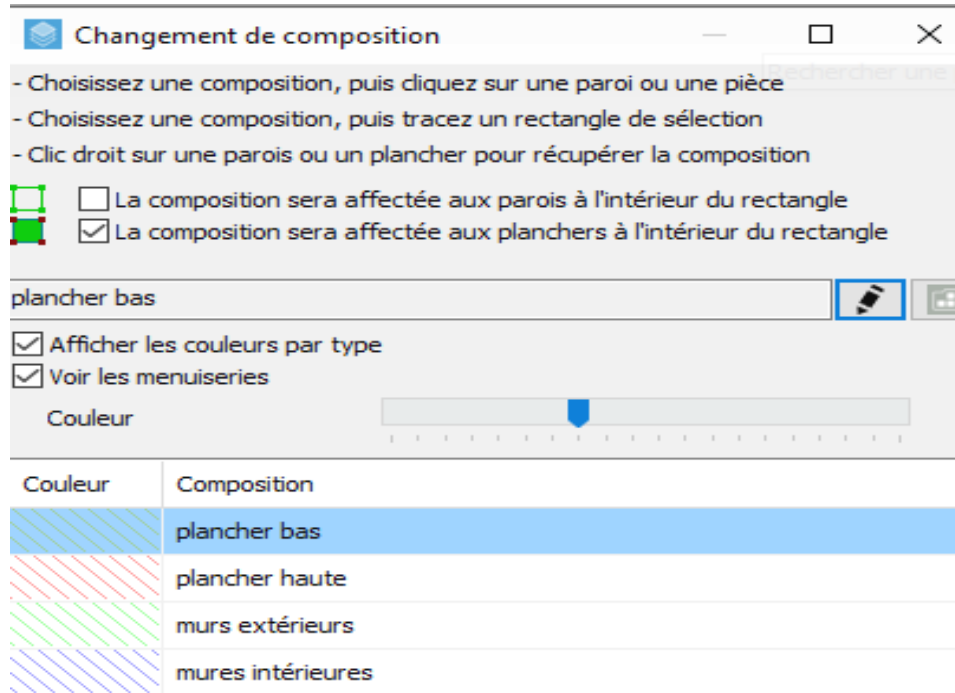
Figure (III.20) : Plan de l'administration et de la salle polyvalente.



**Figure (III.21) :** Plan des classes.

On dessine le plan pour définir les compositions suivantes :

### III.6.1. Caractéristique des murs



**Figure (III.22) :** Composition des murs.

Type

Sélection Porte bois extérieure classe Fenêtre par défaut Porte par défaut

Dimensions et ponts thermiques Aide

Retrait  m  Nu intérieur

Taille exacte

Entièrement vitré

Hauteur  m Valeurs par défaut

Largeur  m

Pont appui   $\psi$

Pont linteau   $\psi$

Pont tableau   $\psi$

Liste des ouvertures groupées par caractéristiques

Afficher les couleurs par type  Regroupement des fenêtres avec ponts identiques

Nb	Type	Hauteur	Largeur	Retrait	Allège
24	Fen bat bois DV classes	1.15	1.08	0.2	0.9
18	Fenêtres CLASSES	0.50	2.32	0.2	1.8
4	Fenêtres de salle polyvalente	1.15	1.60	0.2	0.9
6	Fenêtres de salle polyvalente INT	1.15	2.01	0.2	0.9
13	Fenêtres WC	0.50	0.93	0.2	1.8
1	Portail métallique de Bur.Directeur et secretariat	2.04	1.28	0.2	
7	Porte bois extérieure polyvalente	2.04	1.28	0.2	
1	Porte bois intérieure	2.04	1.39	0.2	
2	Porte bois intérieure WC	2.04	1.98	0.2	
1	Porte bois intérieure WC	2.04	0.97	0.2	
11	porte PVC simple WC interieure	2.04	1.05	0.2	

### III.6.2. Caractéristique des ouvertures

Figure (III.23) : Caractéristique des ouvertures de l'école.

### III.6.3. Indentification des pièces et Indentification des zones

Définir les parties de bâtiment

Créez une partie de bâtiment, puis cliquez sur les pièces ou dessinez un rectangle autour.

Partie

Bâtiment

Nombre de pièces principales

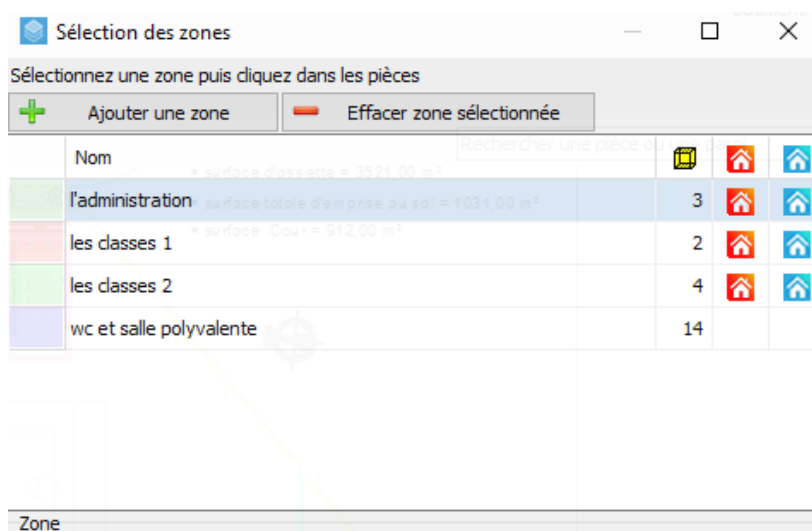
Type

Appartement  Tertiaire  Autres

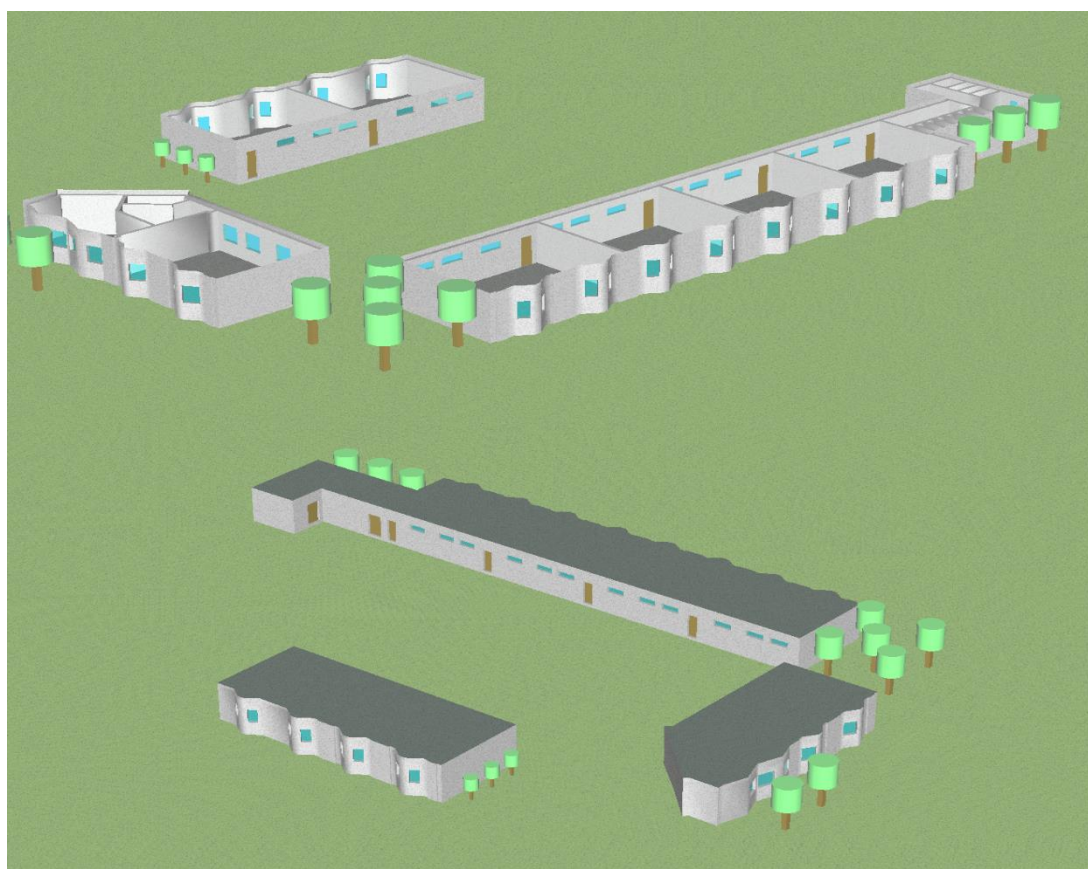
Utiliser le clic-droit pour récupérer la partie de bâtiment

Redéfinir le nom des pièces à partir de la partie de bâtiment et de l'usage

**Figure (III.24) :** Indentification des pièces et les parties d'école.



**Figure (III.25) :** Les zones d'école.



**Figure (III.26) :** La forme 3D de d'école sans et avec toi.



### III.7. Définition des scénarios de fonctionnement

#### III.7.1. Scénario d'occupation

Le scénario d'occupation permet de définir le nombre d'individus utilisant le logement ainsi que la fréquence d'utilisation de chaque espace par heure.

Pour notre simulation, nous avons décidé d'appliquer des scénarios d'occupation différents à chaque zone, selon le niveau d'utilisation de l'espace par heure.

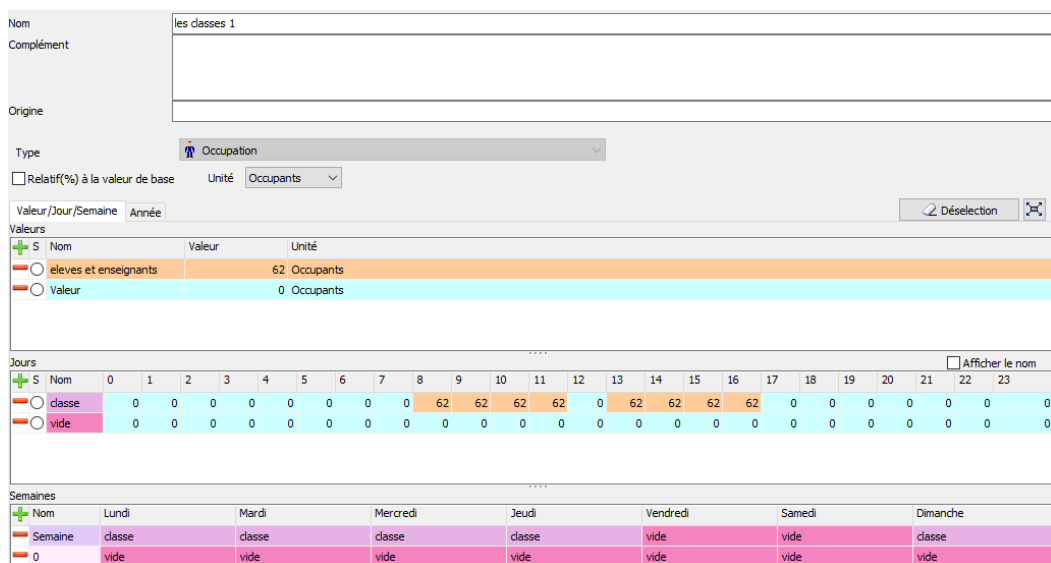
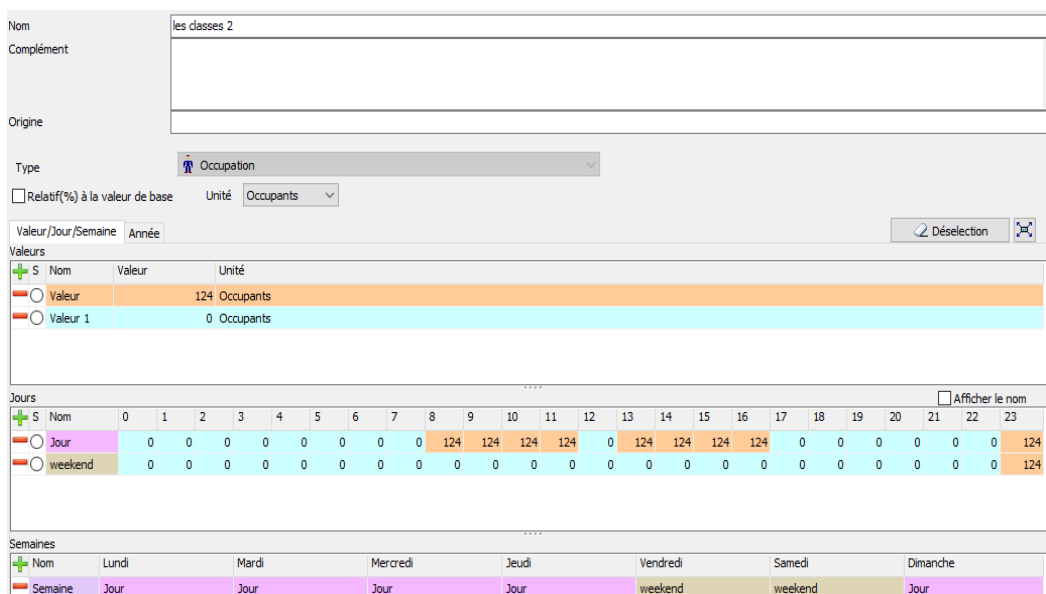
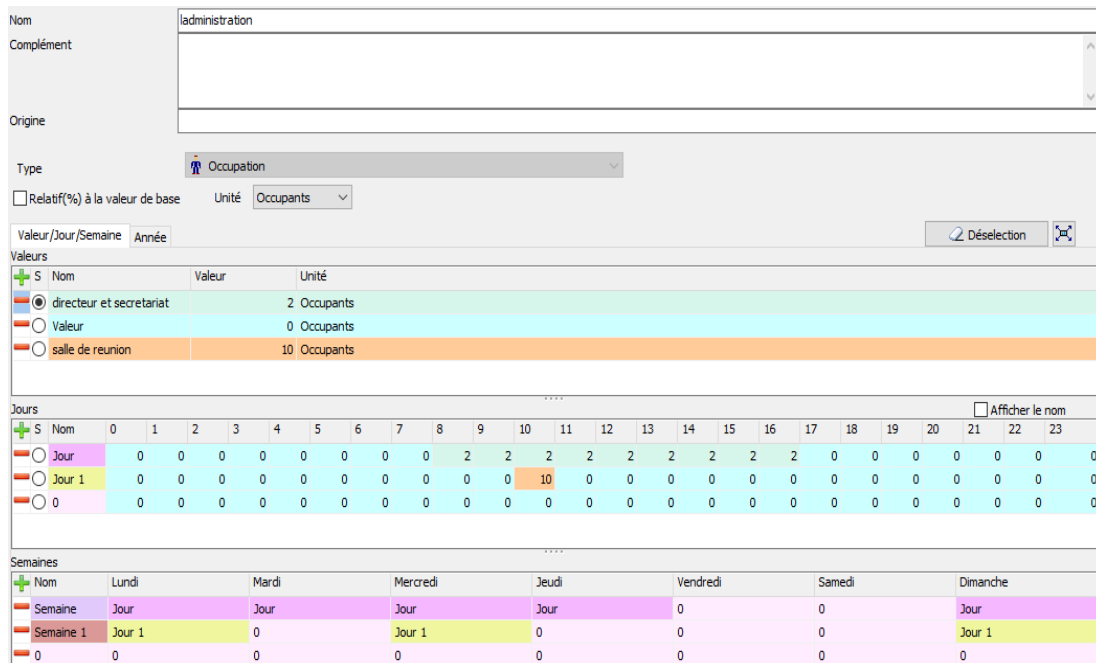


Figure (III.27) : Occupation des classes 1.

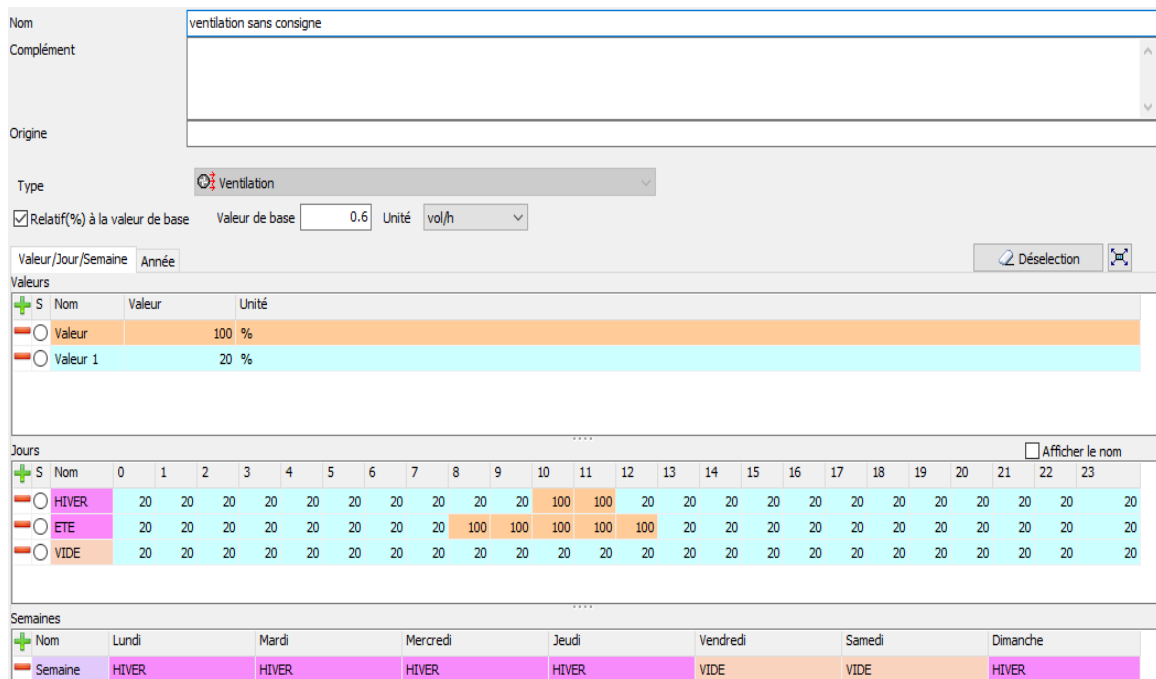


**Figure (III.28) : Occupation des classes 2.**

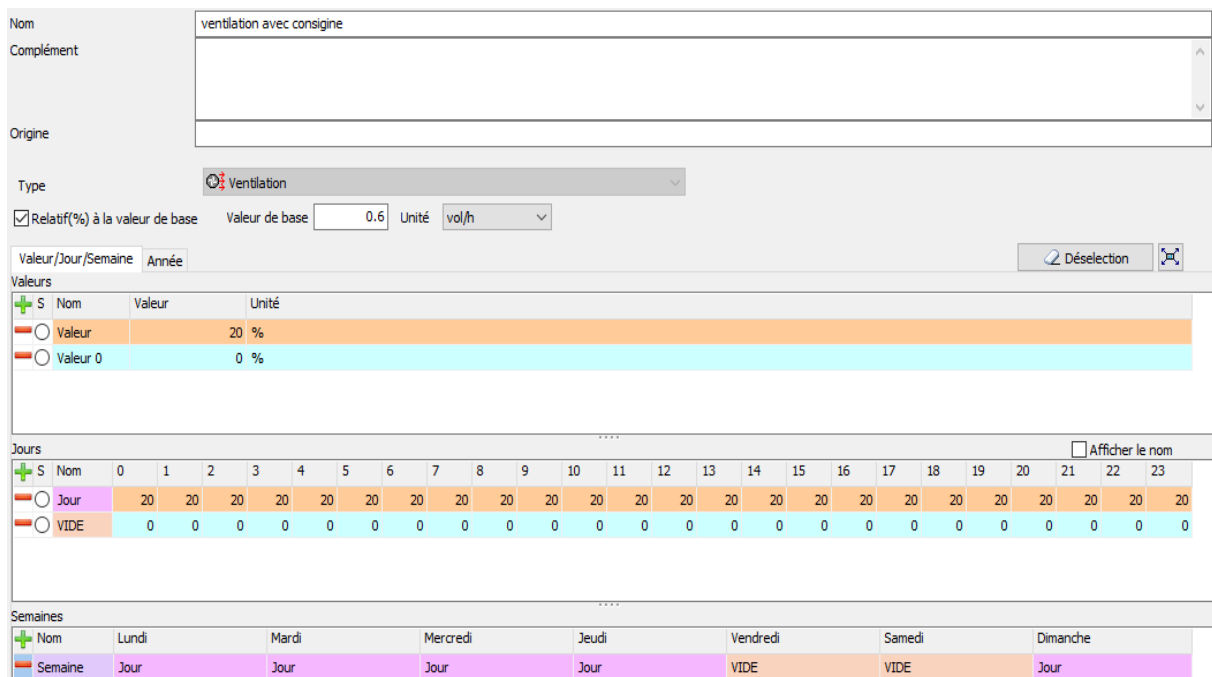


**Figure (III.29) : Occupation de l'administration.**

### III.7.2. Scénario de ventilation



**Figure (III.30) : Ventilation sans consigne.**



**Figure (III.31) : Ventilation avec consigne.**

Nous avons proposé un débit de 0.6 vol/h

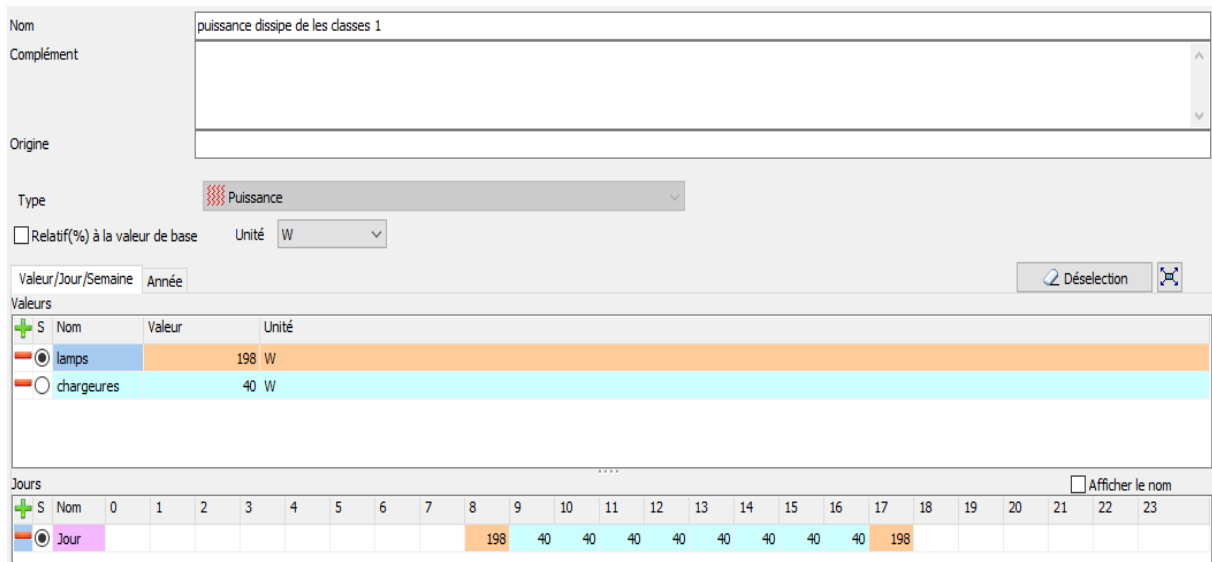
### III.7.3. Scénario de puissance dissipée

Ce scénario permet de déterminer la chaleur émise par les appareils électriques (lampe, pc, data show... etc.)

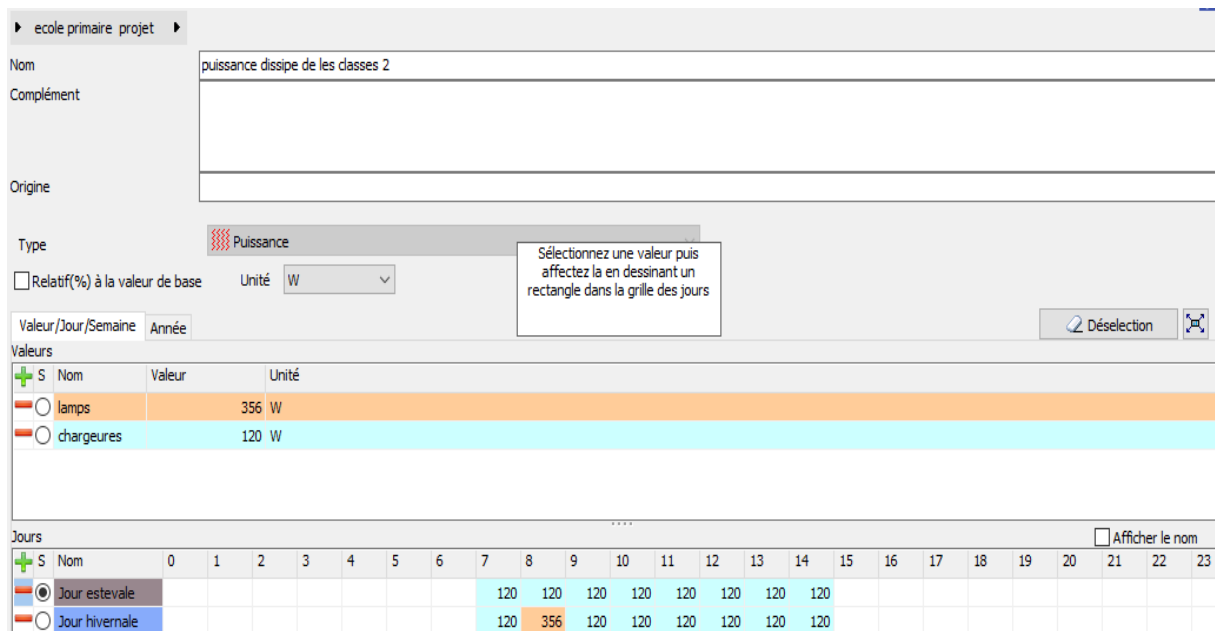
- Lampe (33 watts).
- Pc (100 watts).
- Imprimante (150 watts)
- Chargeur 10 watts

Les zones	Lampes	Pc	Imprimante	Chargeur	Puissance dissipée(w)
Les classes 1	6	0	0	4	238
Les classes 2	12	0	0	8	476
L'administration	3	2	2	3	629

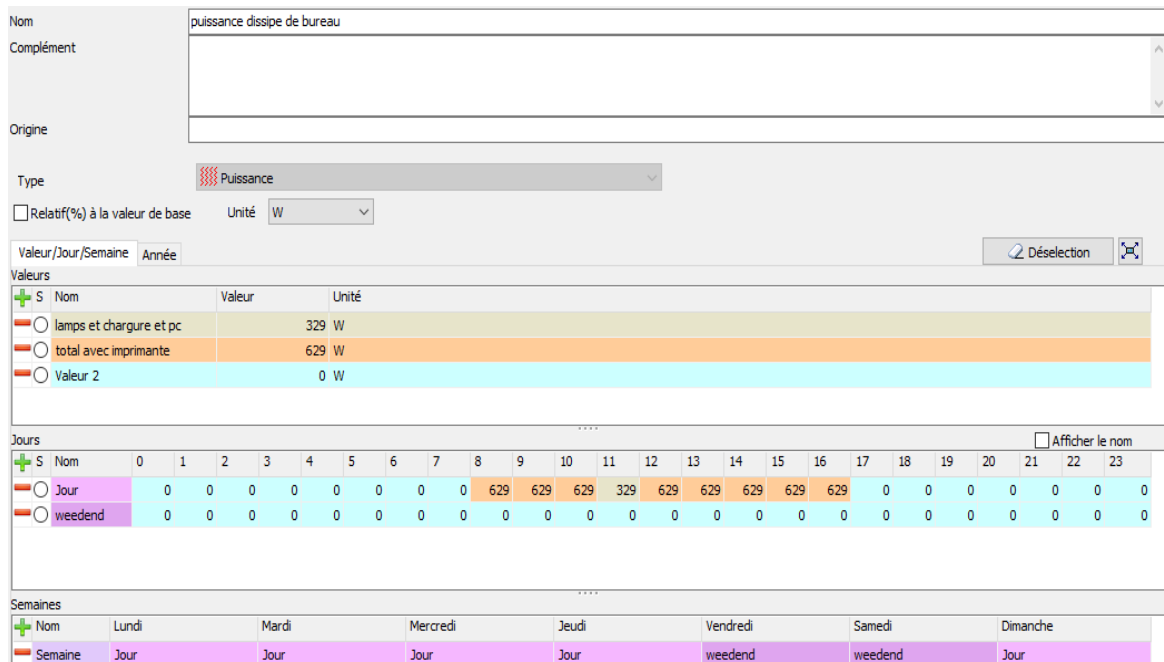
**Tableau (III.1) : La puissance dissipée totale.**



**Figure (III.32) : Puissance dissipée des classes.**



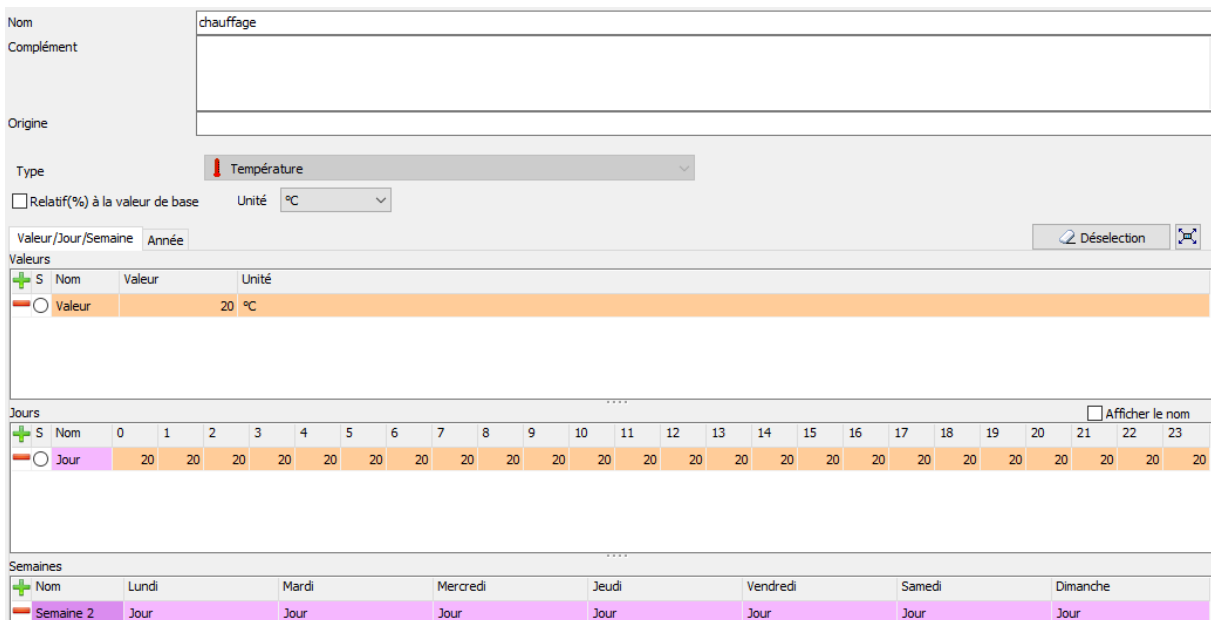
**Figure (III.33) : Puissance dissipée des classes 2.**



**Figure (III.34) :** Puissance dissipée de l'administration.

Ce scenario permet de déterminer la chaleur émise par les appareils électriques (lampe, pc, data show, etc.) Puissance dissipé(W) = nombre de lampe \* 33 + nombre de pc \* 100

### III.7.4. Scénario de consigne thermostat



**Figure (III.35) :** Les scénarios de chauffage.

Nom: climatisation

Complément:

Origine:

Type: Température

Relatif(%) à la valeur de base    Unité: °C

Valeur/Jour/Semaine    Année    [Désélection]    [Zoom]

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	25	°C

Jours

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	Jour	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Semaines

S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="radio"/>	Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour			Jour

Figure (III.36) : Les scénarios de climatisation.

### III.7.5. Définir les scénarios de fonctionnement :

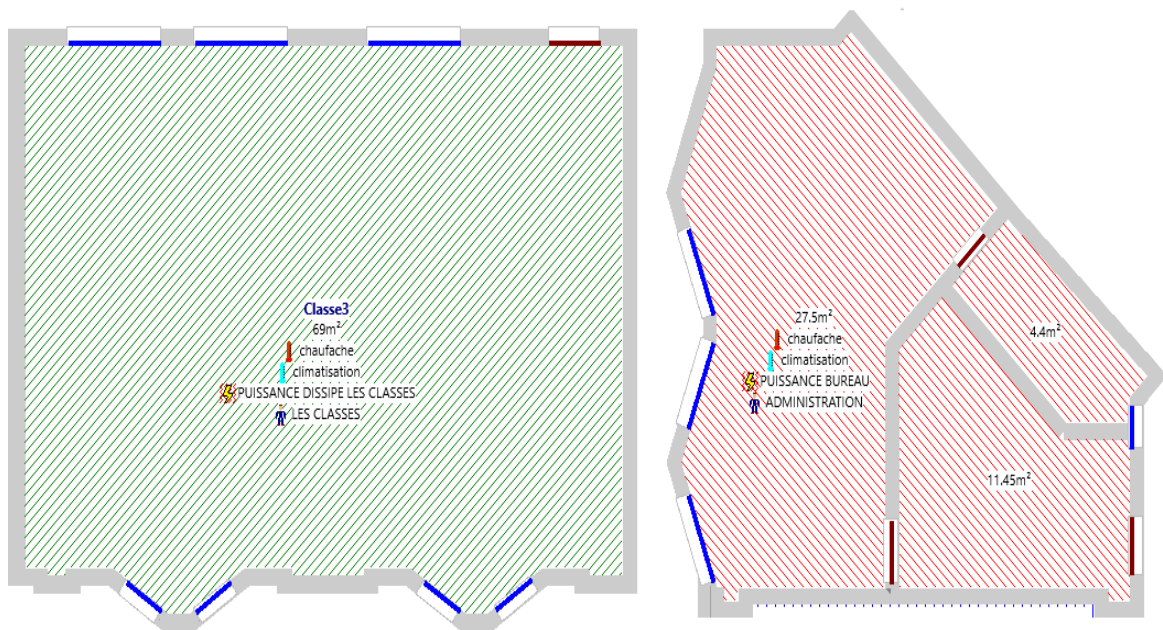


Figure (III.37) : Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan.

### III.7.6. Définir Les ponts thermiques

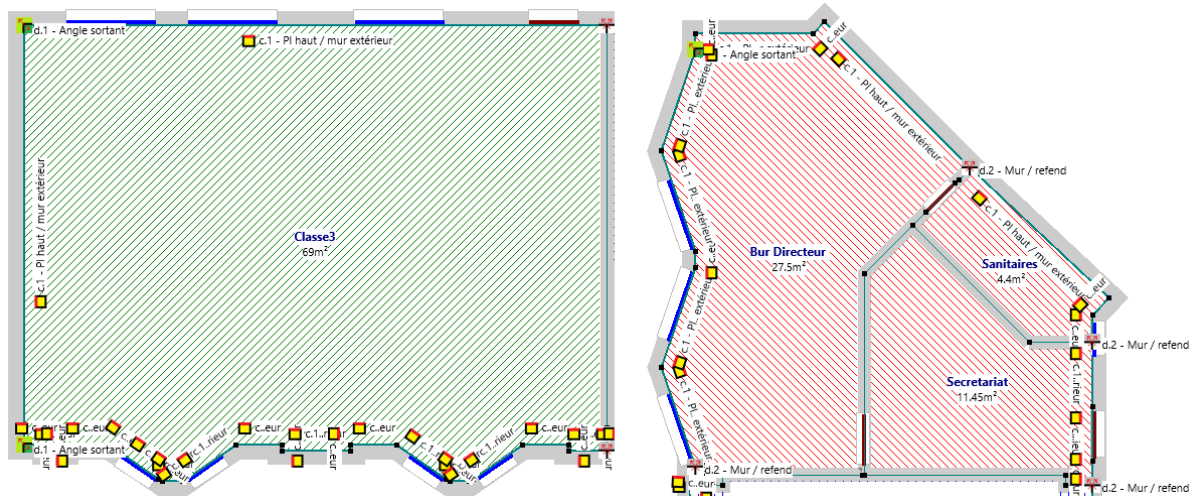


Figure (III.38) : Les ponts thermiques.

### III.8. Lancement de la simulation

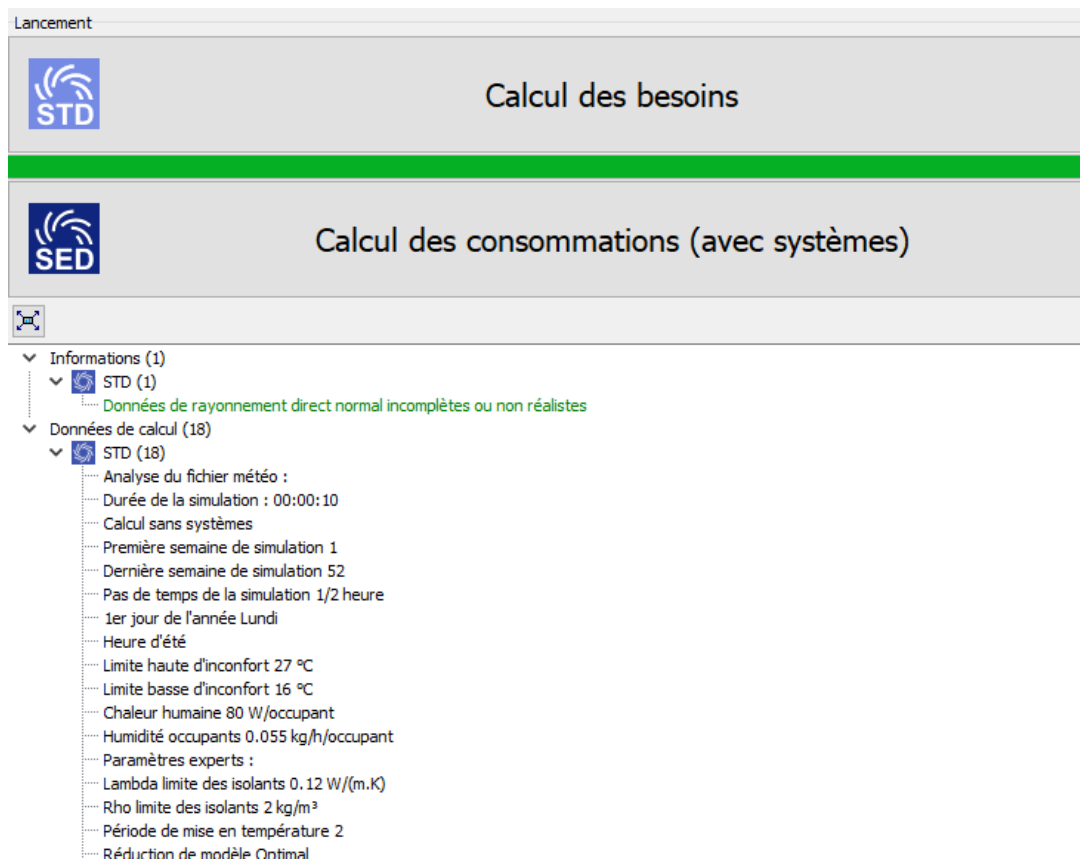


Figure (III.39) : Calcul des besoins.

### **III.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons introduit la simulation thermique dynamique et fourni une présentation des logiciels utilisés pour mener cette étude, nous avons également exposé en détail les différentes procédures qui ont été mises en œuvre au cours de notre simulation.

Le prochain chapitre sera entièrement dédié à la présentation des résultats obtenus dans le cadre de ce projet.



# **CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

## **VI.1. Introduction :**

Après avoir effectué les simulations thermiques dynamiques, ce chapitre présente les résultats obtenus ainsi que les discussions qui en découlent. Nous évaluons les performances des différentes variantes étudiées pour en tirer des conclusions.

### **Variante 01 :**

- Simulation du cas initial.
- Simulation sans consigne de thermostat
- Simulation avec consigne de thermostat

### **Variante 02 :**

- Simulation sans consigne de thermostat avec renforcement des murs extérieurs
- Simulation avec consigne de thermostat avec renforcement des murs extérieurs

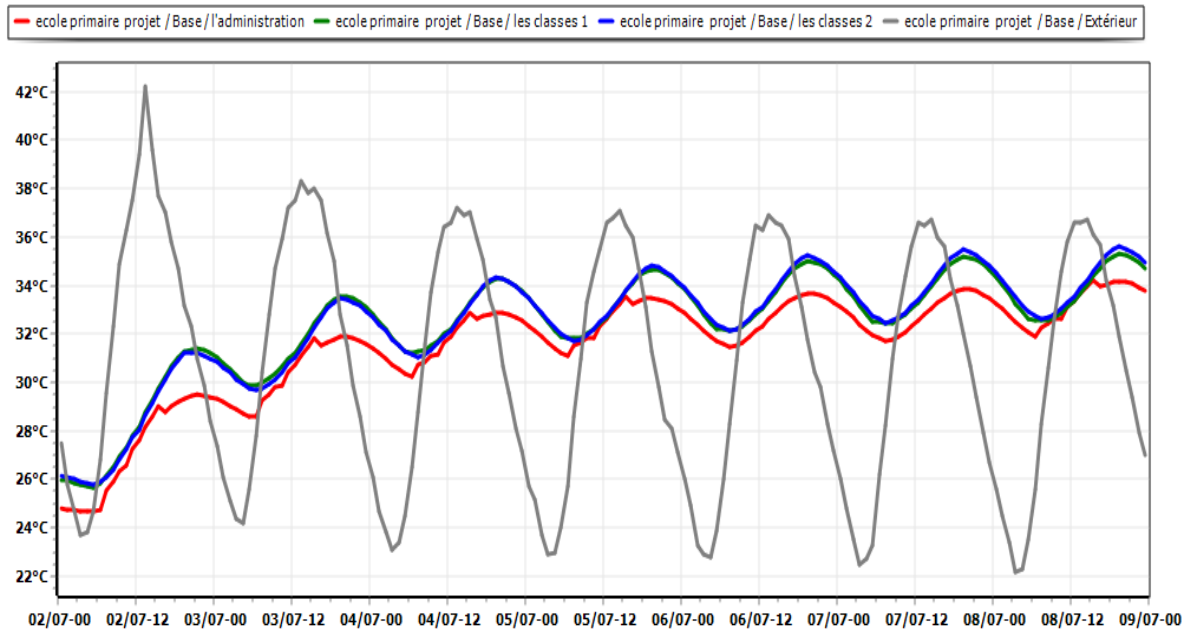
### **Variante 03 :**

- Simulation avec amélioration du cas étudié par l'intégration de l'isolation dans la toiture ainsi que les murs extérieurs.
- Simulation sans consigne de thermostat et avec isolations dans la toiture et les murs extérieurs.
- Simulation avec consigne de thermostat avec isolations dans la toiture et les murs extérieurs.

## IV.2. Simulation estivale :

### IV.2.1. Sans consigne :

- **Pour la semaine la plus chaude**



**Figure (VI.1) :** Evaluation des températures pour la semaine la plus chaude.

- **Interprétation :**

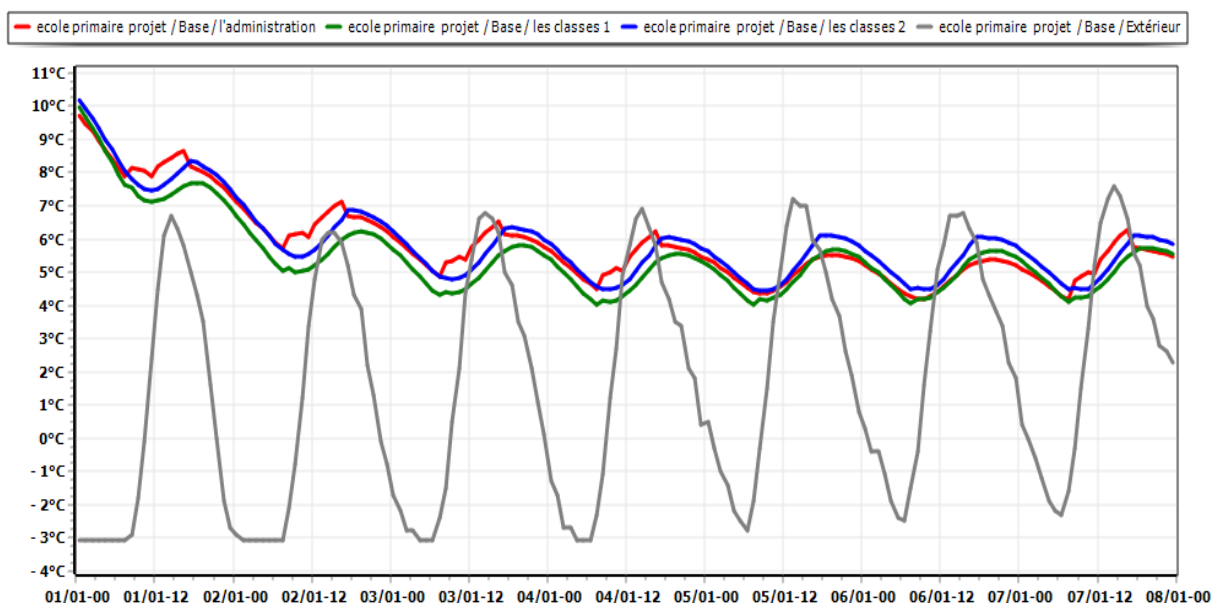
D'après la visualisation graphique. Nous avons constaté que pendant la semaine la plus chaude les températures extérieures varient de 22°C à 42°C.

Les températures intérieures dans les classes (orientée sud) varient de 26 °C à 35,5°C et par rapport les températures intérieures dans l'administration varient entre 25 °C à 33°C

Donc, nous avons remarqué que le comportement thermique du bâtiment étudié pour la période d'été n'est pas convenable aux normes de confort malgré la présence de la ventilation nocturne.

Tous ces résultats montrent que la différence de température dans les différentes zones est due à leur positionnement et orientation au sein du bâtiment, les pièces exposées au sud profitent des apports solaires durant la période hivernale mais cela représente un inconvénient en période estivale.

- **Pour la semaine plus froide**



**Figure (VI.2) :** Evaluation de température de la semaine la plus froide.

- **Interprétation :**

D'après la visualisation graphique, pendant la semaine la plus froide, nous constatons que les températures à l'extérieur varient de -3 °C à 7,5 °C. Pour les classes qui représentent les laboratoires, les températures varient de 4°C à 10°C ; cette dernière est égale à celle de l'extérieur mais n'est pas conforme à la plage du confort (20°C-24°C).

Pour l'administration, les températures varient de 4°C à 9,5°C ; cette dernière est inférieure à celle de l'extérieur mais n'est pas conforme à la plage du confort (20°C-24°C).

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W	°C	°C	°C
Total	0	0	0	0	0	0	3.9	19.8	35.9
l'administration	0	0	0	0	0	0	4.2	18.7	34.4
les classes 1	0	0	0	0	0	0	4.0	19.7	35.3
les classes 2	0	0	0	0	0	0	4.5	20.8	35.9

**Figure (VI.3) :** Les besoins en chauffage et en climatisation sans consigne.

Pour l'administration, La température de la zone est limitée entre 4.2 °C minimum et 34,4°C maximum, avec une moyenne de 18,7 °C, ce qui fait augmenter le taux d'inconfort à 57,78%.

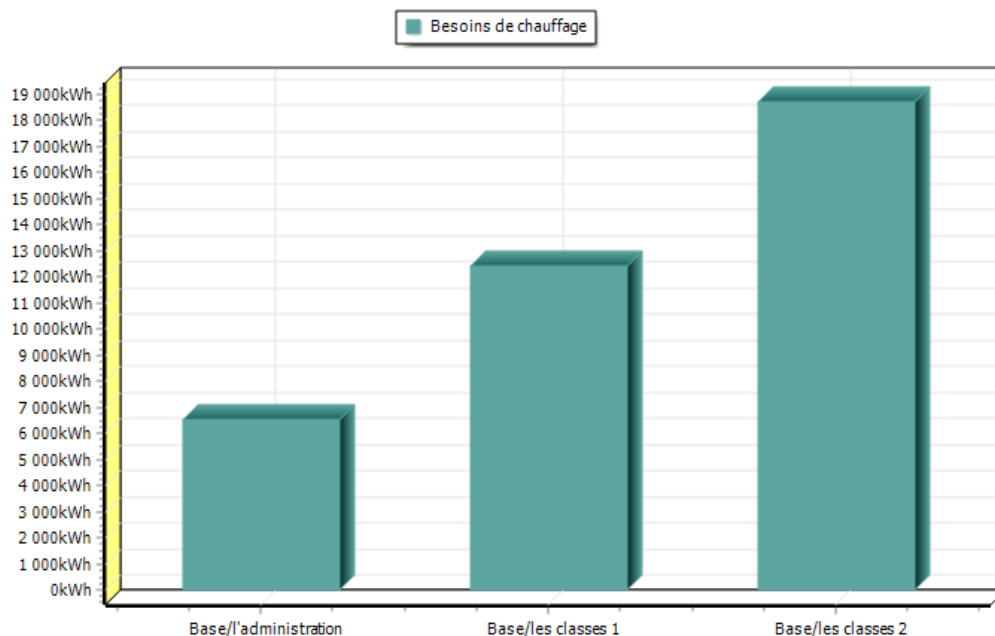
Pour les classes, La température de la zone est limitée entre 4 et 4.5 °C minimum et 35, 3 °C et 35, 9 °C maximum, avec une moyenne de 20,8 et de 19,7 °C, ce qui fait augmenter le taux d'inconfort entre 46,51 % et 47,68.

#### IV.2.1. Avec consigne :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W
Total	39 080	87	2 216	5	58 099	26 831
l'administration	6 798	155	97	2	6 068	2 700
les classes 1	12 379	91	252	2	16 196	7 222
les classes 2	19 904	74	1 867	7	35 835	16 909

**Figure (VI.4) :** les besoins en chauffage et en climatisation avec consigne

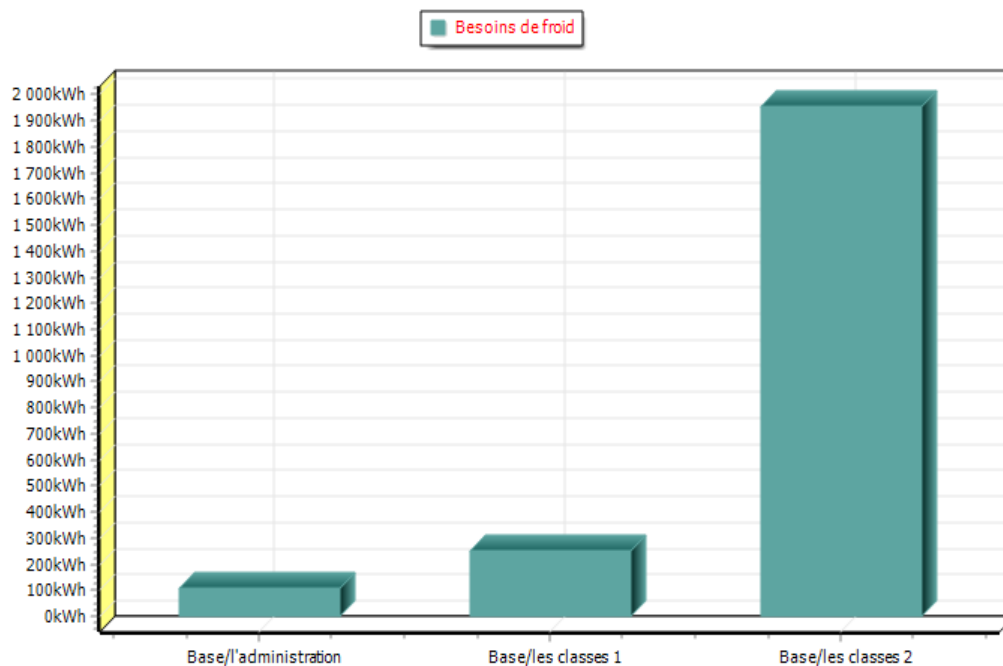
Après l'intégration de la consigne thermostat 20°C pour le chauffage et 27°C pour la climatisation, nous avons constaté que le confort est atteint, est qui a été assuré par une puissance de chauffage de 58099W, les besoins en chauffage sont estimés à 39080 kWh d'une moyenne de 87 kWh/m<sup>2</sup>. La climatisation est assurée par une puissance de 26831 W, les besoins en climatisation sont estimés à 22016 kWh d'une moyenne de 5 kWh/m<sup>2</sup>.



**Figure (VI.5) :** Histogramme des besoins en chauffage

On a constaté que les besoins en chauffage dans l'administration estimés à 6500 KWh et dans les classes 1 12400 KWh et dans les classes 2 18700 KWh. Les besoins en chauffage sont

importants pour les classes par rapport à celles de l'administration et cela est dû à l'absence des apports solaires.



**Figure (VI.6) :** Histogramme des besoins en climatisation.

On a constaté que les besoins en climatisation dans les zones sont estimés à 104.899 K Wh pour l'administration et à 253.662 KWh pour les classes 1 et pour les classes 2 sont estimés 1955 KWh.

### **IV.3. Les Solutions Passives de l'architecture bioclimatique Choisies :**

#### **IV.3.1. L'intégration d'isolation :**

Le liège est récolté tous les 9 ans sur le chêne-liège qui pousse dans les régions méditerranéennes et a une durée de vie de 150 ans. La matière première est réduite en granules puis expansé à la vapeur (environ 300°C) en four autoclave, les granules se dilatent et s'agglomèrent entre eux grâce à la résine qu'ils contiennent. L'aggloméré est ensuite découpé au format voulu. [16]

#### **IV.3.2. Avantages de l'isolation avec le liège**

- Simplicité de mise en œuvre
- Renouvelable et recyclable
- Pas de dégagement toxique en cas d'incendie

- Imputrescible
- Insensible aux micro-organismes
- Pas d'effet négatif connu sur la santé
- Arrêt des champs magnétiques (en panneaux)

### IV.3.3. Inconvénients de l'isolation avec le liège

- Coût.
- Matière première rare
- Bilan énergie grise et CO2 moyen

Nom : murs extérieurs

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd  Cloison légère  Afficher le détail des matériaux

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.02	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Panneau de liège	↓	9	11	0.04	2.25	
Enduit plâtre	↓	2.000	30	0.35	0.06	
Total		23	150		2.54	

Figure (VI.7) : Composition du mur extérieur avec isolation.

Nom : plancher haute

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd  Cloison légère  Afficher le détail des matériaux

Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	λ	R	
gravillon roulé	↓	3,000	45	0.4	0.06	Extérieur ↓ Intérieur
Bitume pur	↓	2,000	21	0.17	0.12	
Béton lourd	↓	4,000	92	1.75	0.02	
Hourdis de 20 en béton	↓	20,00	260	1.333	0.15	
Panneau de liège	↓	0,000	0	0.04	0.00	
Enduit plâtre	↓	2,000	30	0.35	0.06	
Total		31	448		0.43	

Figure (VI.8) : Composition du plancher haut avec isolation

#### VI.4. Sans consigne avec isolation

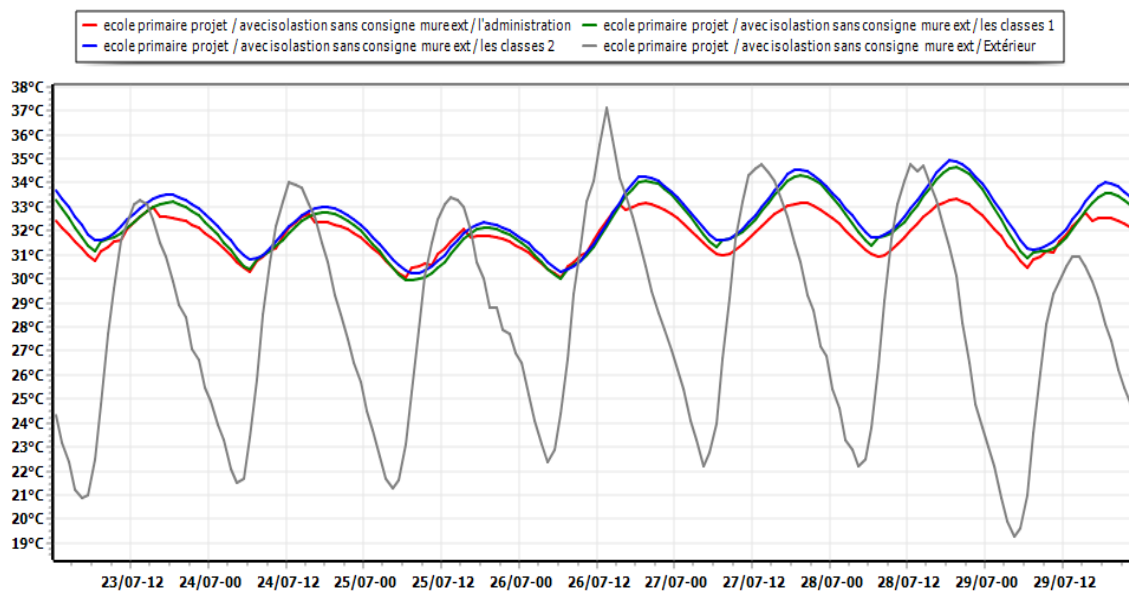
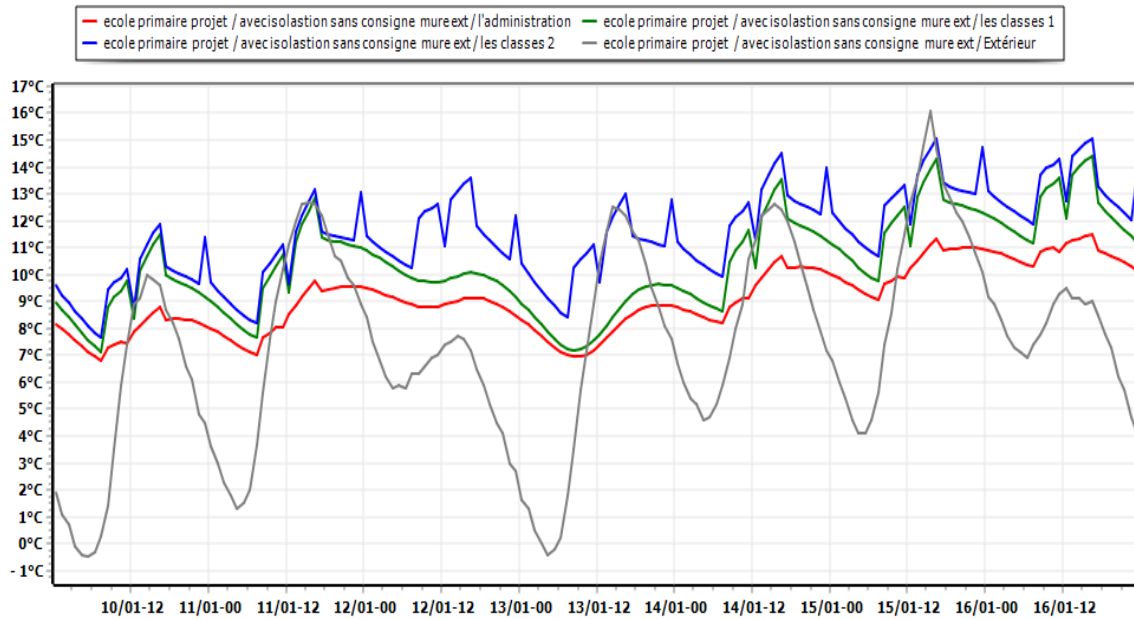
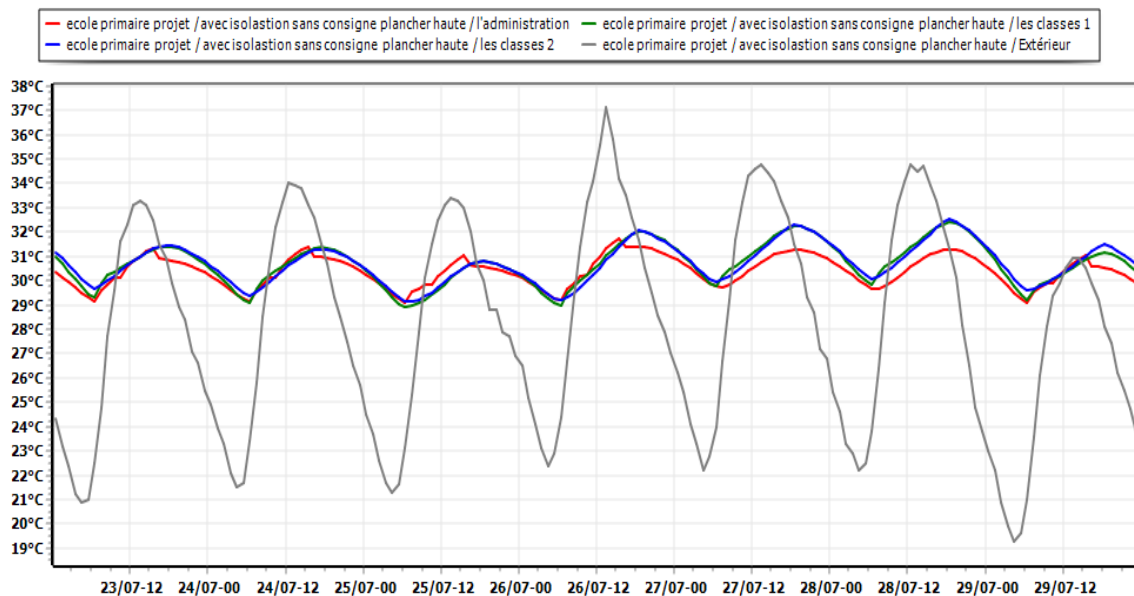


Figure (VI.9) : Evaluation des températures pour la semaine la plus chaude avec isolation du mure extérieur.

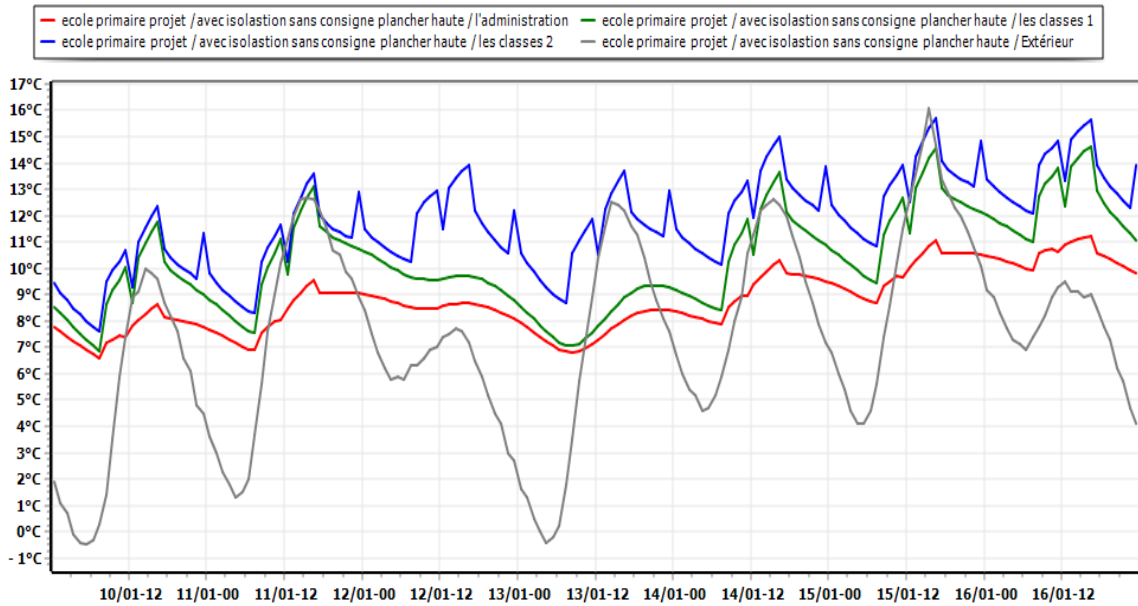




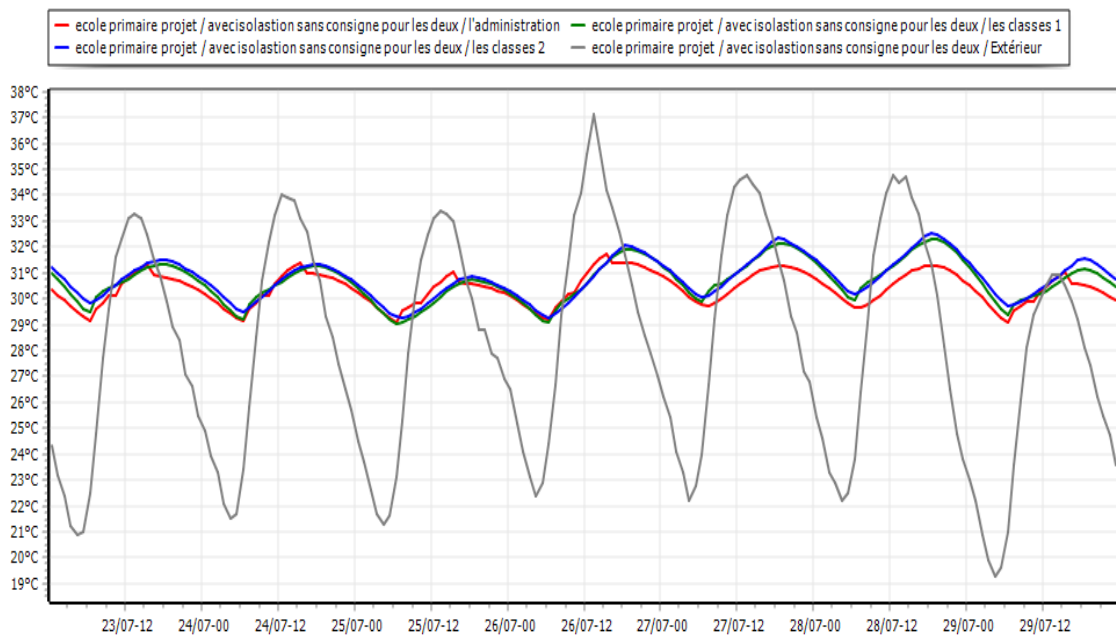
**Figure (VI.10) :** Evaluation de température de la semaine la plus froide avec isolation du mure extérieur.



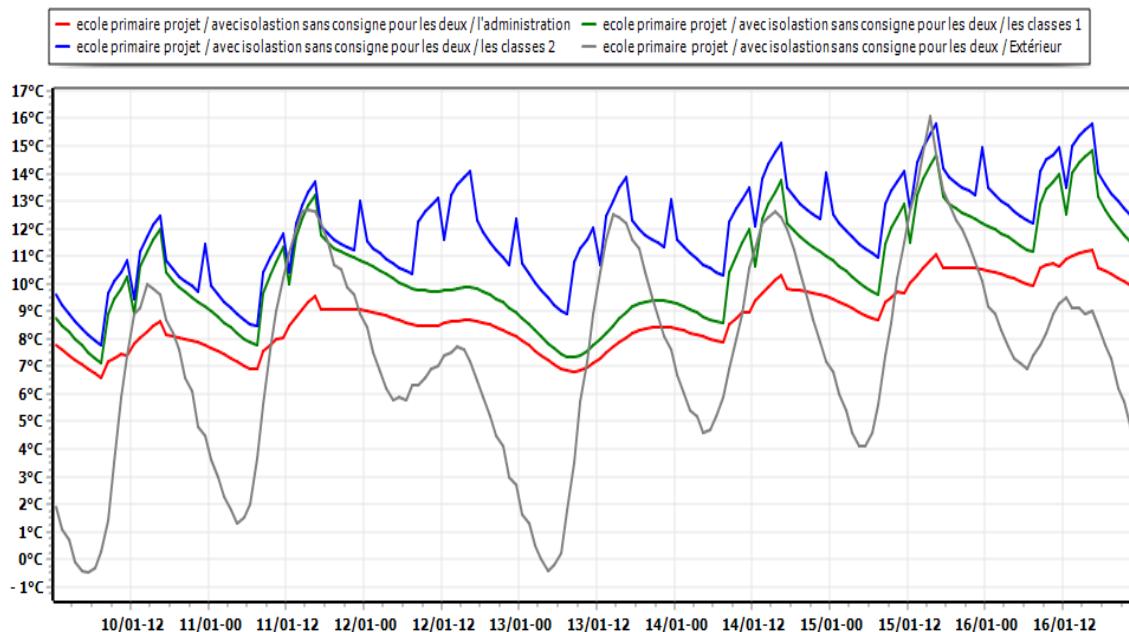
**Figure (VI.11) :** Evaluation des températures pour la semaine la plus chaude avec isolation du plancher haut.



**Figure (VI.12) :** Evaluation de température de la semaine la plus froide avec isolation a plancher haut .



**Figure (VI.13) :** Evaluation des températures pour la semaine la plus chaude avec isolation du plancher haut et mure extérieur.



**Figure (VI.14) :** Evaluation de température de la semaine la plus froide avec isolation du plancher haute et mure extérieur.

## VI.5. Avec consigne avec isolation

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W
Total	38 585	86	2 245	5	58 209	27 706
l'administration	6 819	155	97	2	6 136	2 700
les classes 1	12 451	92	250	2	16 381	7 435
les classes 2	19 315	72	1 899	7	35 693	17 572

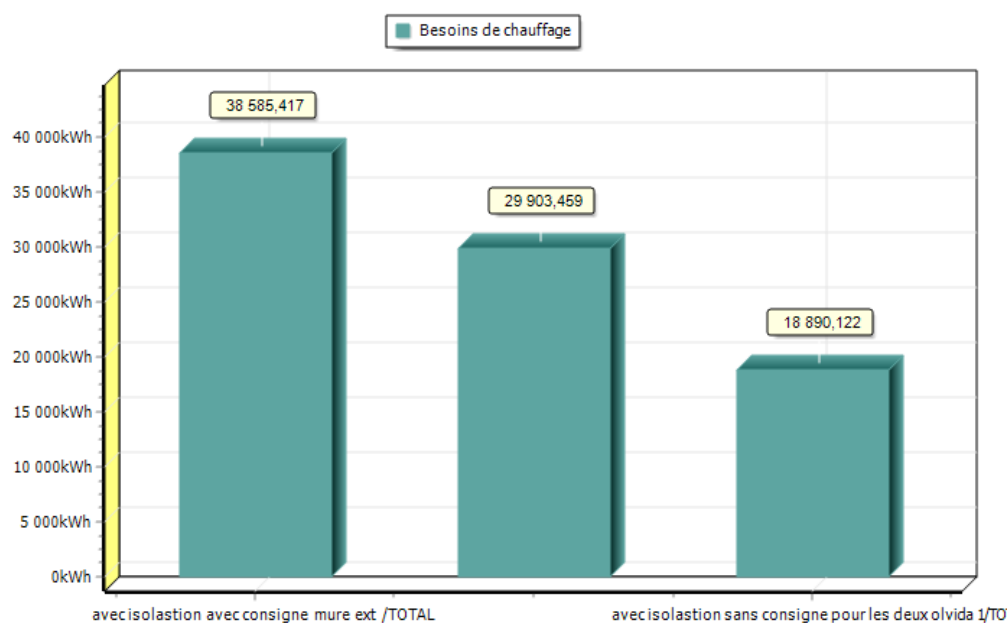
**Figure (VI.15) :** Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation dans les murs extérieurs.

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W
Total	29 903	67	1 446	3	47 878	18 742
l'administration	5 829	133	25	1	4 981	1 095
les classes 1	10 166	75	54	0	13 565	4 359
les classes 2	13 909	52	1 367	5	29 332	13 287

**Figure (VI.16) :** Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation de la toiture

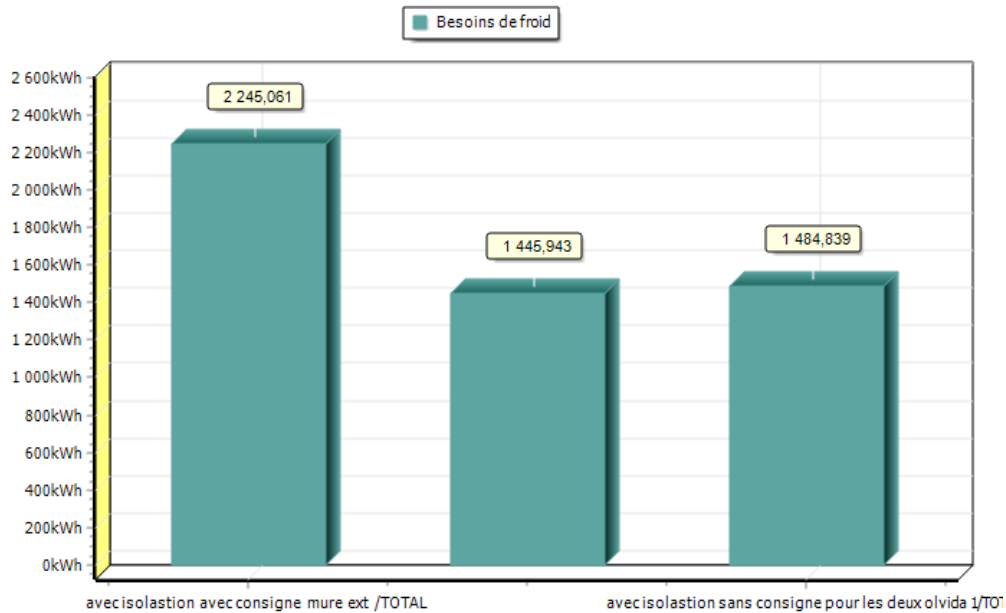
Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	W	W
Total	18 890	42	1 485	3	46 126	18 658
l'administration	4 165	95	25	1	4 947	1 095
les classes 1	6 304	46	55	0	12 714	4 389
les classes 2	8 421	31	1 405	5	28 464	13 173

**Figure (VI.17) :** Les besoins en chauffage et climatisation avec isolation des murs extérieurs et de la toiture.



**Figure (VI.18) :** Histogramme des besoins en chauffage avec isolation.

à fin d'atteindre le confort les résultats montre que la puissance de chauffage à l'intérieur des zone isolées a diminué , cette diminution est estimée à (22.5%) entre isolation du mur extérieur et isolation de la toiture. et une autre diminution de (36.83%) entre ce dernier et isolation de mur extérieur plus la toiture



**Figure (VI.19) :** Histogramme de la climatisation avec isolation.

Selon les résultats obtenus, on constate que les besoins en climatisation dans les zones isolées sont moins par rapport au cas initial (diminution de 64,4%).

#### IV.6. Evaluation énergétique de notre cas d'étude

Les besoins totaux de cas initial = les besoins en chauffage + les besoins en climatisation

$$91 < 87+5= 92 \text{ K Wh/m}^2 < 150$$

Les besoins totaux avec l'isolation de mur extérieure= les besoins en chauffage + les besoins en climatisation

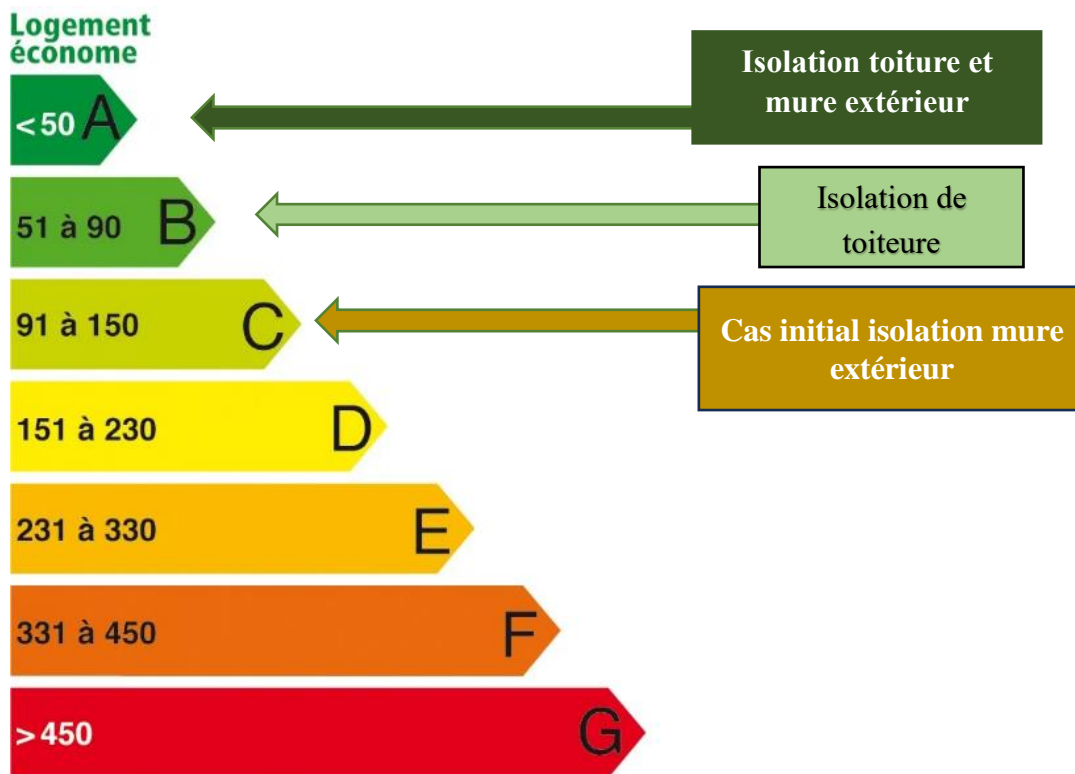
$$91 < 86+5= 91 \text{ KWh/m}^2 < 150$$

Les besoins totaux avec l'isolation toiture = les besoins chauffage + les besoins climatisation

$$51 < 67+3= 70 \text{ KWh/m}^2 < 91$$

Les besoins totaux avec l'isolation toiture + isolation mur extérieure = les besoins en chauffage + les besoins en climatisation

$$42+3= 45 \text{ KWh/m}^2 < 50$$



**Figure (VI.20) :** Etiquette du classement énergétique.

Après comparaison des résultats obtenus par rapport aux normes exigées par l'étiquette énergétique qui permet d'évaluer et classer le bâtiment tertiaire, nous avons déduit que notre cas d'étude était classé dans la catégorie C avec une consommation de 92 kWh /m², mais grâce à l'intégration des solutions passives lors de notre étude, le bâtiment est passé de la classe C à la classe A avec une moyenne de 45 kWh/m.

### VI.7. Prix et épaisseur de liège :

Voici dans le tableau quelques références produits et l'épaisseur correspondante à chaque usage.

Caractéristique technique			Pouvoir isolant		Confort d'été	Prix
Marque	Utilisation	Epaisseur (Cm)	R (m².k/w)		Selon paroi	Au m²(DA)
isocor	Mur	15	3.75	+	Brique	5000

	extérieur	16	4	++		5200
		20	5	+++		6000

**Tableau (VI.1) : prix et épaisseurs de liège.**

Pour une surface de 200 m<sup>2</sup> des murs extérieurs et pour une épaisseur de 14 cm de panneau de liège. Le prix de 14 cm de liège est 4666.66 DA

Donc :

Le prix de l'isolation avec le liège est : 933333.33 DA

### **VI.8. Conclusion :**

Après les résultats obtenus pour les besoins (en chauffage et en climatisation) de notre cas d'étude, on remarque que les besoins de chauffage sont importants pour les zones mais grâce à la solution passive proposée de l'isolation du plancher haut et du mur extérieur nous avons pu réduire les besoins en chauffage jusqu'à 48,95% et les besoins en climatisation à 33,65%.

## **Conclusion générale**

Bien que le pays ait connu une croissance considérable dans la construction de bâtiments publics tertiaires, la prise en compte de la notion de bioclimatique dans leur conception est rare ou inexistante. Cela a entraîné des lacunes importantes en termes de qualité de ces constructions, ce qui se traduit par un manque de confort et une surconsommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation.

L'objectif de cette recherche est d'améliorer l'efficacité énergétique du chauffage et de la climatisation dans les salles de classe et les administrations d'une école primaire à Ain Oussera Djelfa. Dans la première phase de l'étude, nous avons analysé le comportement thermique du bâtiment à l'aide du logiciel Pléiades, qui prend en compte les conditions

météorologiques du site étudié. Cette étude s'est basée sur la variation des paramètres et des scénarios d'étude, en prenant en compte un scénario d'occupation prédéfini. Des scénarios de ventilation et de dissipation d'énergie ont également été considérés pour les besoins de la simulation.

Ce projet représente une avancée significative dans notre volonté d'intégrer des solutions énergétiques respectueuses de l'environnement dans notre école. Nous sommes convaincus que ces mesures contribueront non seulement à réduire notre empreinte carbone, mais aussi à sensibiliser nos étudiants à l'importance de l'énergie renouvelable et à promouvoir une approche plus durable dans leur vie quotidienne.

Après les résultats obtenus pour les besoins (en chauffage et en climatisation) de notre cas d'étude, on remarque que les besoins de chauffage sont importants pour les zones mais grâce à la solution passive proposée de l'isolation du plancher haut et du mur extérieur nous avons pu réduire les besoins en chauffage jusqu'à 48,95% et les besoins en climatisation à 33,65%.

### **Références bibliographiques**

[1] GROUPE D'ETUDE DES MARCHES GEM-EF « Equipements de bureau, enseignement et formation », GUIDE RELATIF A L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LES BATIMENTS : APPLICATION A UN ETABLISSEMENT SCOLAIRE, Mars 2013.

[2] ALIOUCHE, Amina. KSOURI, Mohamed Rida. BENHALILOU, Karima. Optimisation des performances thermiques et énergétiques dans le secteur hôtelier. Université Larbi Ben M'hidi O.E.B. 2017.



[3] LAMRHARI, El Hadi Drissi. Etude Comportement thermique et économie d'énergie dans un appartement avec différentes mesures d'efficacité énergétique dans les six zones climatiques du Maroc, 2018.

[4] G. PORCHER et D. HERNOT, Thermique appliquée aux bâtiments, EPIDA, 1994

[5] A. BELKEBIR, Les procédés de La conception bioclimatique aux équipements scolaires sous un climat semi-aride Cas d'étude : École primaire à Ain el Beida, UNIVERSITE L'ARBI BEN MHIDI-OUM EL BOUAGHI.

[6] <https://www.effnergie.org>

[7] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/maison/48725>

[8] DIONNE, Jean-Philippe. Conception intégrée, processus facilitateur pour la réduction des impacts sur l'environnement et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments. Mémoire de maîtrise électronique, Montréal, École de technologie supérieure, 2015.

[9] <https://www.climamaison.com/lexique/isolant-thermique.htm>

[10] IDRIS, Omar Abdou. Études de l'amélioration de la performance énergétique et de stratégies de conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide. Génie civil. Université de Lyon, 2020. Français.

[11] ANSAR, Ahmed Mounir. DJEBAILI, Imed Abd Errahmane. L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural. Université Larbi Ben M'hidi O.E.B. 2017.

[12] BERKOUK. Djihed, Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif, Université Mohamed Khider – Biskra, (2017).

[13] G. PORCHER et D. HERNOT – Thermique appliquée aux bâtiments, EPIDA, 1994.

[14] MONOGRAPHIE WILAYA DE DJELFA

<https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20DJELFA.pdf>

[15] <https://asal.dz/p=422>

[16] <https://conseils-thermiques.org/>

