

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1  
Faculté de Technologie  
Département des Énergies Renouvelables



## **Mémoire**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Spécialité : Energies Renouvelables**

**Option : Habitat bioclimatique**

### **Thème :**

**AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE  
D'ECOLE PRIMAIRE CHEHAIRIA A CHLEF**

**Réaliser par :**

- LAIBI NOUR EL HOUDA
- KHACHEMOUN ACHOUAK

**Encadrée par :**

- Promotrice : D<sup>r</sup> GUEBLI .W
- Co-promotrice : D<sup>r</sup> OUKACI.S

**Devant le jury composé :**

**Président de Jury :**

**Examineur :**

**Examineur :**

Blida, juillet 2023

## ملخص

يركز هذا البحث على دراسة السلوك الحراري وتحسين أداء الطاقة لمدرسة الشهييرة الابتدائية في الشلف. الهدف الرئيسي هو الحد من استهلاك الطاقة من خلال تطبيق حلول سلبية وإيجابية.

تم إجراء محاكاة باستخدام برنامج "المحاكاة الحرارية الديناميكية" لتقييم فعالية التدابير السلبية.

تهدف هذه التدابير إلى خلق بيئة داخلية مريحة مع الحد الأدنى من الاعتماد على أنظمة التدفئة والتبريد. تحلل المحاكاة تأثير هذه العوامل على راحة المستخدمين وتقليل استهلاك الطاقة.

علاوة على ذلك، إلى جانب التدابير السلبية، تم دمج نظام الطاقة الشمسية كحل إيجابي لإضاءة الداخلية وتشغيل الأجهزة الكهربائية داخل المدرسة، مما يقلل من نفقات الطاقة للمؤسسة.

## الكلمات المفتاحية :

العمارة المناخية ، تصميم المناخ الحيوي ، كفاءة الطاقة ، تحسين أداء طاقة المبنى، الطاقة الشمسية

## Résume :

Ce mémoire de recherche se focalise sur l'étude du comportement thermique et l'amélioration de la performance énergétique de l'école primaire Chehairia à Chlef. L'objectif principal est de réduire la consommation énergétique en utilisant à la fois des solutions passives et actives.

On faire Des simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel "Pléiades" dans le but d'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 ainsi que sur la réduction de la consommation énergétique

En complément des solutions passives, un système photovoltaïque a été intégré en tant que solution active pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques de l'école. Cette installation permet de produire de l'énergie électrique à partir de la lumière du soleil, réduisant ainsi la facture énergétique de l'établissement.

## MOTS CLES :

L'architecture bioclimatique, la conception bioclimatique, L'Efficacité énergétique, Amélioration de la performance énergétique du bâtiment, pléiades, pvsyst, Energie solaire

### **Abstract:**

This research paper focuses on studying the thermal behaviour and enhancing the energy performance of Chehairia Primary School in Chlef.

The primary objective is to decrease energy consumption by implementing both passive and active solutions.

Simulations were conducted using the "Pleiades" software to assess the effectiveness of passive measures. These measures aim to create a comfortable indoor environment while minimizing reliance on heating and cooling systems. The simulations analyse the impact of these factors on occupant comfort and energy consumption reduction.

Furthermore, alongside passive solutions, an active photovoltaic system has been integrated for indoor lighting and electrical appliances within the school. This system harnesses solar energy to generate electricity, thereby reducing the institution's energy expenditure.

### **Keywords:**

Bioclimatic architecture, Bioclimatic design, Energy efficiency, Improvement of building energy performance, Pleiades, PVsyst

## *Remerciements:*

*Avant toute chose, nous souhaitons exprimer notre sincère reconnaissance envers DIEU, notre créateur, pour nous avoir accordé la force et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail. Nous exprimons nos sincères remerciements à notre promotrice, Mme. GUEBLI, ainsi qu'à Mme. OUKACI pour leur soutien inestimable et leurs conseils considérables. Leur patience, leur expertise et leur dévouement ont été d'une importance capitale pour la réussite de ce projet.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur Abdelkader Hamid, chef d'option, pour son aide pratique, Sa disponibilité, sa compétence et sa bienveillance ont été des facteurs déterminants dans la réalisation de ce travail.*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers Monsieur le Président du jury ainsi que les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Nous les remercions sincèrement d'avoir consacré leur temps et leurs connaissances pour évaluer notre travail et nous fournir des retours constructifs.*

*Nous tenons également à remercier chaleureusement le département des énergies renouvelables de Blida pour leur soutien et leur facilitation tout au long*

*De notre projet.*

## *Dédicace :*

*Je tiens à dédier ce mémoire à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation :*

*À ma mère, C'est grâce à son amour inconditionnel et à son soutien constant que je suis devenue la femme courageuse que je suis aujourd'hui.*

*À mon père, Omar qui a joué un rôle essentiel dans ma vie. Ses encouragements, ses conseils et son exemple m'ont permis de grandir et de me surpasser.*

*À mon cher frère, Abdou je veux lui rendre hommage en tant que source inépuisable de courage et de motivation.*

*À mes sœurs bien-aimées, Anfal et Rym leur présence et leur soutien constant ont été un réconfort précieux dans les moments difficiles et À toute ma famille*

*Je suis profondément reconnaissant envers mes meilleurs amis pour leur présence constante, leur soutien inconditionnel et leur aide précieuse dans la réalisation de ce mémoire (Nouha, Marouane, Abdou, Sidahmed)*

*À mon binôme, KHACHEMOUN ACHOUAK*

*A tous mes amis et collègue d'étude de promo de master 2 énergie renouvelable et dédicace spéciale pour mes amis de Spécialité Energies Renouvelable et Habitat bioclimatique*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite*

*LAIBI NOUR EL HOUDA*

## *Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A ma chère mère, qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*A mon très cher père **RABIA** Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour.*

*À mes frères « **siradj edinne** et **Tedj edinne** ».*

*À mes chères sœurs « **samar** et **Djihhan** ».*

*A ma chère sœur **MARAH ZOULIKHA** qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études Que Dieu la protège et leur offre la chance et le bonheur*

*À mon chère binôme « **LAIBI Nour El houda** »*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé.*

*A tous ceux que j'aime*

***Khachemoun Achouak***

## Sommaire :

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Problématique.....	2
Objectif de travail.....	2
Plan de travail.....	2
<b>Chapitre I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE ET l'état DE l'ART.....</b>	<b>4</b>
Introduction.....	4
I.1) Recherche bibliographique.....	4
I.1.1) l'architecture bioclimatique.....	4
I.1.2) la conception Bioclimatique.....	5
I.1.3) les principes d'une conception bioclimatique.....	5
I.1.3.1) implantation.....	5
I.1.3.2) l'orientation.....	6
I.1.3.3) la forme architectural.....	6
I.1.3.4) le choix des matériaux.....	7
I.1.3.5) critères des choix des matériaux de construction et d'isolation.....	7
I.1.4) isolation thermique.....	8
I.1.5) les types de conception bioclimatique.....	8
I.1.5.1) la conception bioclimatique active.....	9
I.3.2) la conception bioclimatique passive.....	9
I.1.6) le confort thermique.....	9
I.1.6.1) les six paramètres qui influencent sur le confort thermique.....	10
I.1.7) l'efficacité énergétique.....	11
I.1.8) la performance énergétique du bâtiment.....	11
I.1.9) La consommation énergétique.....	12
I.1.10) La consommation énergétique en Algérie.....	13
I.1.11) Bilan énergétique thermique.....	14
I.2) L'état de l'art.....	15
Conclusion.....	24
<b>CHAPITRE II PRESENTATION Du Cas d'Etude.....</b>	<b>25</b>
Introduction.....	25
II.1) Présentation de la région étudiée.....	25
II.2) Présentation de la commune.....	26
II.3) Données climatiques de la région de Chlef.....	27
II.3.1) Température moyenne mensuelle.....	27
II.3.2) Précipitations.....	27
II.3.3) L'ensoleillement.....	28
II.3.4) Rayonnement moyenne mensuel.....	29
II.4) Présentations du cas d'étude.....	29
II.4.1) Situation géographique du cas d'étude.....	29
II.4.2) Description du logement étudié.....	30
II.4.3) Présentation du plan de cas étudié.....	31
II.4.3.1) Bloc administratif.....	31
II.4.3.2) Bloc pédagogique.....	32
II.4.3.3) Matériaux de construction utilisés.....	33
Conclusion.....	34
<b>CHAPITRE III SIMULATION DE CAS D'ETUDE.....</b>	<b>35</b>

Introduction .....	35
III.1) Présentation du logiciel .....	35
III.1.1) Pléiades + comfie .....	35
III.1.1.1) Détail de pléiades .....	36
III.1.1.2) Processus D'application de logiciel.....	37
Partie 1 : sous Pléiades BIBLIOTHÈQUE .....	37
1)Définir les Compositions des éléments constructif.....	37
2)Définir les Types des ouvertures .....	39
Partie 2 : sous Pléiades MODELEUR.....	43
1)Bloc administratif .....	43
1.1) Donnes de construction .....	43
1.2) Plan.....	44
1.3) Définir les scénarios de fonctionnement.....	46
1.4) Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan .....	53
1.5) Définir Les ponts thermiques .....	53
2)Bloc pédagogique .....	54
2.1) Donnes de construction .....	54
2.2) Plan.....	54
2.3) Définir les scénarios de fonctionnement.....	57
2.4) Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan .....	60
2.5) Définir Les ponts thermiques .....	60
3) Identification de la station météorologique .....	61
4) Lancement de la simulation.....	62
III.2) méthodologie de travail.....	62
III.2.1) variante 02.....	62
III.2.1.1) la laine de roche.....	63
III.2.1.2) les défèrent composant de la laine de roche .....	63
III.2.1.3) les catégorie d'un isolation a la laine de roche .....	63
III.2.1.4) les propriétés physique de la laine de roche .....	64
III.2.2) variante 03.....	65
Conclusion.....	65
<b>CHAPITRE IV RESULTAT ET DISCUSSION.....</b>	<b>66</b>
Introduction.....	66
IV.1) Les résultat .....	67
IV.1.1) sans consigne thermostat.....	67
1) Bloc administratif .....	67
2) bloc pédagogique .....	73
IV.1.2) avec consigne de thermostat .....	80
1) Bloc administratif .....	80
2) bloc pédagogique .....	88
IV.2) Evaluation énergétique de notre cas d'étude .....	94
IV.2.1) Pour bloc administratif : .....	95
IV.2.2) Pour bloc pédagogique : .....	96
Conclusion .....	97
<b>CHAPITRE V : Dimensionnement du système photovoltaïque de l'écol</b>	<b>98</b>
Introduction.....	98
V.1) Définition des énergies renouvelables.....	98
V.2) L'énergie solaire : .....	98



V.3) Système photovoltaïque : .....	99
V.4) Composition des éléments d'une installation photovoltaïque.....	99
V.4.1) Les panneaux solaires.....	99
V.4.2) Les onduleurs : .....	100
V.4.3) Régulateur : .....	100
V.4.4) Les batteries :.....	100
V.5) Présentation de logiciel pvsyst :.....	101
V.6) Les Options de logiciel PV system : .....	102
V.7) Bases des données de logiciel PV system .....	102
V.8) Présentions de projet .....	103
V.9) Commence dimensionnement d'une installation de système photovoltaïque.....	103
V.10) Les étapes de dimensionnement d'une installation de système photovoltaïque .....	104
V.10.1) Défini les donnes géographiques et métrologique : .....	104
V.10.2) Orientation des modules : .....	104
V.10.3) La définition des besoins de l'utilisateur :.....	105
V.10.4) Le nombre d'heure d'utilisation dans la journée : .....	106
V.10.5) Définition de système de stockage :.....	106
V.10.6) Définition du champ photovoltaïque :.....	107
V.10.7) Schéma simplifié.....	108
V.10.8) lancement de la simulation.....	109
V.11) Résultat et discussions de system :.....	109
V.11.1) caractéristiques de champ de capteurs :.....	109
V.11.2) Profil de charge .....	111
V.11.3) Productions normalisées et Performance ratio :.....	111
V.11.4) Bilan énergétique :.....	112
V.11.5) Les pertes sur l'année entière :.....	112
Conclusion.....	113
Conclusion générale.....	114
Références .....	116

## Liste des figures

### **CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE ET l'état DE l'ART**

Figure I.1 : présentation des objectifs à atteindre par une implantation optimale .....	5
Figure I.2: orientation d'une Maison.....	6
Figure I.3 : la variation de compacité suivant la taille, la forme et le mode de contact des volumes construits.....	7
Figure I.4 : les paramètres du confort thermique.....	11
Figure I.5. source de consommation énergétique à considérer le calcul de la performance énergétique d'un bâtiment.....	12
Figure I.6 : Consommation finale de l'Algérie par secteur d'activité en 2012.....	14
Figure I.7 : Répartition de la consommation finale par type d'énergie.....	.14

### **CHAPITRE II : PRESENTATION Du Cas d'Etude**

Figure II.1 : limites administratives de la wilaya de Chlef.....	26
Figure II.2 : carte géographique de la wilaya de Chlef.....	26
Figure II.3 : Commune de Beni Rached.....	27
Figure II.4 : diagramme représente la température moyenne mensuelle À Chlef source météo norm.....	28
Figure II.5 : diagramme représente le Précipitations Chlef source météo norm.....	28
Figure II.6 : diagramme représente la distribution de la durée d'ensoleillement effective moyenne Mensuelle à Chlef source météo norm.....	29
Figure II.7 : diagramme représente une estimation de la variation mensuelle de l'irradiation solaire (globale et diffuse à Chlef source météo norm.....	30
Figure II.8 : la situation du site, source google maps.....	30
Figure II.9 : plan de masse de l'école.....	31
Figure II.10 : image 3D de l'école.....	31
Figure II.11 : plan RDC de bloc administratif.....	32
Figure II.12 : façade principale de Bloc administratif.....	33
Figure II.13 : plan RDC de bloc pédagogique.....	33
Figure II.14 : façade postérieure et principale.....	34

### **CHAPITRE III : SIMULATION ET MODÉLISATION**

Figure III.1 : logiciel pléiades.....	37
Figure III.2 : composition de mur extérieur.....	38
Figure III.3 : composition de mur intérieur.....	38
Figure III.4 : composition de planche bas .....	39
Figure III.5 : composition de planche haute .....	39
Figure III.6 : caractéristique de porte bois extérieure des classes.....	40
Figure III.7 : caractéristique de porte métallique de bloc A.D.M.....	40

Figure III.8 : caractéristique de porte bois intérieure De bloc A.D.M0.....	41
Figure III.9 : caractéristique de porte simple de W.C.....	41
Figure III.10 : caractéristique de premiers types des fenêtres de bois des classes.....	42
Figure III.11 : caractéristique de 2 -ème types des fenêtres de bois des classes.....	42
Figure III.12 : caractéristique des fenêtres de bois de bloc A. D.M.....	43
Figure III.13 : caractéristique des fenêtres de PVC DV de bloc A. D.M de W.C.....	43
Figure III.14 : les donnes de construction de bloc A.D.M.....	43
Figure III.15 : plan de bloc A.D.M.....	44
Figure III.16 : les compositions des murs.....	44
Figure III.17 : les caractéristiques des ouvertures de bloc A.D.M.....	45
Figure III.18 : indentification des pièces et les parties de bloc A.D.M.....	45
Figure III.19 : Les zones de bloc A.D.M.....	46
Figure III.20 : la forme 3D de bloc A.D.M.....	46
Figure III.21 : scénario d'occupation de zone 1.....	47
Figure III.22 : scénario d'occupation de zone 2.....	47
Figure III.23 : scénario d'occupation de zone 3.....	47
Figure III.24 : scénario de consigne thermostat chauffage de zone 1et 2.....	48
FigureIII.25 : scénario de consigne thermostat climatisation de zone 1et 2.....	49
Figure III.26 : Ventilation d'hiver et d'été sans consigne thermostat de zone 1 et 2.....	49
FigureIII.27 : infiltration d'hiver et d'été avec consigne thermostat de zone 1 et 2.....	50
FigureIII.28 : Ventilation d'hiver et d'été de zone 3.....	50
Figure III.29: Puissance dissipée de zone 1.....	51
Figure III.30: Puissance dissipée de zone 2.....	52
FigureIII.31: Puissance dissipée de zone 3.....	52
FigureIII.32 : Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan.....	53
Figure III.33 : Les ponts thermiques.....	53
Figure III.34: les donnes de construction de bloc pédagogique.....	54
Figure III.35 : plan de bloc pédagogique.....	54
Figure III.36 : les compositions des murs.....	55
Figure III.37 : les caractéristiques des ouvertures de bloc pédagogique... ..	55
Figure III.38 : indentification des pièces et les parties de bloc pédagogique.....	56
Figure III.39 : Les zones de bloc A.D.M.....	56
Figure III.40 : la forme 3D de bloc pédagogique .....	56
Figure III.41 : scénario d'occupation de zone.....	57
Figure III.42 : scénario de consigne thermostat chauffage.....	57
Figure III.43 : scénario de consigne thermostat climatisation.....	58
FigureIII.44: Ventilation d'hiver et d'été sans consigne thermostat.....	58
FigureIII.45 : infiltration d'hiver et d'été avec consigne thermostat.....	59
FigureIII.46 : Puissance dissipée de zone.....	59
FigureIII.47 : Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan.....	60
FigureIII.48 : Les ponts thermiques.....	60

FigureIII.49: les étapes de enregistrent les données météorologiques...	61
FigureIII.50: Les données météorologiques ont été ajoutées sur Modeleur.....	61
FigureIII.51 : lancement de la simulation.....	62
FigureIII.52 : Méthodologique de travail .....	62
Figure III.53 : les défèrent composons de Lain de roche .....	63
Figure III.54 : les catégories d'isolation de la Lain de roche .....	63
Figure III.55 : la composition de mur redétruire avec isolation de Lain de roche.....	64
FigureIII.56 : la composition de la toiture avec isolation de la Lain de roche .....	65
<b>Chapitre IV : Résultat et discussion</b>	
Figure IV.1 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 01.....	69
Figure IV.2 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 02.....	70
Figure IV.3 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 03.....	70
Figure IV.4 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 01.....	71
Figure IV.5 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 02.....	72
Figure IV.6 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 03.....	72
Figure IV.7 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 01.....	75
Figure IV.8 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 02.....	76
Figure IV.9 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 03.....	76
Figure IV.10: la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 01.....	78
FigureIV.11 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 02.....	78
FigureIV.12 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 03.....	79
Figure IV.13: la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 01.....	83
Figure IV.14: la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 02.....	83
Figure IV.15: la variation de température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 03.....	84
Figure IV.16: la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 01.....	85
Figure IV.17 : la variation de la température pendant la semaine choisie la plus froide de bloc pédagogique de variante 02.....	86
Figure IV.18: la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 03.....	86

Figure IV.19 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 01.....	90
Figure IV.20 : la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 02.....	90
Figure IV.21 la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 03 .....	91
Figure IV.22 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 01.....	92
Figure IV.23 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 02.....	93
Figure IV.24 : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 03.....	93
Figure IV.25: Classe énergétique des Variantes dans l'étiquette énergétique De bloc administratif.....	95
Figure IV.26: Classe énergétique des Variantes dans l'étiquette énergétique De bloc pédagogique.....	96
<b>CHAPITRE V : Dimensionnement du système photovoltaïque de l'école</b>	
FigureV.1 : présente un système photovoltaïque.....	99
FigureV.2 : présente les types de panneau solaire.....	99
Figure V.3 :de onduleurs (Convertisseur DC-AC).....	100
FigureV.4 : présente 3 types de régulateur.....	100
FigureV.5 : présente 3 types de batteries.....	100
FigureV.6 : logiciel PV system.....	101
FigureV.7 : diagramme de Les Options de logiciel PV system.....	102
FigureV.8 : diagramme Bases des données de logiciel PV system.....	102
Figure V.9 : Conception du projet.....	103
Figure V.10: Conception du projet les donnes géographiques et métrologique.....	104
Figure V.11: Orientation des modules.....	105
Figure V.12: les besoins de l'utilisateur.....	106
Figure V.13: nombre d'heure d'utilisation.....	106
Figure V-14 : les paramètres pour choisir batterie.....	107
Figure V.15: le choix du module PV.....	108
Figure V-16 : schéma simplifié du système avec batterie.....	108
Figure V-17 : lancement de la simulation.....	109
Figure V-18 : paramètres de simulation.....	109
Figure V-19 : caractéristiques de champ de capteurs.....	110
Figure V-20 : Profil de charge.....	111
Figure V-21 : Productions normalisées et Performance ratio.....	111
Figure V.22: Bilan énergétique.....	112
Figure V.23 : les pertes sur l'année entière.....	112

## Liste des Tableaux

### **Chapitre II: PRESENTATION Du Cas d'Etude**

Tableau II.1 : les composants de bloc administratif.....	31
Tableau II.2 : les composants de bloc pédagogique.....	32
Tableau II.3 : composition du mur extérieur.....	33
Tableau II.4 : composition du mur intérieure.....	33
Tableau II.5 : composition du toiture.....	34
Tableau II.6: composition du plancher bas .....	34

### **Chapitre III : SIMULATION ET MODÉLISATION**

Tableau III.1 : les Détails de pléiades.....	36
Tableau III.2: puissance dissipée des appareils électriques de bloc administratif .....	51
Tableau III.3 : puissance dissipée des appareils électriques de bloc pédagogique .....	59
Tableau III.4 les propriétés physiques de la laine de roche.....	64

### **Chapitre IV : Résultat et discussion**

Tableau IV.1: Les variations de la température sans consigne thermostat et de cas initial de bloc administratif.....	67
Tableau IV.2: Les variations de la température sans consigne de thermostat avec isolation du mur extérieur de bloc administratif.....	68
Tableau IV.3: Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture de bloc administratif .....	68
Tableau IV.4: Les variations de la température sans consigne thermostat de cas initial de bloc pédagogique .....	73
Tableau IV.5: Les variations de la température sans consigne de thermostat avec isolation du mur extérieur de bloc pédagogique.....	74
Tableau IV.6: Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture de bloc pédagogique.....	74
Tableau IV.7: Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et sans isolation bloc administratif.....	80
Tableau IV.8: Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure de bloc administratif .....	81
Tableau IV.9 Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture bloc administratif .....	81
Tableau IV.10 : Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et sans isolation bloc pédagogique.....	88
Tableau IV.11 : Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure bloc pédagogique .....	88

Tableau IV.12 : Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation du mur extérieure et de toiture de bloc pédagogique .....	89
Tableau IV.13: comparaison entre les besoins des 3 variante de bloc administratif .....	95
Tableau IV.14: comparaison entre les besoins des 3 variante de bloc pédagogique .....	96
<b>Chapitre 5 : Dimensionnement du système photovoltaïque de l'école</b>	
Tableau V.1: les besoins de l'utilisateur.....	105

## Introduction Générale

L'architecture bioclimatiques se révèlent être une approche prometteuse pour faire face à l'urgence de réduire notre consommation d'énergie et de faire face aux enjeux environnementaux.

En tenant compte des caractéristiques naturelles du site, du climat local et des ressources disponibles, ces conceptions permettent de créer des bâtiments à la fois écoénergétiques et durables.

Le secteur du bâtiment a un impact considérable sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale, représentant une part importante de ces deux aspects. Il est donc crucial de se concentrer sur l'amélioration de l'efficacité énergétique dans ce domaine.

Plus précisément, dans le cas des bâtiments scolaires, il est primordial d'adopter des conceptions respectueuses de l'environnement, telles que les écoles bioclimatiques, pour protéger la santé des enfants et éliminer les problèmes environnementaux et psychologiques auxquels ils sont exposés, notamment la pollution. Les enfants, en tant qu'individus en développement et plus sensibles, ont le droit de bénéficier d'un environnement sain et confortable qui favorise leur bien-être.

Les établissements scolaires en Algérie souffrent souvent d'une architecture pauvre, manquant d'identité et ne répondant pas aux besoins croissants. Cela a un impact sur la santé et les performances académiques des élèves. Il est donc nécessaire de concevoir des écoles saines, confortables et stimulantes, en accordant une attention particulière aux normes environnementales, aux besoins énergétiques et au confort des occupants.

Notre recherche vise à améliorer la performance énergétique de l'école primaire Chehairia à Chlef. 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 :**

Deux problèmes majeurs se posent lors de la construction d'un bâtiment conforme aux normes de la construction bioclimatique :

Comment concevoir, puis réaliser une école consommant peu d'énergie ?

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

Comment peut-on réduire la consommation énergétique de l'électricité ?

## **Objectif de travail :**

L'objectif principal est de maintenir le confort des usagers tout en réduisant les besoins de climatisation et de chauffage de l'école, Pour atteindre cet objectif :

- On utilise des outils tels que la modélisation et la simulation avec le logiciel Pléiades pour améliorer la performance énergétique
- Le dimensionnement photovoltaïque de l'école est réalisé à l'aide du logiciel PVSyst pour réduire la facture d'électricité et la consommation énergétique globale de l'école.

## **Plan de travail :**

**Le premier chapitre** de cette étude présente une recherche bibliographique approfondie, mettant en évidence l'état de l'art relatif au sujet étudié

**Le deuxième Chapitre** de cette étude se concentre sur la gestion du projet de l'école primaire Chehairia à Chlef.

- Il comprend une présentation de la région
- Les données climatiques spécifiques à Chlef
- Les matériaux de construction utilisés dans l'école

**Le chapitre 3** de cette étude se concentre sur la simulation et la modélisation, en particulier la simulation thermique dynamique. Ensuite, ce chapitre présente différents cas d'étude qui seront examinés à l'aide du logiciel Pléiades.

**Dans le chapitre 4** les résultats obtenus à partir des simulations et des analyses effectuées sont présentés, suivis d'une discussion approfondie.

**Le chapitre 5** de cette étude se concentre sur le système photovoltaïque et aborde spécifiquement le dimensionnement du système photovoltaïque de l'école, Le logiciel PVsyst est utilisé comme outil pour réaliser ce dimensionnement.

# CHAPITRE I

## RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE ET L'ETAT DE L'ART

### **Introduction**

L'architecture bioclimatique et la conception bioclimatique sont deux approches complémentaires pour la conception de bâtiments durables et respectueux de l'environnement.

La conception bioclimatique maximise l'utilisation des ressources naturelles pour chauffer, refroidir et éclairer un bâtiment, tandis que l'architecture bioclimatique prend en compte les particularités du site et de son environnement pour assurer un confort thermique optimal pour les occupants.

En combinant ces deux approches, il est possible de concevoir des bâtiments durables qui offrent confort, performance énergétique et respect de l'environnement. Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur certaines définitions clés dans le domaine de l'architecture bioclimatique, ainsi que sur les méthodes de construction bioclimatique pour assurer un confort thermique optimal dans les bâtiments.

Nous examinerons également les études qui ont été menées sur ces méthodes et les avantages qu'elles offrent.

### **I.1) Recherche bibliographique**

#### **I.1.1) L'architecture bioclimatique**

L'architecture bioclimatique est un domaine de l'architecture qui met en pratique les principes de la conception bioclimatique en créant des bâtiments qui sont en harmonie avec leur environnement naturel. Les bâtiments conçus selon les principes de l'architecture bioclimatique maximisent leur confort et leur efficacité énergétique [1].

L'objectif est de minimiser l'impact environnemental des bâtiments tout en utilisant les ressources naturelles de manière responsable et durable. [1]

### **I.1.2) La conception bioclimatique**

La conception bioclimatique est une approche architecturale qui vise à optimiser le confort des habitants tout en minimisant l'impact environnemental du bâti. Elle répond aux problématiques liées à l'aménagement urbain et à la préservation des milieux naturels en prenant en compte tous les éléments de l'étude architecturale. [2]

Le terme "bioclimatique" a été introduit en 1953 par Olgay pour définir l'architecture qui répond à son environnement climatique pour offrir aux occupants le confort optimal grâce à des décisions de conception appropriées. [2] Les bases de cette approche sont un programme architectural, une culture, l'utilisation des matériaux locaux et une bonne combinaison de couverture habitable pour offrir à la fois confort et abri. [2]

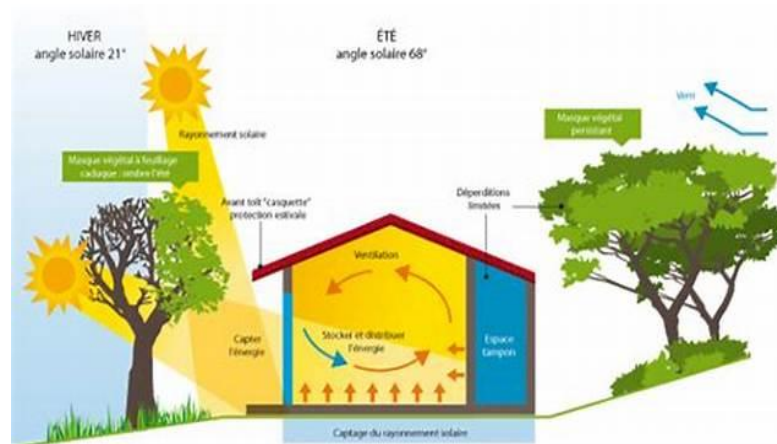
### **I.1.3) Les principes d'une conception bioclimatique**

#### **I.1.3.1) Implantation**

L'objectif principal est de concevoir un bâtiment qui s'adapte parfaitement à son environnement en exploitant ses avantages naturels tout en minimisant ses contraintes. L'utilisation de l'énergie solaire gratuite est primordiale pour le chauffage du bâtiment en hiver, tout en prévoyant des solutions pour éviter la surchauffe en été. [3]

Le concepteur doit prendre en considération deux paramètres de base :

- la façade sud reçoit le maximum de rayonnement solaire en hiver.
- la façade ouest et est ainsi que la toiture en été. [3]



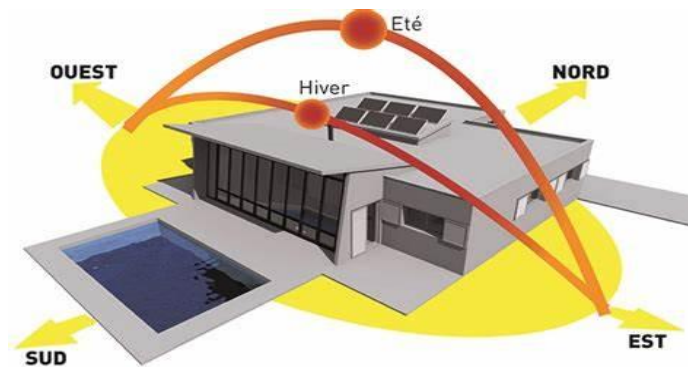
**Figure I.1 :** présentation des objectifs à atteindre par une implantation optimale [3]

L'architecte doit également prendre en compte la relation entre le site, le climat et la construction pour maximiser les avantages du site et assurer un confort thermique

optimal dans le bâtiment. Selon le terrain, des solutions adaptées doivent être envisagées pour protéger le bâtiment des conditions climatiques défavorables [3] En somme, la conception d'un bâtiment adapté à son environnement est primordiale pour maximiser le confort de ses occupants tout en réduisant l'impact environnemental et en optimisant l'utilisation des ressources naturelles [3]

### **I.1.3.2) L'orientation :**

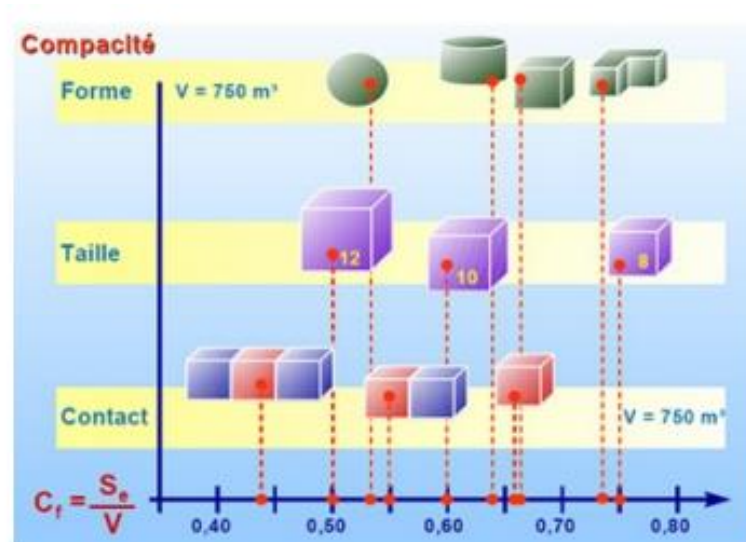
Le but principal est de personnaliser le projet en fonction de la position du bâtiment afin d'offrir un confort naturel aux occupants. La compréhension de l'orientation nous permet d'optimiser l'utilisation de l'énergie solaire en fonction des caractéristiques du terrain (climat, topographie, ressources naturelles, etc.) et des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment (surface vitrée, matériaux, compacité, etc.



**Figure I.2:** orientation d'une Maison [3]

### **I.1.3.3) 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. [3] 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 déperditives. [3]



**Figurel.3** : la variation de compacité suivant la taille, la forme et le mode de contact des volumes construits [4]

#### **I.1.3.4) Le choix des matériaux**

Le choix des matériaux dans la construction est crucial pour économiser l'énergie en maintenant la fraîcheur en été et la chaleur en hiver. Les critères de choix incluent la performance thermique, l'impact sur la santé, les contraintes de mise en œuvre et le coût. En considérant ces critères, il est possible de sélectionner des matériaux durables, efficaces sur le plan énergétique et sains pour les occupants de la structure.[3]

Pour limiter les émissions de gaz à effet de serre, il est essentiel de prioriser l'isolation de sa maison. Cela implique de privilégier :

- ✓ Une isolation conséquente, qui répond aux exigences de performance des bâtiments à basse consommation d'énergie. Cette isolation doit limiter les ponts thermiques, assurer une étanchéité à l'air efficace et être durable.
- ✓ Une isolation qui favorise la santé des occupants de la maison.
- ✓ Une isolation qui utilise des matériaux écologiques ou d'origine biologique.[3]

#### **I.1.3.5) Critères des choix des matériaux de construction et d'isolation**

Lorsqu'on évalue la qualité thermique d'un matériau isolant, plusieurs critères et unités physiques doivent être pris en compte suivants : [3]

➤ La conductivité thermique ( $\lambda$ ) est la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur par conduction, convection et rayonnement. [3]

Plus  $\lambda$  est petit, plus le matériau est isolant. Elle est exprimée en watt par mètre kelvin ( $W/m \cdot ^\circ C$ ). [3]

➤ La résistance thermique (R) mesure la résistance d'un matériau au passage de la chaleur et s'exprime en m<sup>2</sup> kelvin par watt (m<sup>2</sup>. °C/W). La résistance thermique est calculée en divisant l'épaisseur du matériau par sa conductivité thermique :

$$R = e/\lambda. [3]$$

➤ Le coefficient de transmission thermique (U) mesure la quantité de chaleur qui passe à travers une paroi donnée par unité de surface, de temps et de différence de température. Il est exprimé en watt par mètre carré kelvin (W/m<sup>2</sup>. °C) et plus il est faible, plus la paroi est performante. [3]

En choisissant des matériaux isolants avec une conductivité thermique faible, une résistance thermique élevée et un coefficient de transmission thermique réduit, on peut obtenir une isolation efficace et réduire l'impact environnemental de sa maison tout en réalisant des économies d'énergie significatives. [3]

#### **I.1.4) Isolation thermique**

Afin d'améliorer le confort thermique d'un bâtiment et de réduire la consommation d'énergie, il est important d'utiliser des matériaux de qualité supérieure qui présentent des caractéristiques spécifiques telles que la légèreté, la non-hygroscopicité, la résistance mécanique, la résistance aux températures et l'absence d'effets nuisibles sur les autres matériaux. [5]

L'isolation peut être obtenue en utilisant des isolants pour habiller la construction, à l'intérieur ou à l'extérieur, mais il est crucial de traiter les ponts thermiques avec soin. D'autres solutions comprennent l'utilisation de matériaux possédant des propriétés isolantes suffisantes pour se passer d'une isolation complémentaire. [5]

Les isolants thermiques sont évalués en fonction de leur résistance thermique, mesurée par la valeur R. Pour qu'un matériau soit considéré comme un isolant thermique, son coefficient R doit être égal ou supérieur à 4 m<sup>2</sup>°C/W, ce qui correspond à une épaisseur d'isolation d'au moins 12 cm pour les produits standards tels que le polystyrène ou la laine minérale [6]

#### **I.1.5) les types de la conception bioclimatique**

Il y a deux principaux types de conception bioclimatique : Active et passive.

### **I.1.5.1) La conception bioclimatique active**

Les systèmes actifs sont des solutions technologiques qui consomment de l'énergie pour réguler le confort thermique et l'environnement intérieur d'un bâtiment. [2]

Ces systèmes sont conçus pour compléter les stratégies passives de conception bioclimatique en fournissant un contrôle précis et une régulation de l'environnement intérieur. [2]

Consiste à utiliser un Ensemble des dispositifs d'utilisation d'énergie renouvelables telle que : [2]

- Panneaux solaires photovoltaïques pour produire de l'énergie électrique,
- Des systèmes de chauffage et de refroidissement géothermiques,
- Des systèmes de récupération de chaleur pour récupérer l'énergie de l'air extrait
- Des systèmes de ventilation mécanique contrôlée pour réguler la qualité de l'air intérieur,
- Des systèmes d'éclairage naturel et artificiel combinés pour optimiser l'utilisation de la lumière naturelle,
- Des systèmes de gestion de l'eau pour récupérer et recycler l'eau [1]

### **I.1.5.2) La conception bioclimatique passive**

La conception bioclimatique passive est une approche de conception de bâtiments qui utilise les conditions climatiques locales pour fournir un environnement intérieur confortable sans ou avec très peu de consommation d'énergie supplémentaire [7] [1]

C'est une architecture basée sur une conception qui favorise le captage solaire, La répartition des Espaces intérieurs se fait en tenant compte des besoins de chaque espace en chaleur selon l'activité qui se produit [7]

### **I.1.6) Le confort thermique**

Le confort thermique est devenu un sujet important pour les architectes et les techniciens, en particulier dans les environnements bâtis et les logements collectifs. Ce concept a été discuté depuis les années 1930, mais pour l'évaluer dans une recherche, il est nécessaire de le définir de manière précise. Selon les normes internationales, le confort thermique est défini comme l'état d'esprit qui exprime la satisfaction de l'environnement thermique. D'autres chercheurs ont également donné



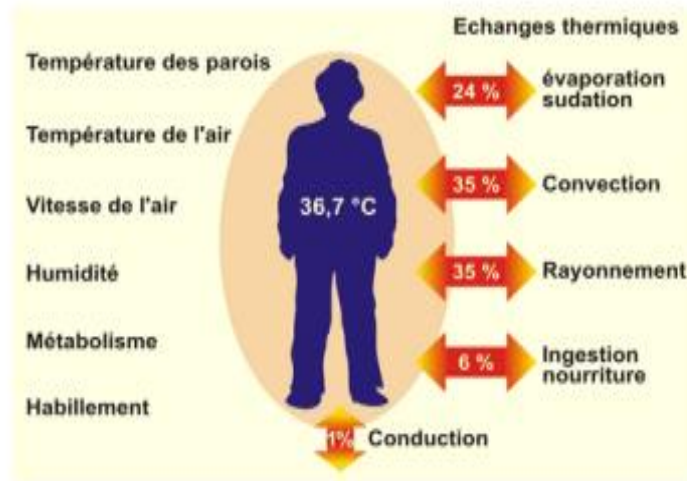
des définitions légèrement différentes, mais tous s'accordent sur l'importance du confort thermique pour la satisfaction des occupants de l'environnement bâti. [8]

Le confort thermique est la sensation de satisfaction ressentie par l'individu envers les conditions thermiques. Cela implique des données subjectives en plus des paramètres physiques. Le confort thermique est le résultat d'une combinaison de plusieurs phénomènes provenant de différentes disciplines. En génie climatique, on évalue les effets du climat extérieur sur le bâtiment pour dimensionner les équipements. Les thermiciens étudient les champs de température et l'indice de confort, tandis qu'en thermophysologie, on évalue les effets de l'environnement thermique intérieur sur le corps humain. [9]

#### **I.1.6.1) Les six paramètres qui influents sur le confort thermique**

La notion de confort thermique est généralement liée à six paramètres interdépendants : [4]

1. Le métabolisme, qui correspond à la production de chaleur interne au corps humain pour maintenir sa température corporelle autour de 36,7°C. Le métabolisme de base est augmenté par l'activité physique.
2. L'habillement, qui représente la résistance thermique des vêtements aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
3. La température ambiante de l'air ( $T_a$ ), qui correspond à la température de l'air environnant.
4. La température moyenne des parois ( $T_p$ ), qui correspond à la température des surfaces environnantes telles que les murs, les fenêtres, le sol, etc.
5. L'humidité relative de l'air (HR), qui correspond au rapport entre la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air et la quantité maximale possible à une température donnée.
6. La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans les bâtiments, les vitesses de l'air sont généralement maintenues en dessous de 0,2 m/s pour éviter tout inconfort dû à une sensation de courants d'air.



**Figure I.4 :** les paramètres du confort thermique [4]

Ces six paramètres interagissent pour déterminer le niveau de confort thermique ressenti par une personne. Ainsi, une température ambiante plus basse peut être compensée par un habillement plus chaud, une activité physique plus intense, une augmentation du métabolisme, etc. [9]

Il est important de prendre en compte tous ces paramètres pour créer un environnement thermiquement confortable pour les occupants d'un espace. [9]

#### **I.1.7) L'Efficacité énergétique**

L'efficacité énergétique consiste à réduire la quantité d'énergie nécessaire pour fournir un même service, sans pour autant compromettre le niveau de confort ou de qualité de ce service dans les bâtiments. [10]

L'objectif est de trouver des solutions qui permettent une utilisation optimale de l'énergie, tout en maintenant le confort des occupants et les capacités techniques des équipements utilisés dans les activités du bâtiment. [10]

#### **I.1.8) La performance énergétique du bâtiment**

La performance énergétique d'un bâtiment correspond à la quantité d'énergie consommée chaque année, en fonction de ses caractéristiques constructives, de son fonctionnement et de ses équipements énergétiques [11]

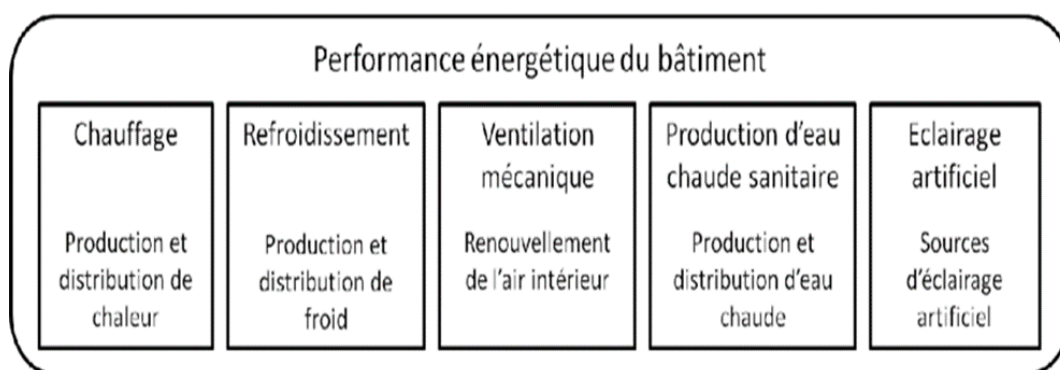
Elle joue un rôle essentiel dans la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, et est mesurée par le biais du diagnostic de performance énergétique (DPE). La performance énergétique est liée à l'efficacité

énergétique, qui mesure le rapport entre l'énergie absorbée par le bâtiment et celle consommée à l'intérieur. Elle sert de référence pour évaluer la dépense énergétique du bâtiment sur l'année et est souvent mentionnée dans les discussions sur la transition écologique et énergétique. [11]

Améliorer la performance énergétique d'un bâtiment permet de réduire sa consommation estimée en énergie tout en garantissant un certain niveau de confort thermique. [11]

La performance énergétique d'un bâtiment peut être définie par plusieurs aspects qui ont une influence importante sur sa consommation d'énergie.

Ces aspects peuvent être regroupés en quatre catégories : la géométrie, l'enveloppe, les matériaux et les systèmes. [12]



**Figure I.5** : Sources de consommation énergétique à considérer dans le calcul de la performance Énergétique d'un bâtiment. [12]

### **I.1.9) La consommation énergétique**

La consommation d'énergie d'un bâtiment correspond à la quantité d'énergie utilisée par les différents équipements et installations du bâtiment, tels que la climatisation, le chauffage, l'éclairage, etc. Cette consommation peut varier en fonction de plusieurs paramètres, notamment l'efficacité des équipements, le coefficient de performance, l'isolation thermique, etc. L'unité de mesure de la consommation d'énergie est le kilowattheure (kWh). Pour comparer la consommation d'énergie de différents bâtiments, il est courant d'utiliser l'unité de mesure kWh/m<sup>2</sup>/an, qui prend en compte la surface du bâtiment [13]

Le secteur du bâtiment représente le plus grand consommateur d'énergie parmi tous les secteurs économiques, avec une part de 43% de l'énergie finale totale et 25% des émissions de CO<sub>2</sub> [14]

Au cours des 30 dernières années, la consommation d'énergie des bâtiments a augmenté de 30% en raison de l'augmentation du nombre de bâtiments (+41% de logements en 30 ans), de l'augmentation de la surface moyenne des logements, de l'augmentation du confort et de l'apparition de nouveaux besoins [14]

Ces différents facteurs ont contribué à une forte augmentation de la consommation d'électricité utilisée pour l'électroménager, l'éclairage, la bureautique, le refroidissement, le renouvellement et le traitement de l'air, la cuisson, le séchage [14]

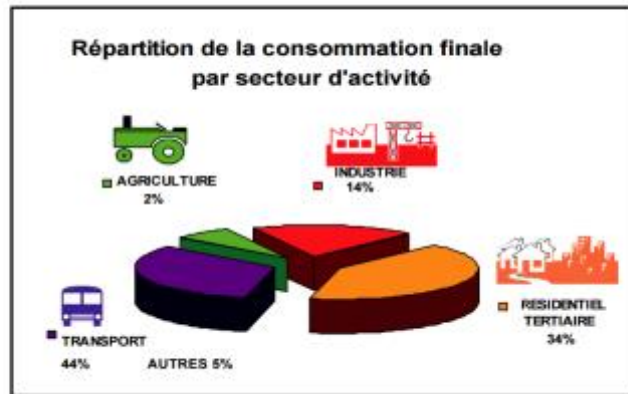
#### **I.1.10) La consommation énergétique en Algérie**

Selon les statistiques de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la consommation d'énergie primaire en Algérie était de 22,19 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 1990. En 2014, cette consommation avait augmenté pour atteindre 51,67 millions de Tep, soit une variation de +232,85% entre 1990 et 2014.[11]

La consommation d'énergie a triplé au cours des trois dernières décennies et devrait être multipliée par le même facteur d'ici 2025, Cette augmentation est principalement due à l'augmentation du niveau de vie de la population et à la croissance des activités industrielles qui en découle.[10]

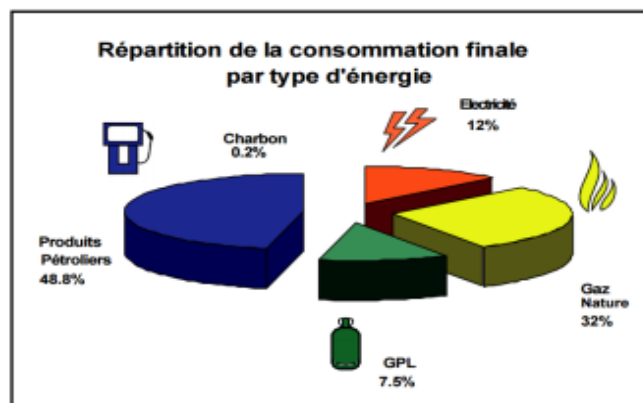
Selon le rapport de l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'énergie (APRUE) en 2012, la consommation finale de secteur du bâtiment en Algérie est évaluée à 10 336 ktep, dont 2 190 ktep pour l'électricité et 6 063 ktep pour le gaz naturel, représentant 34 % de la consommation finale par rapport aux secteurs de l'industrie, de l'agriculture et des transports.[10]

La figure 6 montrent la répartition de la consommation d'énergie entre les différents secteurs, démontrant l'importance de la consommation d'énergie dans les secteurs résidentiel et tertiaire, qui représentent plus d'un tiers de la consommation d'énergie finale en Algérie [10]



**Figure I.6 :** Consommation finale de l'Algérie par secteur d'activité en 2012 [10]

La répartition de la consommation finale par type d'énergie (Figure I.7) démontre l'importance de la consommation de gaz et d'électricité dans le bâtiment, principalement due à l'utilisation intense du chauffage en hiver et de la climatisation en été pour assurer un meilleur confort thermique. [10]



**Figure I.7 :** Répartition de la consommation finale par type d'énergie [10]

### I.1.11) Bilan énergétique thermique

Le bilan énergétique thermique consiste à estimer les entrées et les sorties d'énergie d'un bâtiment sur une période donnée, en détaillant les pertes et les gains. Si la période de consommation est suffisamment longue, les sommes des gains et des pertes sont égales. [15]

L'établissement d'un bilan thermique implique le calcul des différents apports énergétiques et des pertes, en prenant en compte plusieurs facteurs tels que la zone

climatique, l'orientation du bâtiment, les débits d'air, les coefficients de transmission surfacique, etc. [15]

➤ **Le bilan thermique a pour but de : [15]**

- ✓ Calculer la consommation d'énergie du bâtiment
- ✓ Détecter les points faibles sources de déperdition
- ✓ Choisir la solution d'isolation la plus économique
- ✓ Corriger ou améliorer l'isolation dans de vieux bâtiments

➤ **La chaleur produite dans le bâtiment est : [15]**

- ✓ Soit perdue vers l'extérieur
- ✓ Soit stockée dans la structure, augmentant ainsi sa température

Le bilan thermique consiste donc à identifier et à estimer les apports et les pertes d'énergie. [15]

## **I.2) L'ÉTAT DE L'ART**

**Mémoire :**

**1<sup>er</sup> mémoire :** ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION

**Présenté par :** Mr. BOURSAS Abderrahmane 2012/2013, Université Constantine 1

**Objectif :**

Ce mémoire analyse l'efficacité énergétique des bâtiments en Algérie, en comparant avec les États-Unis, le Canada et la France, en se concentrant sur la consommation d'énergie globale, par secteur et par type d'énergie. Il identifie les mesures à prendre pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, notamment les mesures d'efficacité énergétique passives, qui réduisent les besoins énergétiques totaux en fonction des conditions météorologiques locales. Le mémoire se concentre également sur l'évaluation de l'évolution des besoins énergétiques en fonction de ces mesures et des conditions de confort thermique dans un bâtiment de base reflétant la construction résidentielle en Algérie.

**La méthode utilise :**

Ce travail utilise la méthodologie des méthodes numériques de simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel TRNSYS et TRNBuild. Les mesures d'efficacité énergétique passives telles que la compacité du bâtiment, la répartition des pièces intérieures et l'utilisation de fenêtres performantes bien réparties avec une protection

solaire dimensionnée correctement et une double murette en brique creuse avec isolation thermique améliorent la performance énergétique de près de 2/3.

Les résultats montrent que l'utilisation de la botte de paille comme matériau de construction permet de réaliser des économies d'énergie pour le chauffage, tandis que la pierre offre de meilleurs avantages pour la climatisation.

L'étude numérique a été menée sur un bâtiment de 80 m<sup>2</sup> situé dans un climat tempéré chaud avec une température moyenne de 15,5 °C, une entrée orientée vers le sud et une altitude de 635 m.

### **Les résultats obtenus**

Les résultats de l'étude ont montré que l'utilisation de mesures d'efficacité énergétique passives, ainsi que l'utilisation de la botte de paille comme matériau de construction, peut améliorer considérablement la performance énergétique d'un bâtiment d'habitation. En particulier, l'utilisation de fenêtres performantes avec une protection solaire bien dimensionnée et une isolation thermique pour la double murette en brique creuse peut améliorer la performance énergétique de près de 2/3, tandis que l'utilisation de la botte de paille comme matériau de construction permet un gain énergétique pour le chauffage.

Les besoins énergétiques annuels ont été estimés à 20240 kWh (9180 kWh pour le chauffage et 11060 kWh pour la climatisation), et la performance énergétique à 253 kWh/m<sup>2</sup>/an. Les résultats ont également montré que le double vitrage peu émissif est plus efficace que le triple vitrage pour apporter un gain d'énergie supplémentaire, et que l'utilisation de parpaings peut entraîner une baisse de performance énergétique de 22,13%

**2-ème mémoire :** ETUDE DE STRATEGIES ARCHITECTURALES DE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DE BATIMENTS EN REGION TROPICALE SECHE : CAS DE KANDI (BENIN)

**Présenté par :** Olatoundé Roméo Steeven ADJIBODE, UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI, 2015/2016

### **Objectif :**

L'objectif de ce mémoire est de présenter une étude sur les stratégies architecturales de conception bioclimatique de bâtiments en région tropicale sèche, en utilisant le cas de la ville de Kandi au Bénin. L'auteur cherche à identifier les principaux défis liés à la conception de bâtiments bioclimatiques dans une région tropicale sèche comme

Kandi, et à proposer des stratégies architecturales efficaces pour répondre à ces défis. L'objectif est de contribuer à la réduction de la consommation d'énergie et à l'amélioration du confort thermique des occupants des bâtiments dans cette région.

### **La méthode utilise :**

La méthode utilisée dans cette étude pour déterminer les stratégies architecturales de conception bioclimatique de bâtiments en région septentrionale au Bénin est principalement basée sur des simulations thermiques.

Des modèles de simulation ont été créés pour évaluer les performances thermiques des différents types de bâtiments et des différentes stratégies architecturales envisagées.

Les simulations ont été effectuées à l'aide de logiciels de simulation thermique, tels que Design Builder et Energy Plus, qui permettent de modéliser le comportement thermique des bâtiments en fonction de différents paramètres tels que la forme et l'orientation du bâtiment, les matériaux de construction, les équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation, etc. Les résultats des simulations ont ensuite été analysés pour déterminer les stratégies les plus efficaces pour la conception de bâtiments bioclimatiques en région tropicale sèche

### **Les résultats obtenus**

Les résultats obtenus dans cette étude sur la conception bioclimatique de bâtiments en région septentrionale au Bénin ont permis d'établir des stratégies architecturales efficaces pour concevoir des bâtiments bioclimatiques adaptés à ce climat. Les simulations thermiques ont mis en évidence que l'utilisation des parois de forte inertie est une stratégie efficace pour stabiliser la température à l'intérieur des bâtiments. De plus, la ventilation nocturne permet de rafraîchir les locaux et de maintenir une température confortable pendant la journée. Les recommandations issues de cette étude pourront être utilisées pour améliorer les conditions d'ambiance et le confort des usagers, ainsi que pour enrichir la réglementation thermique dans le secteur du bâtiment au Bénin.

**3<sup>eme</sup> mémoire :** Les procédés de La conception bioclimatique aux équipements scolaires sous un climat semi-aride Cas d'étude : École primaire à Ain el Beida

**Présenté par :** BELKEBIR ASMA, UNIVERSITE L'ARBI BEN MHIDI–OUM EL BOUAGHI, 2016/2017, UNIVERSITE L'ARBI BEN MHIDI–OUM EL BOUAGHI

**Objectif :**



Ce mémoire vise à explorer les méthodes de conception bioclimatique pour améliorer les performances énergétiques des écoles primaires dans un climat semi-aride.

L'étude est basée sur une école primaire à Ain el Beida et examine les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique des élèves et réduire la consommation d'énergie

### **La méthode utilise :**

Utilisé une méthode de conception bioclimatique pour améliorer l'efficacité énergétique de l'école primaire à Ain el Beida dans un climat semi-aride.

Cette méthode consiste à intégrer les principes de l'architecture bioclimatique dans la conception des bâtiments pour minimiser leur consommation d'énergie et maximiser le confort thermique, et proposé plusieurs solutions de conception bioclimatique telles que l'orientation du bâtiment, la conception de la façade, l'utilisation de matériaux de construction locaux, la conception du toit, la mise en place d'un système d'éclairage naturel et l'utilisation de la végétation.

Ces solutions ont été mises en place pour améliorer la performance énergétique de l'école primaire et assurer le confort thermique des élèves et du personnel.

### **Les résultats obtenus**

Les résultats de cette étude ont montré que la prise en compte des principes de la conception bioclimatique dans la conception des équipements scolaires peut conduire à une réduction significative de la consommation d'énergie et à une amélioration du confort thermique des occupants. Les solutions proposées, telles que l'orientation du bâtiment, la ventilation naturelle, l'utilisation de matériaux à haute performance thermique et la conception des espaces verts, peuvent réduire la consommation d'énergie de 50% par rapport aux bâtiments conventionnels. En outre, les résultats ont montré que ces solutions peuvent être mises en œuvre avec des coûts supplémentaires minimales, voire sans coûts supplémentaires dans certains cas. Par conséquent, la conception bioclimatique peut être une approche prometteuse pour améliorer la performance énergétique des équipements scolaires dans les climats semi-arides.

**4<sup>eme</sup> mémoire :** Optimisation des performances énergétiques des bâtiments

**Présenté par :** LATERCHI Rahil LATTRAG Fatima Zahra, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2020/2021

**Objectif :** L'objectif de ce mémoire est de mettre en avant l'importance de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, en particulier en ce qui concerne l'isolation thermique,

afin de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Il met en évidence l'importance de la simulation thermique dynamique pour concevoir et analyser les bâtiments, ainsi que les avantages du logiciel de simulation TRANSY. Les résultats de la simulation montrent l'impact de l'isolation thermique sur la température de l'air dans les bâtiments, en particulier dans une zone située dans la Wilayat de Bechar, où l'application d'une isolation thermique a réduit la consommation d'énergie et amélioré le confort thermique.

#### **La méthode utilisée :**

La méthode utilisée dans cette étude est la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel TRANSY. Cette méthode permet de simuler les performances énergétiques des bâtiments en prenant en compte différents paramètres tels que l'isolation thermique, le chauffage, la climatisation, les conditions climatiques extérieures, etc. Les résultats de la simulation permettent ensuite d'optimiser les performances énergétiques des bâtiments en proposant des solutions pour réduire la consommation d'énergie et améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments

#### **Les résultats obtenus**

La simulation réalisée à l'aide du programme TRANSYS a montré que l'isolation efficace des bâtiments permet de réduire les pertes de chaleur et de diminuer la consommation d'énergie, tout en garantissant un confort thermique optimal et en limitant les coûts.

Les performances d'isolation thermique dépendent de plusieurs facteurs, notamment la conductivité thermique des matériaux. L'isolation extérieure est particulièrement importante pour renforcer la résistance thermique de la construction et réduire les pertes de chaleur.

Les résultats ont également montré que l'utilisation de l'isolation thermique dans les bâtiments permet de maintenir une température adéquate en été et en hiver, sans avoir recours aux équipements de chauffage ou de climatisation, ce qui contribue à la réduction de la consommation d'énergie et à l'amélioration du confort intérieur.

**5-ème mémoire :** AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DU DÉPARTEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES de l'université Blida

**Présenté par :** Souilah Dhiya Eddine, Halladj Mohamed Amine 2021/2022, université Blida 1

#### **Objectif**

Ce travail comprend une étude du comportement thermique et amélioration de la performance énergétique du département des énergies renouvelables de l'université de Saad Dahleb situé à Blida ce qui pour but de réduire la consommation énergétique à l'aide des solutions passives et actives.

### **La méthode utilise :**

Simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel "Pléiades comfie 2.3", dans le but de vérifier l'impact de l'augmentation du débit de ventilation et de l'isolation pour assurer le confort des occupants et réduire la consommation énergétique. En outre, un système photovoltaïque a été intégré comme solution active pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques du département afin de réduire la facture énergétique du département.

### **Les résultats obtenus**

Les résultats obtenus lors de cette étude ont confirmé que l'intégration de l'isolation est une solution adéquate pour réduire la consommation énergétique de notre cas d'étude. De plus, l'adaptation de la ventilation nocturne et l'augmentation du débit de ventilation ont permis d'améliorer les conditions intérieures des espaces étudiés durant la période estivale. L'intégration de l'isolation nous a permis de réduire les besoins en chauffage de 55 205 kWh à 34 574 kWh, soit un taux de réduction de 37%. De même, l'étude paramétrique nous a permis de choisir le débit le plus adéquat, estimé à 2v/h, ce qui nous a permis de réduire les besoins en climatisation de 54 130 kWh à 23 676 kWh, soit un taux de réduction de 53,40%.

D'autres simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel PV syst 7.2, ce qui a permis de dimensionner l'installation photovoltaïque afin de réduire la consommation en électricité.

Ces résultats sont encourageants et démontrent l'efficacité des stratégies de conception durables dans la réduction de la consommation énergétique et des coûts associés.

**6-ème mémoire :** Etude des exigences de l'écoconception d'un centre de thalassothérapie en zone humide : cas de Beni Belaid JIJEL

**Présenté par :** Rafika BOUDJEDIR Zeyneb KHELFA, 2021 /2022, Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel

### **Objectif :**

L'objectif de ce mémoire est de réaliser une étude pour comprendre les exigences de

l'écoconception d'un centre de thalassothérapie dans une zone humide, en se basant sur le cas de Beni Belaid à Jijel en Algérie. L'étude vise à déterminer les différentes caractéristiques environnementales de la zone étudiée et les exigences pour l'écoconception d'un centre de thalassothérapie qui soit respectueux de l'environnement. Les auteurs cherchent à proposer des recommandations pour une conception écologique et durable du centre de thalassothérapie afin de minimiser son impact sur l'environnement local et contribuer à la préservation de cette zone humide.

### **La méthode utilise :**

La méthode utilise dans ce mémoire une approche descriptive basée sur des définitions et concepts des règlements et principes pour répondre à la question de recherche, qui est l'étude des exigences de l'écoconception d'un centre de thalassothérapie en zone humide.

En outre, le logiciel de simulation numérique "PLÉIADES" a été utilisé pour tester les hypothèses de recherche en intégrant différents matériaux et méthodes de construction, ainsi que la création de scénarios pour le chauffage, la climatisation, l'occupation et le confort. Les résultats obtenus sont visualisés et résumés sur des tableaux et des graphes pour faciliter leur interprétation

### **Les résultats obtenus**

Les résultats de l'étude comparative de trois scénarios de construction ont montré que les bâtiments classiques ont un impact négatif sur la santé et l'environnement, tandis que l'intégration de toitures végétalisées et l'utilisation de matériaux écologiques locaux permettent une économie d'énergie, une amélioration du confort des utilisateurs et une réduction des impacts négatifs sur l'environnement.

En suivant un processus d'écoconception durant toutes les phases d'un projet architectural, il est possible de garantir le confort intérieur tout en minimisant l'impact sur l'environnement naturel et fragile.

Les recommandations issues de cette étude sont les suivantes : suivre un processus d'écoconception, intégrer les éléments de la nature dans les projets architecturaux, utiliser des énergies renouvelables, utiliser des matériaux écologiques et suivre la démarche d'intégration des projets architecturaux dans les zones humides. Enfin, l'étude pourrait être généralisée avec d'autres cas d'études pour renforcer sa portée.

## **Articles :**

**1<sup>er</sup> article :** Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar

**Présenté par :** A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, La revue : des énergies renouvelables vol 11 N°2, 30 juin 2008

## **Objectif :**

L'objectif de cet article est d'étudier les différentes techniques architecturales permettant d'améliorer le confort thermique des bâtiments dans les zones arides, en prenant la ville de Béchar en Algérie comme exemple. L'article vise également à identifier les moyens de réduire la consommation d'énergie liée à la climatisation des bâtiments et à promouvoir une approche bioclimatique dans la conception des bâtiments.

## **La méthode utilisée :**

La méthode utilisée dans l'article inclut plusieurs étapes :

- Une étude documentaire, une enquête de terrain, des simulations thermiques et des analyses économiques.
- Les simulations thermiques ont été réalisées à l'aide d'un modèle de bâtiment simulé, qui était une maison de forme rectangulaire avec une surface habitable de 16 m<sup>2</sup> et une hauteur de 3 mètres, construite sur terre pleine. Les simulations ont évalué l'impact des différentes techniques architecturales sur les performances thermiques du bâtiment.
- Enfin, des analyses économiques ont été menées pour évaluer les coûts et les économies d'énergie liées à la mise en place de ces techniques.

## **Les résultats obtenus :**

L'étude a montré que les pratiques architecturales actuelles dans la ville de Béchar ne sont pas suffisantes pour assurer un confort thermique optimal dans les bâtiments. Cependant, des techniques architecturales telles que l'utilisation de matériaux locaux et la conception de façades ventilées ont été identifiées comme des moyens efficaces d'améliorer le confort thermique dans les bâtiments.

Les simulations thermiques ont également montré que l'isolation thermique et la ventilation naturelle peuvent réduire considérablement les besoins en climatisation des bâtiments, ce qui peut entraîner des économies d'énergie importantes

## **2<sup>eme</sup> article :**

La conception bioclimatique des écoles : un mécanisme efficace pour la protection de l'environnement et la santé de l'enfant

**Présenté par :** Nessma FERCHA, Akila BENBOUAZIZ, Vol.6, N°3 (2021), p 115-139, 05/11/2021

### **Objectif :**

Cette recherche a pour objectif principal de vérifier le rôle des écoles primaires dans la protection de l'environnement en réalisant les objectifs suivants :

- Définir les écoles bioclimatiques et identifier leur rôle environnemental
- Identifier les mécanismes de réalisation des bâtiments scolaires bioclimatiques

### **La méthode utilise :**

La méthode de recherche utilisée dans cet article est basée sur une étude documentaire et une analyse des différentes publications et recherches relatives à la conception bioclimatique des écoles.

Les chercheurs ont également mené des enquêtes auprès des acteurs impliqués dans la conception et la construction des écoles bioclimatiques afin d'analyser les mécanismes de réalisation de ces bâtiments pour fournir une analyse complète de la conception bioclimatique des écoles, en mettant en évidence ses avantages en termes de protection de l'environnement et de la santé des enfants.

### **Les résultats obtenus :**

Les résultats de l'article montrent que la conception bioclimatique des écoles est une stratégie efficace pour protéger l'environnement et la santé des enfants. En effet, les écoles bioclimatiques sont conçues de manière à maximiser l'utilisation des ressources naturelles, notamment la lumière naturelle, la ventilation naturelle et l'énergie solaire.

De plus, ces bâtiments sont construits avec des matériaux durables et écologiques, ce qui réduit leur impact sur l'environnement et améliore la qualité de l'air intérieur.

## **Conclusion**

Le premier chapitre de cette recherche bibliographique sur la conception bioclimatique a permis de mieux comprendre les concepts clés liés à cette approche architecturale. Après avoir consulté plusieurs articles et mémoires, il a été déterminé que pour atteindre un niveau de confort thermique optimal, plusieurs facteurs climatiques doivent être pris en compte, tels que la forme, l'implantation et les matériaux de construction utilisés. L'orientation des vitrages et l'enveloppe du bâtiment sont également des facteurs importants.

Il est également essentiel d'évaluer l'impact de l'orientation sur la consommation énergétique globale du bâtiment pour déterminer ses performances énergétiques. La conception bioclimatique est une approche prometteuse pour la conception de bâtiments durables et économes en énergie.

# CHAPITRE II

## PRESENTATION DU CAS D'ETUDE

### Introduction

Une étude de cas est une méthode d'analyse approfondie qui porte sur un sujet, un groupe, un événement ou une entité dans un contexte réel. Elle vise à mieux comprendre les caractéristiques clés, les résultats et les réussites de l'objet d'étude.

Dans le cas spécifique de l'amélioration de la performance énergétique, l'étude de cas permettra de se pencher sur les différentes solutions mises en œuvre pour atteindre cet objectif, les résultats obtenus dans ce domaine.

Dans ce chapitre nous allons présenter notre cas étude, qui est une école primaire à BENI RACHED dans la wilaya de Chlef

### II.1 Présentation de la région étudiée :

La wilaya de Chlef est située au nord-ouest de l'Algérie, Elle s'étend sur une superficie de 4 791km Elle est limitée par, la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Tissemsilt au sud, la Wilaya de Tipaza et Ain-Defla à l'est et la Wilaya de Mostaganem et Relizane à l'ouest. [16]

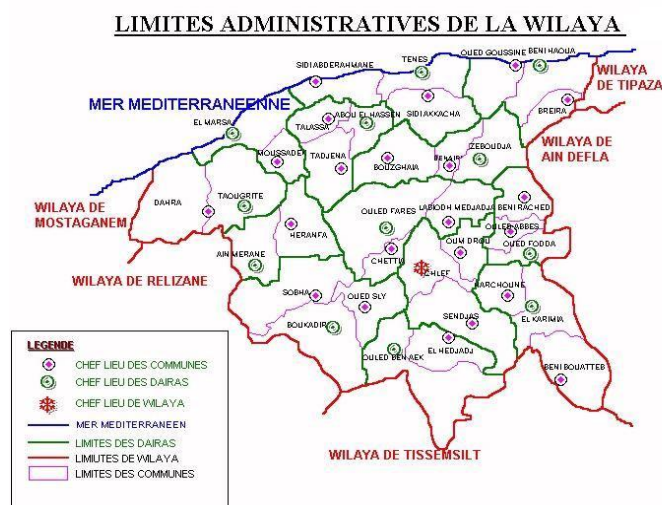
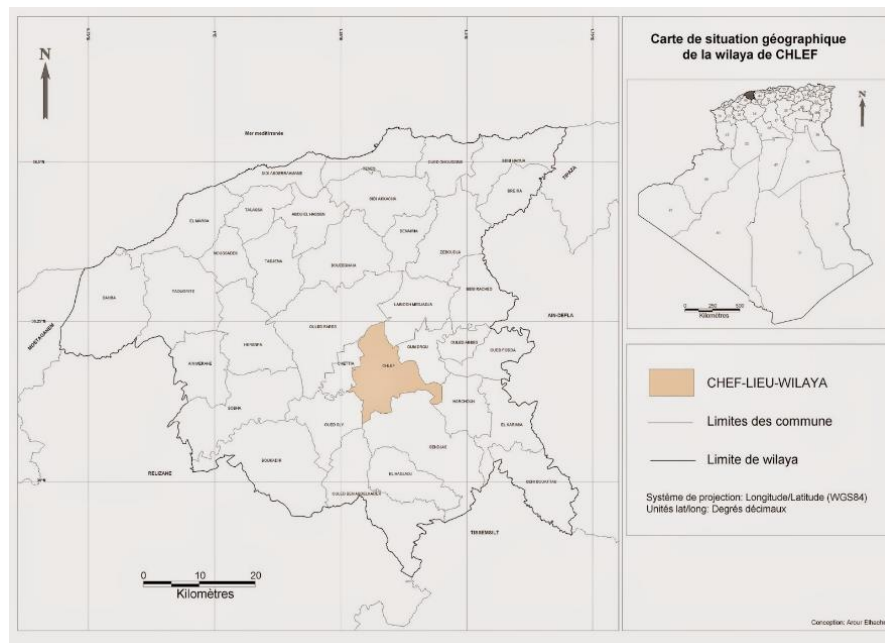


Figure II.1 : limites administratives de la wilaya de Chlef [17]



La région se caractérise par un relief diversifié, avec quatre (04) régions naturelles orientées parallèlement au littoral : les hautes collines de Dahra et du Zakkar au nord, l'Ouarsenis au sud, les plaines au centre et une bande côtière s'étendant sur 130 km, La population de la région est estimée à 1 268 212 au 31 décembre 2018, Un climat aux températures extrêmes : La température atteint son maximum au mois d'Août avec plus de 45°C en été, son minimum au mois de janvier avec 1°C en hiver. [18]



**Figure II.2** : carte géographique de la wilaya de Chlef [19]

## **II.2 Présentation de la commune**

Beni Rached est une commune de la wilaya de Chlef en Algérie, située à 30 km au nord-est de Chlef et à 500 mètres d'altitude et La population de la région est estimée 23499 hab. 20, Elle s'étend sur une superficie de 105km<sup>2</sup> [16]



**Figure II.3** : Commune de Beni Rached [20]

## **II.3 Données climatiques de la région de Chlef**

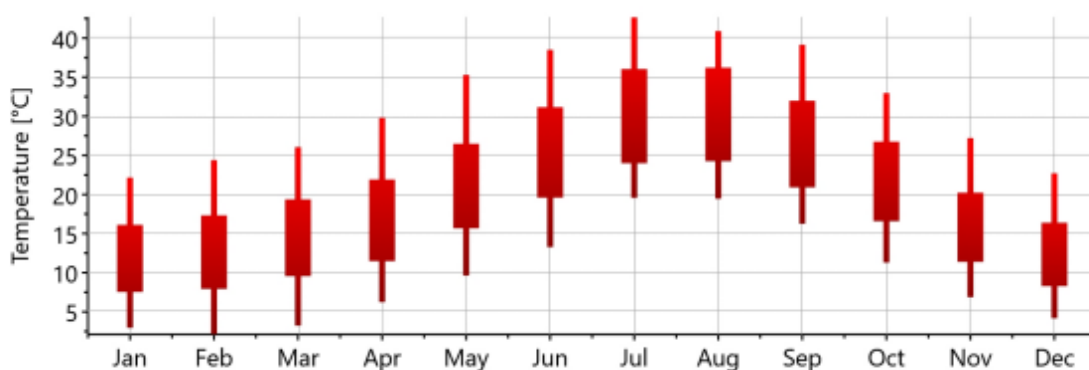
### **II.3.1 Température moyenne mensuelle**

La figure 11 représente la température moyenne mensuelle pour une période d'année 2020 de la wilaya de Chlef on remarque que La température de la wilaya de Chlef en Algérie varie tout au long de l'année.

Les mois les plus chauds sont juin et juillet et août, avec des températures maximales moyennes de 45°C et des températures minimales moyennes de 20°C.

Les mois les plus froids sont entre Novembre et mars, avec des températures maximales moyennes de 25°C et des températures minimales moyennes de 0°C.

Il est important de noter que ces chiffres sont des moyennes et que les températures peuvent varier considérablement d'une année à l'autre en raison des changements climatiques et des variations météorologiques.



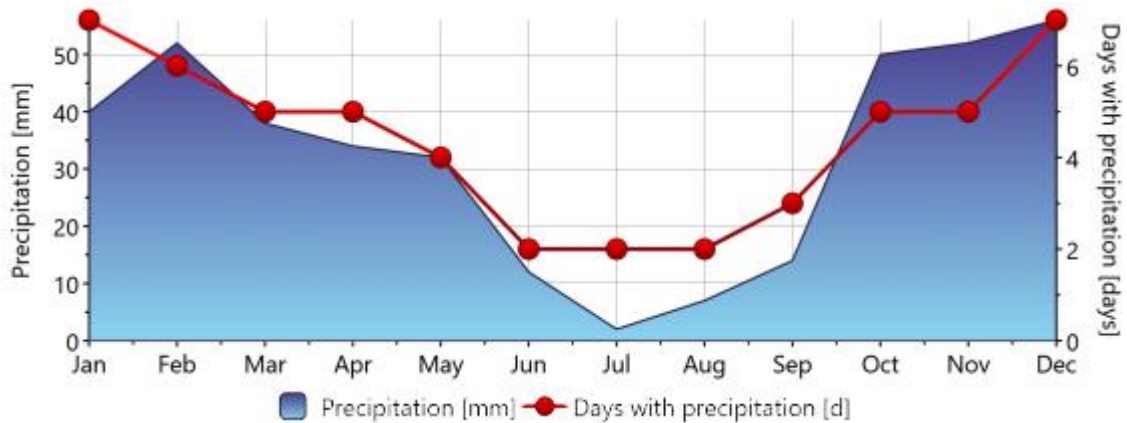
**Figure II.4 :** diagramme représente la température moyenne mensuelle

À Chlef source méteonorm

### **II.3.2 Précipitations**

La figure 12 représente Précipitations pour une période d'année 2020 de la wilaya de Chlef on remarque que La plupart des précipitations tombent entre octobre et avril, Les mois les plus pluvieux sont décembre et février, avec une moyenne mensuelle de 60 mm. Un jour de pluie est considéré comme tel lorsqu'au moins 0,1 mm de précipitations (= 0,1 litre) par mètre carré tombent. Cela peut être de la pluie, de la neige, de la grêle ou même de la rosée, et il n'est pas nécessaire qu'il pleuve toute la

journée. En janvier et décembre, il y a le plus grand nombre de jours de pluie, avec un total de 7, tandis que juin et aoute et juillet enregistre les moins de jours de pluie.



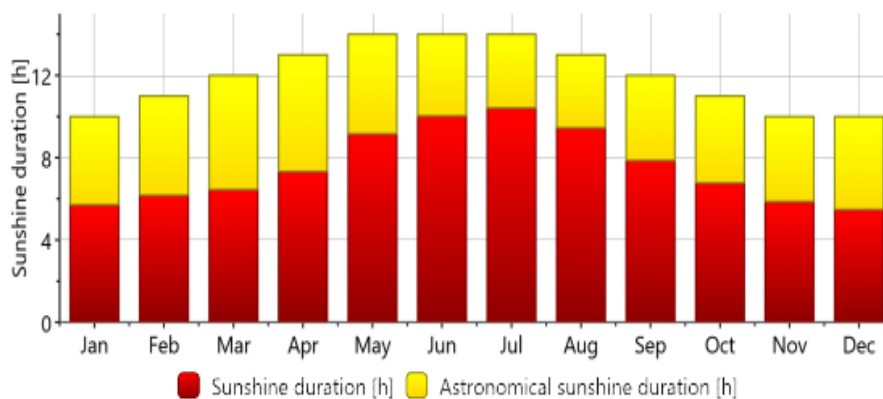
**Figure II.5 :** diagramme représente le Précipitations Chlef source méteonrom

### II.3.3 L'ensoleillement

La durée d'insolation fait référence au nombre d'heures pendant lesquelles le soleil est clairement visible pendant la journée, entre le lever et le coucher du soleil

Une analyse de la durée d'insolation peut aider à comprendre les variations de la température, des précipitations et de l'ensoleillement dans une région donnée [21]

La figure 13 représente la distribution de la durée d'ensoleillement effective moyenne Mensuelle pour une période d'année 2020de la wilaya de Chlef on remarque que Le mois de juillet est le mois le plus ensoleillé de la wilaya de Chlef, avec une durée d'ensoleillement de 11 heures par jour. En revanche, c'est en décembre que le soleil brille le moins longtemps dans cette région.



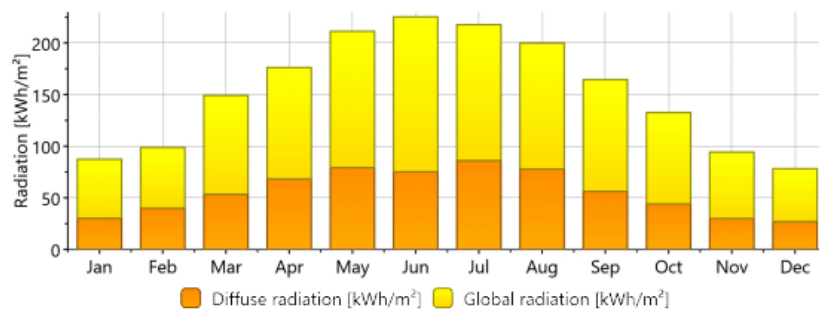
**Figure II.6 :** diagramme représente la distribution de la durée d'ensoleillement effective moyenne Mensuelle à Chlef source méteonrom

### II.3.4 Rayonnement moyenne mensuel

Le rayonnement moyen mensuel est la quantité totale d'énergie solaire reçue à la surface de la terre pour chaque mois de l'année Le rayonnement solaire est constitué d'ondes électromagnétiques émises par le soleil, L'irradiation globale est l'énergie totale du rayonnement solaire reçue par unité de surface, mesurée en Watt-heure par mètre carré ( $Wh.m^{-2}$ ). [22]

"La figure 14 présente une estimation de la variation mensuelle de l'irradiation solaire (globale et diffuse) pour l'année 2020 dans la wilaya de Chlef

On remarque qu'au mois de juin, l'irradiation élevée ( $220 kWh/m^2$ ), tandis qu'au mois de décembre et janvier, elle est la plus faible ( $30kwh/m^2$ )



**Figure II.7 :** diagramme représente une estimation de la variation mensuelle de l'irradiation solaire (globale et diffuse à Chlef source météo nom

## II.4 Présentations du cas d'étude

### II.4.1 Situation géographique du cas d'étude



**Figure II.8 :** la situation du site, source google maps



## II.4.2 Description du logement étudié

Nous avons choisi une école primaire d'une surface de  $3314.1m^2$ . Cette école est composée d'un bloc administratif, d'un bloc pédagogique (incluant 3 salles de classe), d'un bloc réfectoire, de sanitaires, d'un terrain de sport et de logements privés

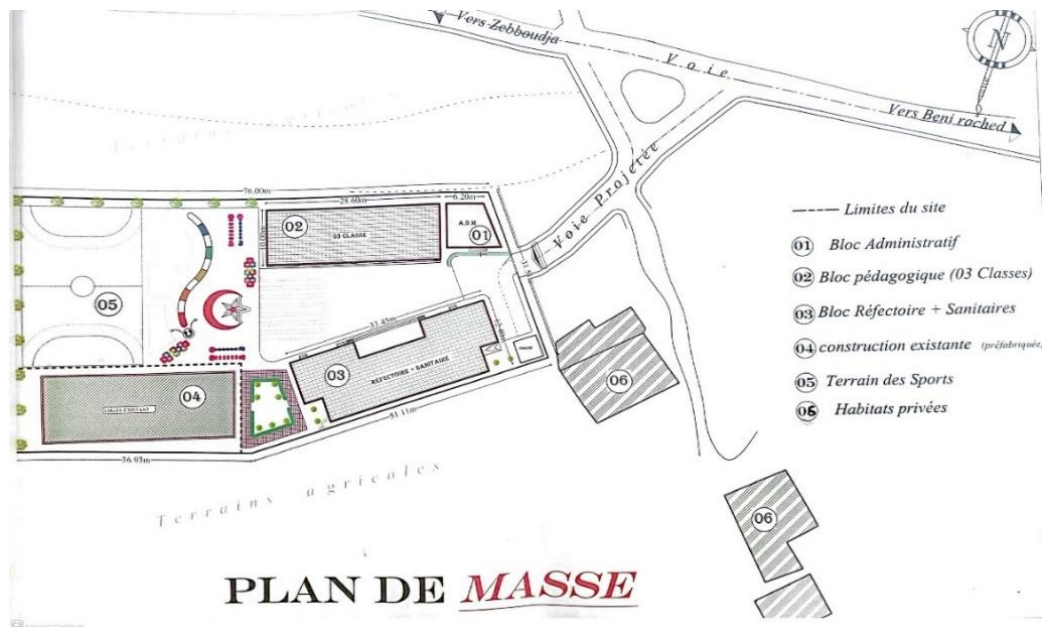


Figure II.9 : plan de masse de l'école



Figure II.10 : image 3D de l'école



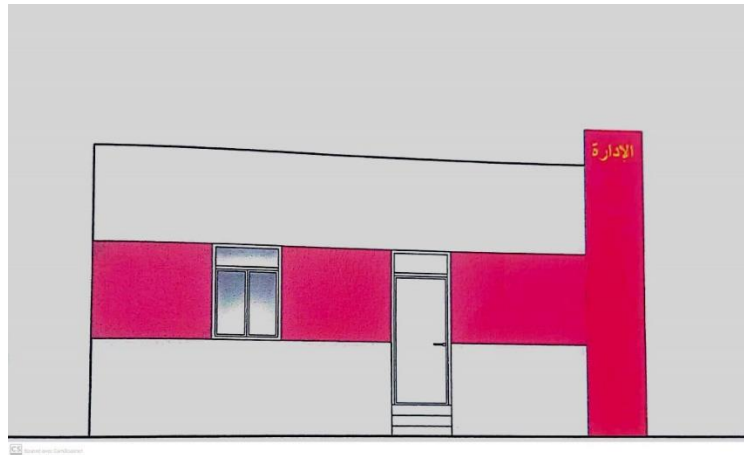


Figure II.12 : façade principale de Bloc administratif

### II.4.3.2 Bloc pédagogique :

Le bloc pédagogique s'étend sur une surface de 286 m<sup>2</sup>

Tableau II.2 : les composants de bloc pédagogique

Bloc pédagogique				
Espace	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Couloir
Surface m <sup>2</sup>	62	62	62	62.92
Orientation	Nord			Nord
Les Portes	6			
Les fenêtres	12			

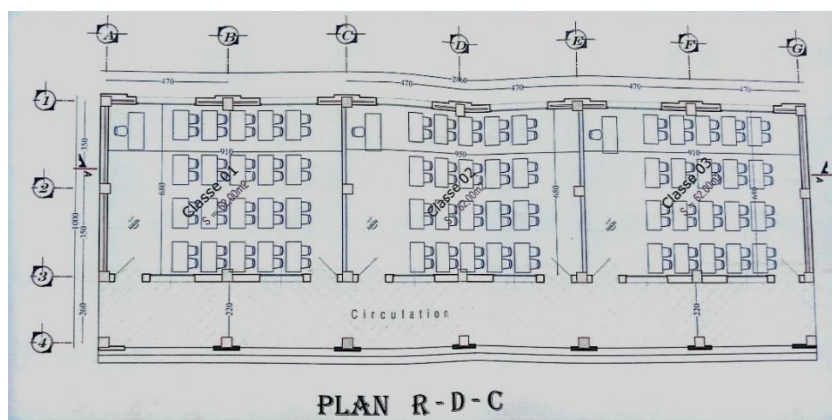


Figure II.13 : plan RDC de bloc pédagogique

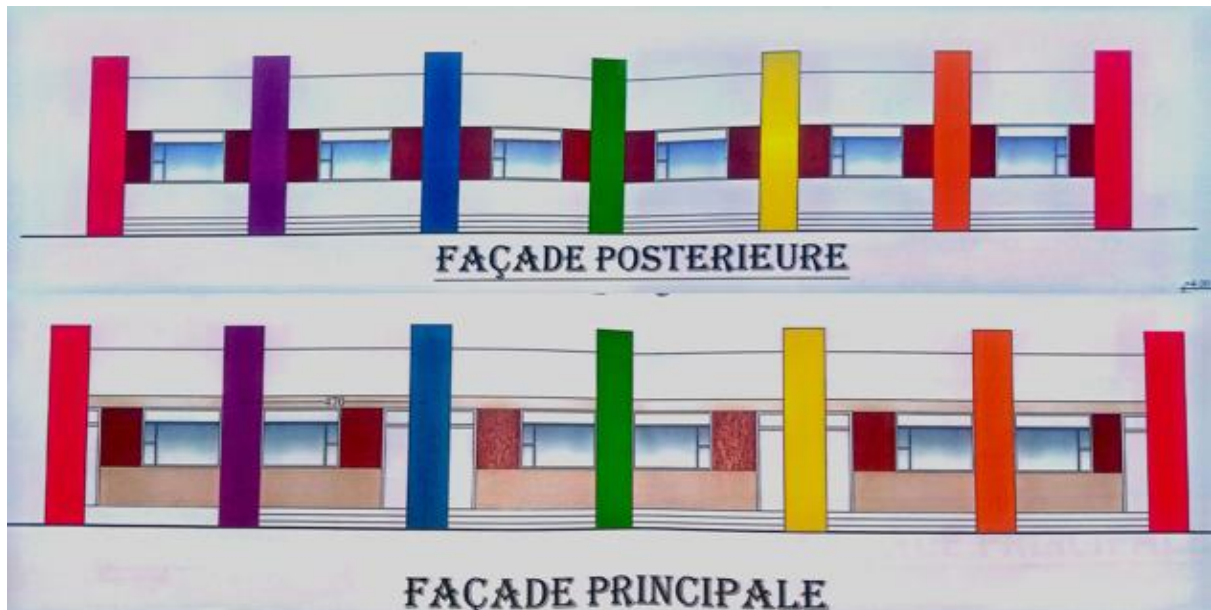


Figure II.14 : façade postérieure et principale

#### II.4.3.3 Matériaux de construction utilisés :

- **Composition de mur extérieur :**

Tableau II.3 : composition du mur extérieur

Matériaux	$e$ (cm)	$\lambda$ (W/m.C°)	$R$ (m <sup>2</sup> .C°/w)
Mortier	2	1.15	0.02
Brique creuse de 10 cm	10	0.476	0.21
Lame d'aire 15mm flux horiz	1.5	0.088	0.17
Brique creuse de 10 cm	10	0.476	0.21
Enduit plâtre	1.3	0.35	0.04

- **Composition de mur intérieure :**

Tableau II.4 : composition du mur intérieur

Matériaux	$e$ (cm)	$\lambda$ (W/m.C°)	$R$ (m <sup>2</sup> .C°/w)
Enduit plâtré	1.3	0.35	0.04
Brique creuse de 10 cm	10	0.476	0.21
Enduit plâtre	1.3	0.35	0.04



- **Composition de toiture :**

**Tableau II.5:** composition de la toiture

Matériaux	$e$ (cm)	$\lambda$ (W/m.C°)	$R$ (m <sup>2</sup> .C°/w)
Gravillon roulé	3	0.4	0.08
Bitume pur	2	0.17	0.12
Béton lourd	4	1.75	0.02
Hourdis de 20 en béton	20	1.33	0.15
Enduit plâtré	1.3	0.35	0.04

- **Composition de planche bas :**

**Tableau II.6 :** composition de planche bas

Matériaux	$e$ (cm)	$\lambda$ (W/m.C°)	$R$ (m <sup>2</sup> .C°/w)
Carrelage	2	1.7	0.01
Béton lourd	20	1.75	0.11

- **Les ouvertures :**

- Porte bois extérieurs
- Porte bois intérieurs
- Porte métallique
- Fenêtre bois double vitrage
- Porte PVC SV
- Fenêtre PVC DB

## **Conclusion**

Dans ce chapitre Nous avons également étudié les données climatiques du site 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)

Nous avons étudié les matériaux de construction employés dans l'école, en portant une attention particulière à leur capacité à assurer une protection efficace contre les conditions climatiques extérieures,

Ainsi, dans ce chapitre de présentation du cas d'étude nous avons établi les bases essentielles pour la poursuite de nos travaux de recherche

## **CHAPITRE III**

### **SIMULATION DE CAS D'ETUDE**

#### **Introduction**

La simulation thermique dynamique est un outil puissant qui permet de modéliser le comportement thermique d'un bâtiment en prenant en compte divers paramètres tels que les conditions météorologiques, l'occupation des locaux et d'autres facteurs pertinents. [6]

Pour notre étude de cas portant sur l'école primaire, nous avons choisi d'utiliser le logiciel "Pléiades" pour étudier le comportement thermique des blocs administratif et pédagogique de l'établissement.

#### **III.1 Présentation du logiciel**

##### **III.1.1 Pleiades + comfie**





Pléiades + Comfie est un logiciel complet qui offre aux utilisateurs la possibilité de simuler et d'évaluer les performances énergétiques d'un bâtiment. Il constitue un outil précieux pour prendre des décisions informées en matière de conception et de gestion énergétique, contribuant ainsi à réduire les coûts énergétiques et à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.[23]



Figure III.1 : logiciel pléiades [24]

### III.1.1.1 Détail de pléiades

Tableau III.1 : les Détails de pléiades [25]

<p>Pleiades BIBLIOTHÈQUE</p> 	<p>Cette base de données comprend une variété d'éléments tels que les matériaux de construction, les menuiseries, les équipements, ainsi que des éléments décrivant l'usage du bâtiment (scénarios) et son environnement proche</p>
<p>Pleiades MODELEUR</p> 	<p>La saisie graphique rapide et fiable du bâtiment à partir de plans au format DWG ou image ou d'une maquette numérique (Revit, gbXML ou IFC).</p>
<p>Pleiades RÉSULTATS</p> 	<p>La gestion et l'analyse des résultats de calcul, à l'aide de nombreux tableaux de synthèse, de graphiques, de rapports d'études entièrement personnalisables</p>
<p>Pleiades ÉDITEUR</p> 	<p>-L'interface d'édition avancée du modèle de bâtiment. - Il permet de lancer les différents calculs.</p>
<p>STD COMFIE</p> 	<p>La simulation thermique et énergétique Dynamique avec le moteur COMFIE</p>

### III.1.1.2 Processus D'application de logiciel

#### Partie 1 : sous Pléiades BIBLIOTHÈQUE

##### 1) Définir les Compositions des éléments constructifs

Nom: Mur extérieur

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

DPE-3CL Caractéristiques thermiques Données RT/RE Données méthode RTS ACV 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	
Lame d'air 15 mm flux horiz.	↓	1.50	0	0.088	0.11	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Enduit plâtre	↓	1.300	20	0.35	0.04	
Total		24.8	198		0.65	

Figure III.2 : composition du mur extérieur

Nom: Mur interieur

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

DPE-3CL Caractéristiques thermiques Données RT/RE Données méthode RTS ACV 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	
Enduit plâtre	↓	1.300	20	0.35	0.04	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Enduit plâtre	↓	1.300	20	0.35	0.04	
Total		12.6	109		0.29	

Figure III.3 : composition du mur intérieur



## 2) Définir les Types des ouvertures

Nom: Porte bois extérieure des classes

Complément: opaque avec seuil et joint d'étanchéité  
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: 0.83 m

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								

Figure III.6 : caractéristique de la porte extérieure

Nom: Porte métallique de bloc A.D.M

Complément: Ucadre = 5.8  
Pourcentage de clair = 0 %  
Uvitrage vertical = 0 W/(m²k)  
Uvitrage horizontal = 0 W/(m²k)

Origine: Guide de la thermique dans l'habitat neuf

Porte  Fenêtre

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

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.83 m

Uw vertical: 5.8 W/(m².K) Uw horizontal: 5.8 W/(m².K)

Facteur solaire (Sw): 0.22

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E
Hiver	0.12	0	0.12	0	0.22	0	0.22	0
Eté								

Figure III.7 : caractéristique de porte

Nom: Porte bois intérieure de bloc A.D.M

Complément: donnant sur local non chauffé  
Ucadre = 5  
Poucentage 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

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 intérieure

Nom: Porte simple PVC pleine de W.C

Complément:

Origine:

Porte  Fenêtre

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

Valeurs connues  Valeurs calculées

Hauteur: 2.04 m Largeur: 0.6 m

**Sans protection**

Uw vertical: 3.5 W/(m².K) Uw horizontal: 3.5 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.9 : caractéristique de porte

Nom Fen 1 bat bois des classes

Complément Double vitrage 4 + 4 mm huisserie bois  
Ucadre = 2.4  
Pourcentage de clair = 66 %  
Uvitrage vertical = 2.95 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 2.95 W/(m².K)

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

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 1.5 m

Uw vertical 2.763 W/(m².K) Uw horizontal 2.763 W/(m².K) Tl global 0

Facteur solaire (Sw) 0.535  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0.435	0	0.435	0	0.535	0	0.535	0	0
Été									

Figure III.10 : caractéristique de premiers types des fenêtres

Nom Fen 2 bat bois des classes

Complément Double vitrage 4 + 4 mm huisserie bois  
Ucadre = 2.4  
Pourcentage de clair = 66 %  
Uvitrage vertical = 2.95 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 2.95 W/(m².K)

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

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 3 m

Uw vertical 2.763 W/(m².K) Uw horizontal 2.763 W/(m².K) Tl global 0

Facteur solaire (Sw) 0.535  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0.435	0	0.435	0	0.535	0	0.535	0	0
Été									

Figure III.11 : caractéristique de 2 -ème types des fenêtres



Nom Fen bat bois DV De bloc A.D.M

Complément Double vitrage 4 + 4 mm huisserie bois  
Ucadre = 2.4  
Pourcentage de clair = 66 %  
Uvitrage vertical = 2.95 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 2.95 W/(m².K)

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

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 m

Uw vertical 2.763 W/(m².K) Uw horizontal 2.763 W/(m².K) Tl global 0

Facteur solaire (Sw) 0.535  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0.435	0	0.435	0	0.535	0	0.535	0	0
Eté									

Figure III.12 : caractéristique des fenêtres

Nom Fen bat PVC DV de W.C

Complément --  
Ucadre = 1.8  
Pourcentage de clair = 62 %  
Uvitrage vertical = 3.1 W/(m².K)  
Uvitrage horizontal = 3.1 W/(m².K)

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

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 m

Uw vertical 2.606 W/(m².K) Uw horizontal 2.606 W/(m².K) Tl global 0

Facteur solaire (Sw) 0.5022  Vitrage spécial

	Sw-C	Sw1-C	Sw2-C	Sw3-C	Sw-E	Sw1-E	Sw2-E	Sw3-E	Tl diffus
Hiver	0.402	0	0.402	0	0.502	0	0.502	0	0
Eté									

Figure III.13 : caractéristique des fenêtres

## Partie 2 : sous Pléiades MODELEUR

### 1) Bloc administratif

#### 1.1) Données de construction :

Les "données de construction" se réfèrent généralement aux informations relatives à la conception et à la construction d'un bâtiment ou d'une infrastructure

The screenshot shows the 'Données de construction' (Construction Data) panel in the software interface. The panel is organized into several sections:

- Jeux de caractéristiques prédéfinis:** Includes a dropdown menu, 'Ouvrir le jeu sélectionné', 'Sauver les caractéristiques dans un jeu', and 'Effacer le jeu sélectionné' buttons.
- Composition par défaut des parois:** Lists components like 'Paroi externe' (mur extérieur), 'Paroi interne' (Mur intérieure), 'Plancher intermédiaire', 'Plancher bas' (planche bas), 'Pl. bas sur extérieur', and 'Toiture / Pl.haut' (planche haute). It also includes options for 'Vide sanitaire' (Sol) and 'Comble ventilé' (Extérieur).
- États de surface par défaut:** Lists surface states for 'Face externe', 'Face interne', 'Plancher', 'Plafond', 'Toiture externe', and 'Masques intégrés', each with a default value and a button to open a selection dialog.
- Menuiseries par défaut:** Lists window and door types like 'Fenêtres' (Fen 2 bat bois DV des classes), 'Appui', 'Portes' (Porte bois intérieure de bloc A.D.M), 'Seuil de porte', and 'Linteau'. It also includes dimensions for 'Hauteur de fenêtre par défaut', 'Allège', 'Retrait', 'Hauteur de porte par défaut', and 'Largeur de porte par défaut'.
- Ponts thermiques par défaut:** Lists thermal bridge types like 'Plancher haut' (c.1 - Pl haut / mur extérieur), 'Plancher inter.', 'Plancher bas' (a.1 - Pl. bas sur TP / mur extérieur), and 'Mur de refend (T)' (d.2 - Mur / refend). It also includes 'Angle sortant' and 'Angle rentrant' settings.

Figure III.14: les données de construction de bloc A.D.M

## 1.2) Plan :

➤ Dessine le plan :

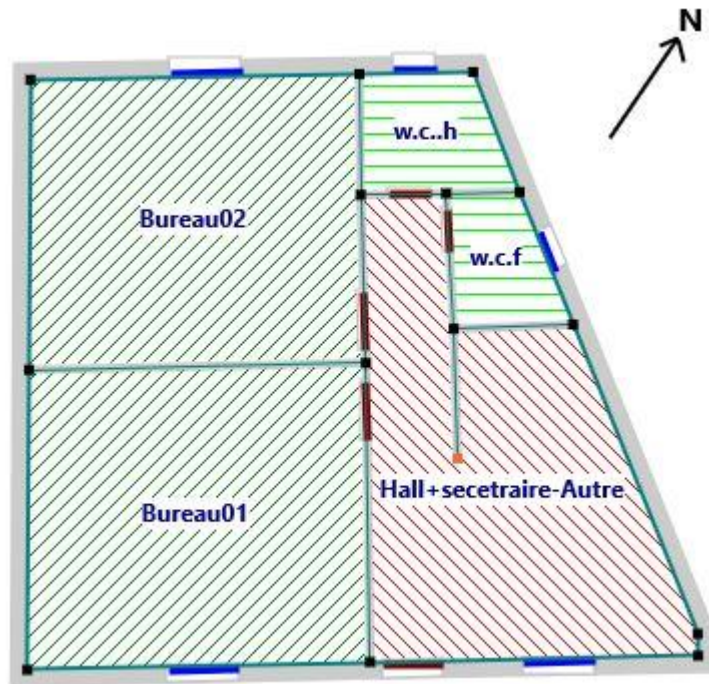


Figure III.15 : plan de bloc A.D.M

On dessine le plan et définir les compositions suivantes :

➤ Caractéristique des murs

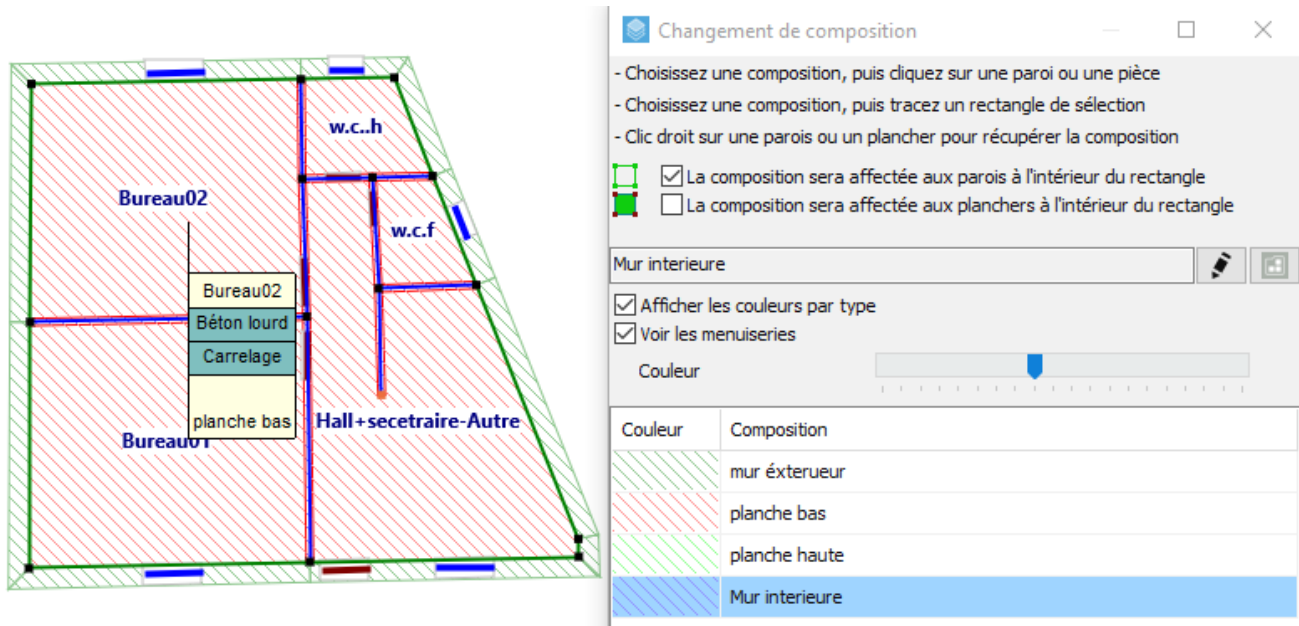


Figure III.16: les compositions des murs

➤ Caractéristique des ouvertures

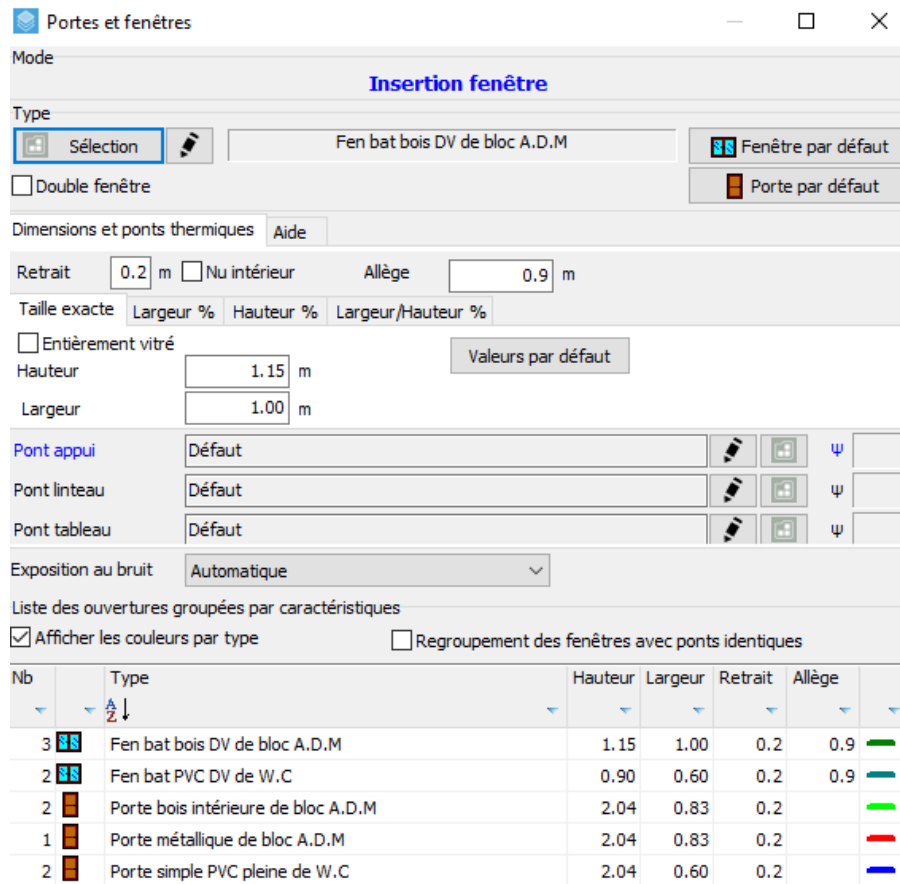


Figure III.17: les caractéristiques des ouvertures de bloc A.D.M

➤ Indentification des pièces et Indentification des zones

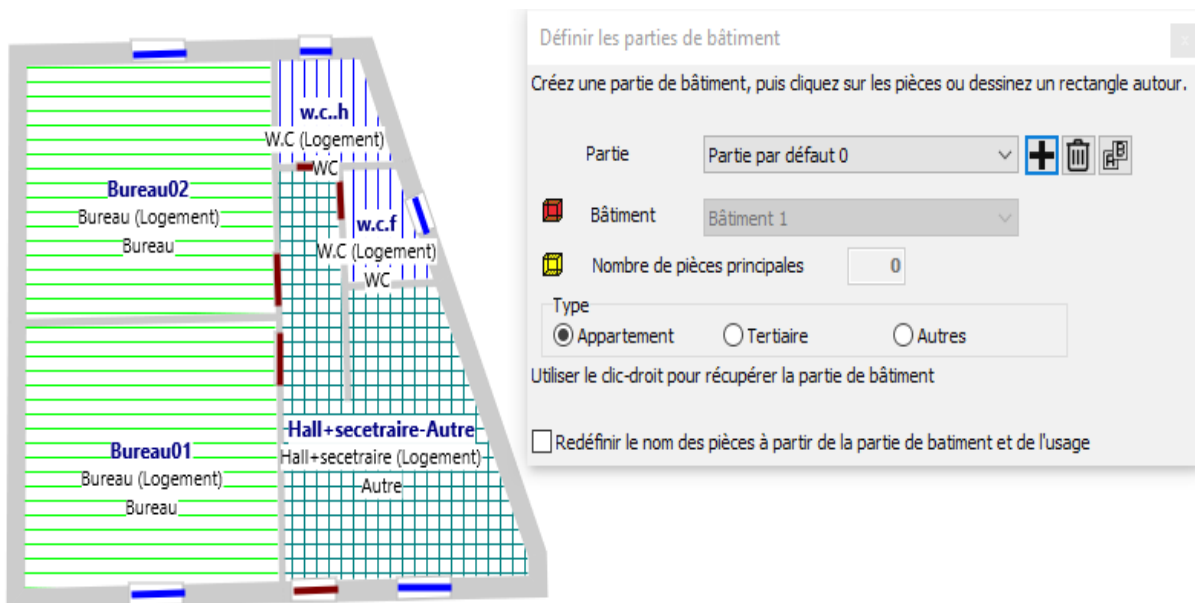
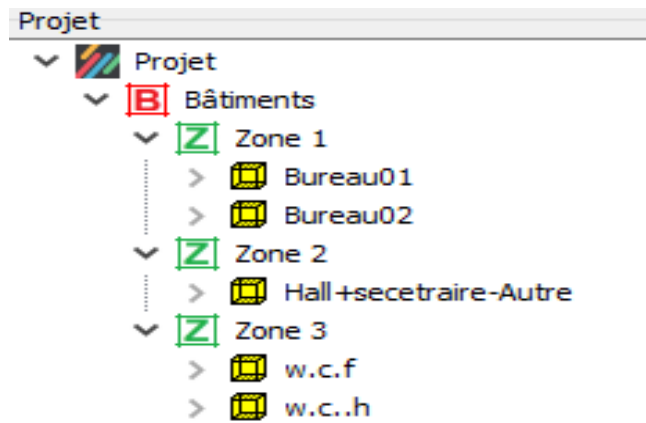
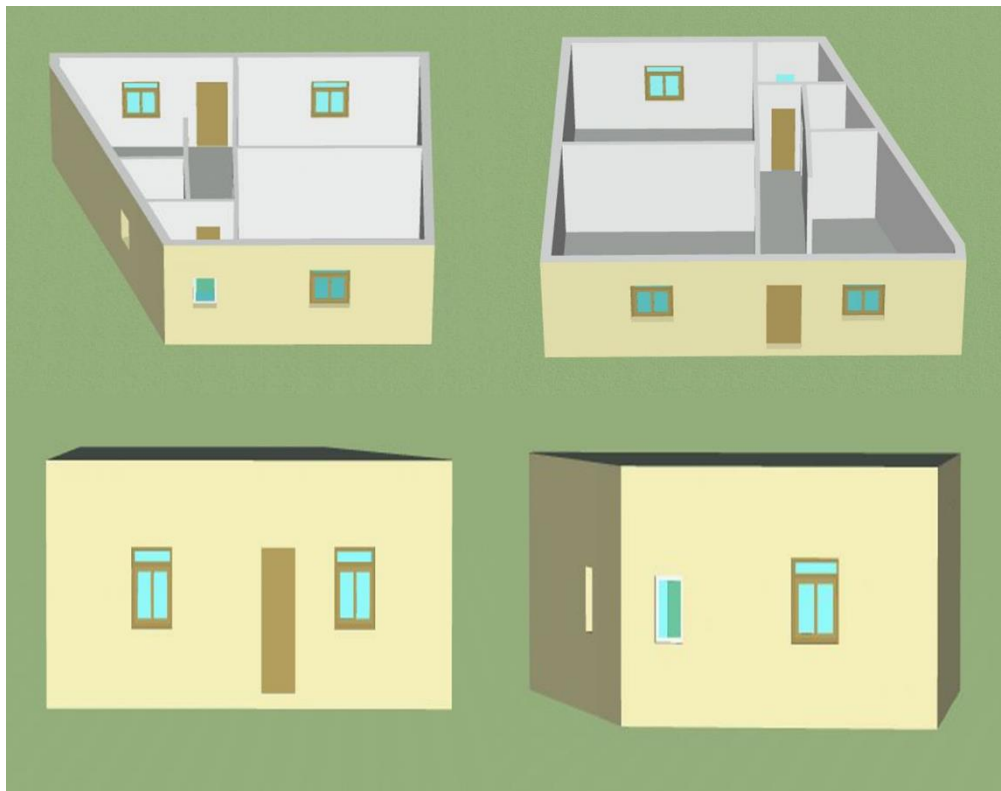


Figure III.18: indentification des pièces et les parties de bloc A.D.M



**Figure III.19** : Les zones de bloc A.D.M



**Figure III.20** : la forme 3D de bloc A.D.M

### 1.3) Définition des scénarios de fonctionnement

- Le 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.[6]

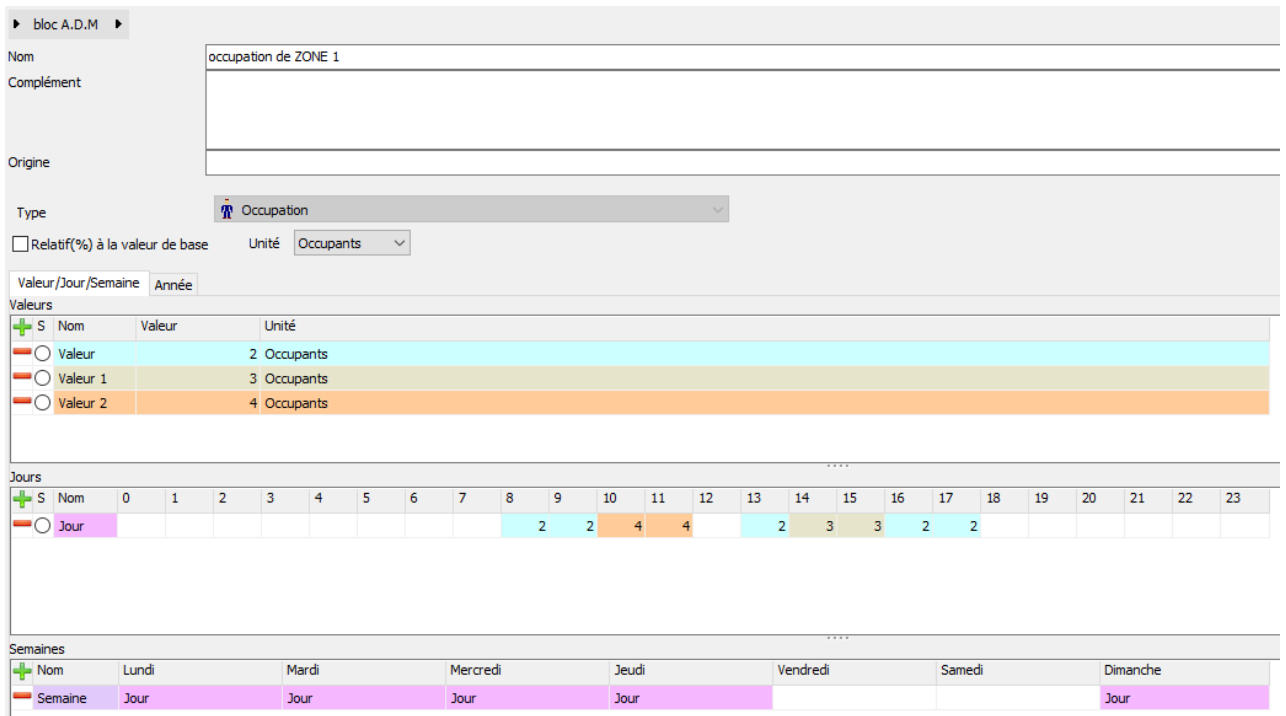


Figure III.21 : scénario d'occupation de zone 1

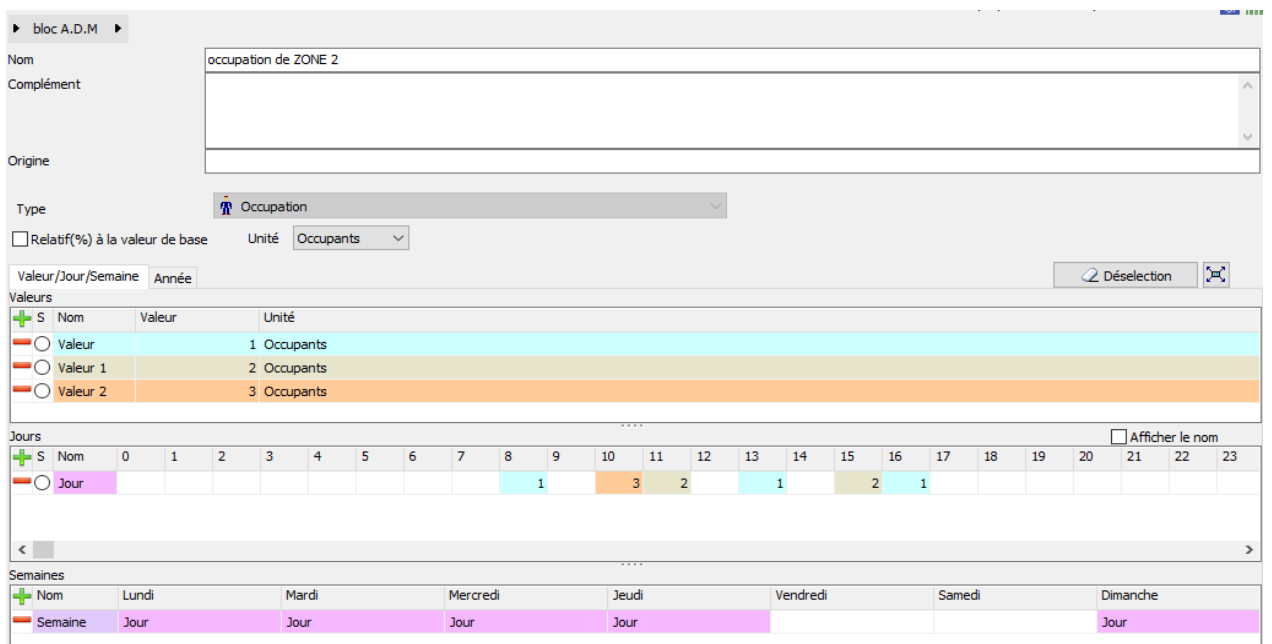


Figure III.22 : scénario d'occupation de zone 2

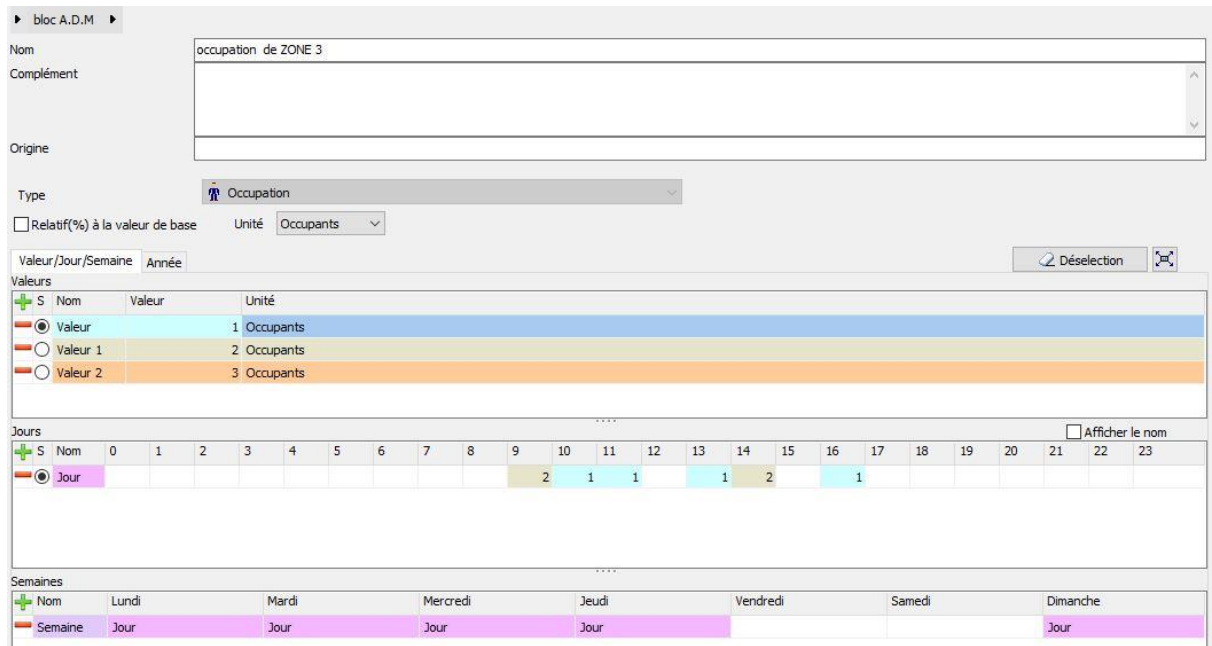


Figure III.23 : scénario d'occupation de zone 3

➤ **Le scénario de consigne thermostat**

Un scénario de consigne thermostat est une série d'instructions qui spécifie les températures de consigne souhaitées pour chaque zone thermique d'un bâtiment à différents moments de la journée. Cela permet de contrôler le fonctionnement du système de chauffage et de climatisation [6]

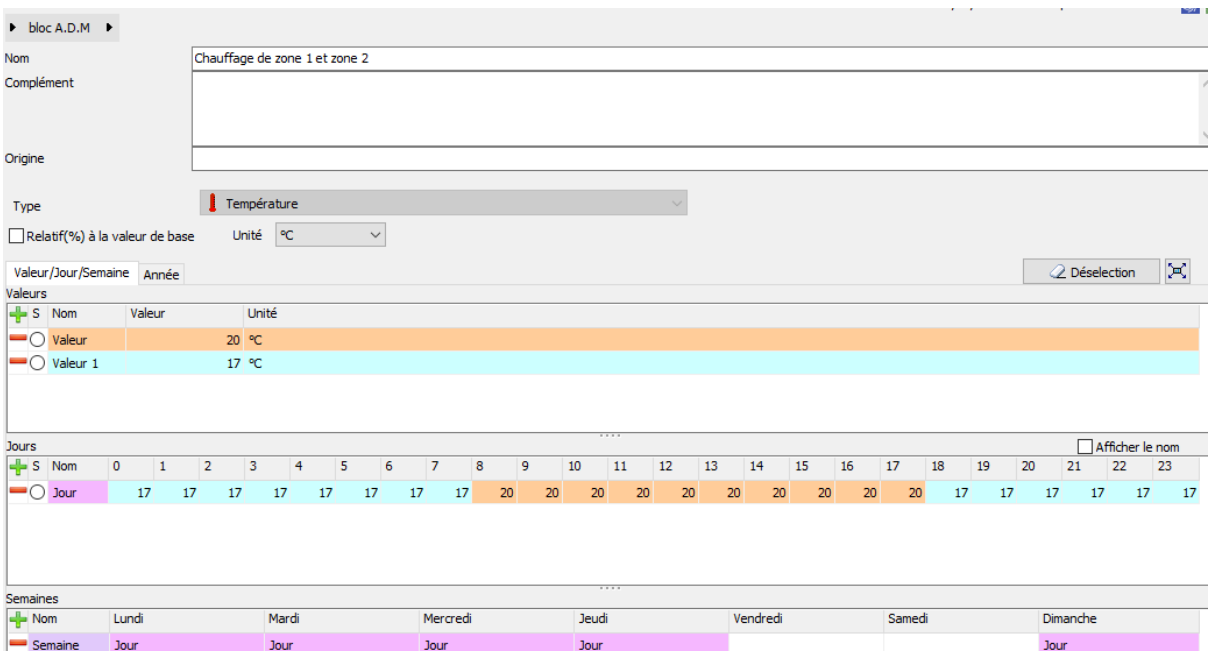


Figure III.24 : scénario de consigne thermostat chauffage de zone 1et 2

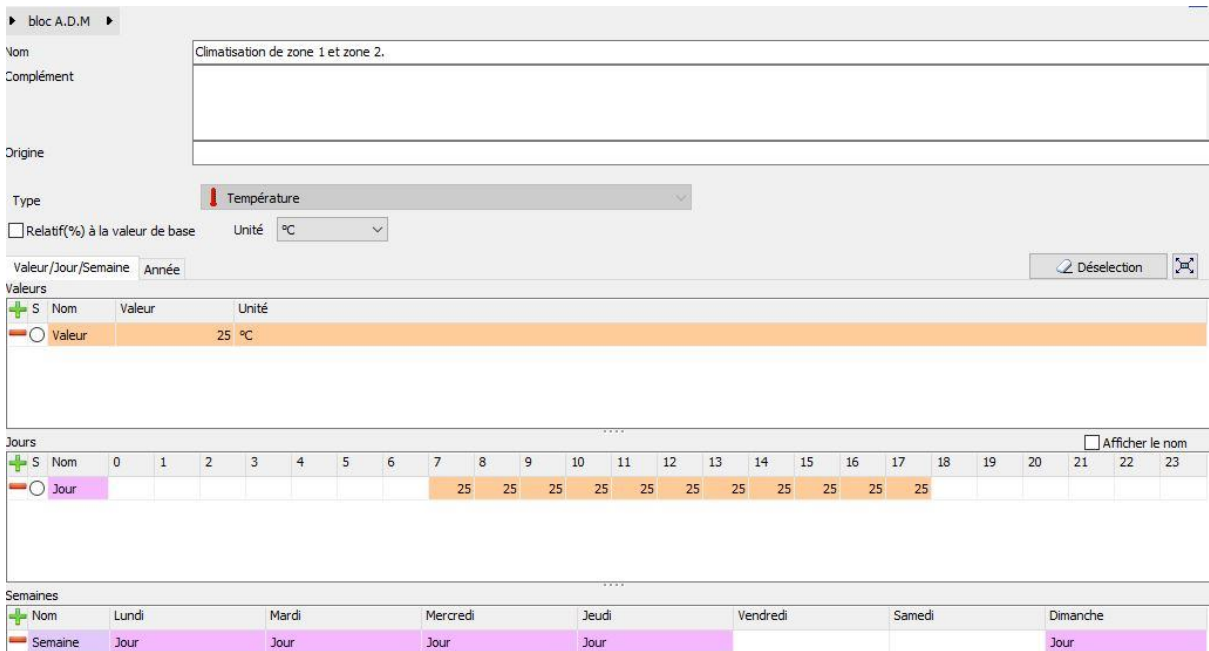


Figure III.25: scénario de consigne thermostat climatisation de zone 1 et 2

➤ **Scénario de ventilation :**

Nous avons proposé un débit de **0.6 vol/h**

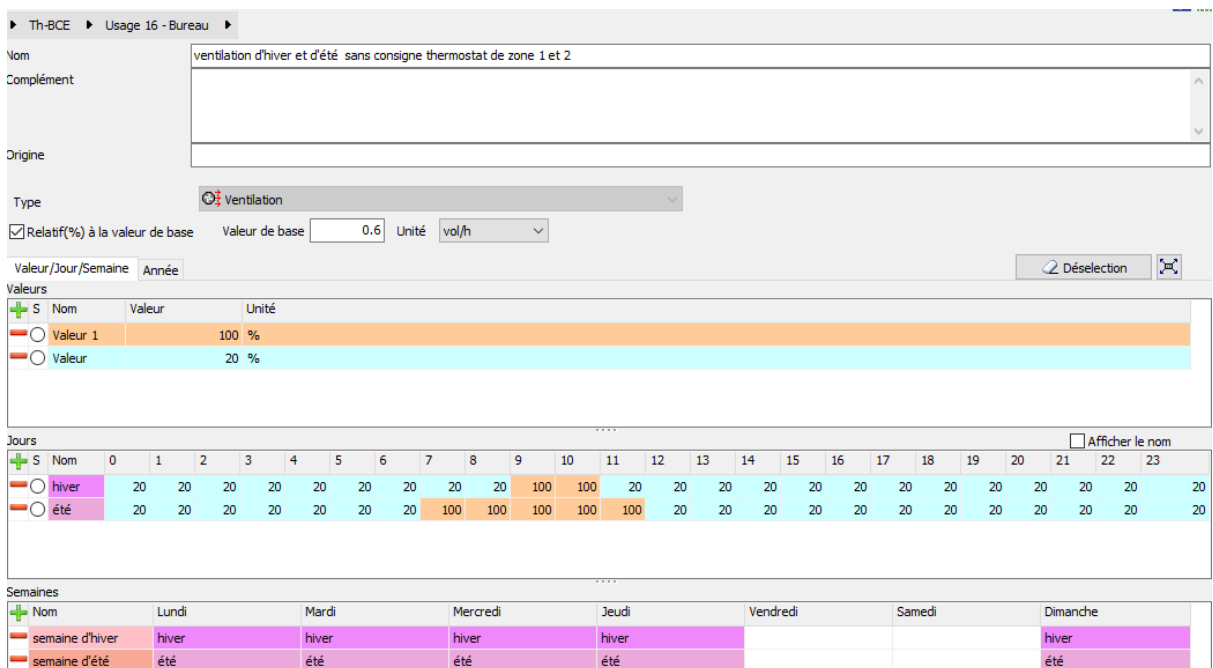
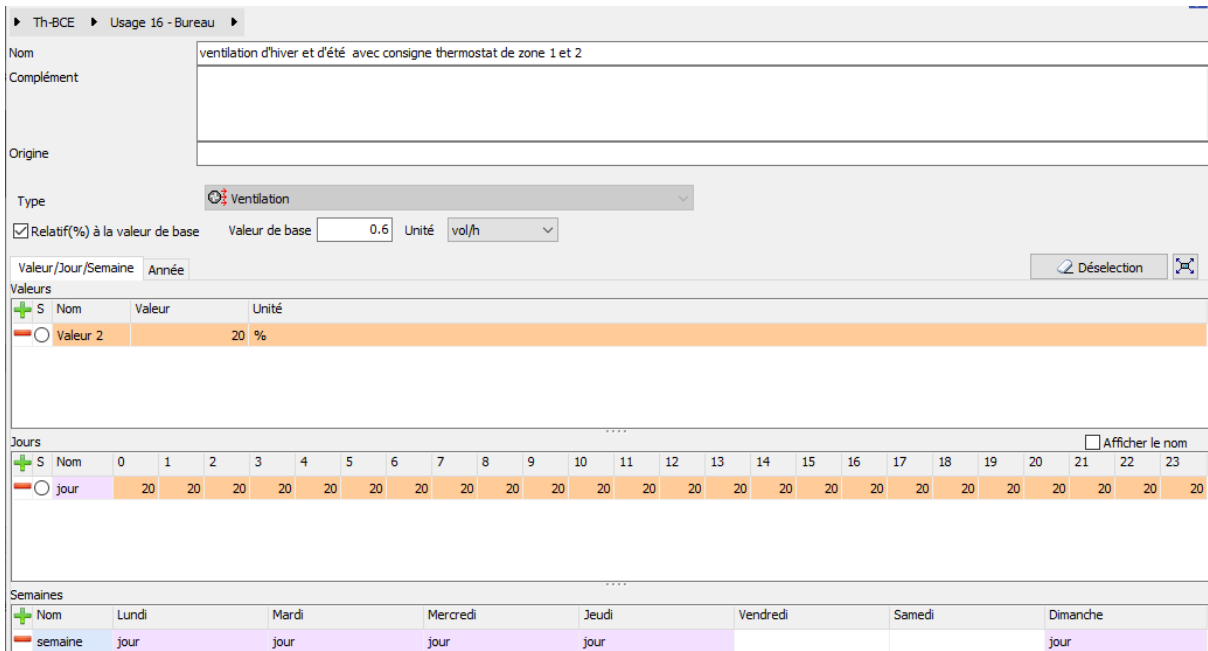
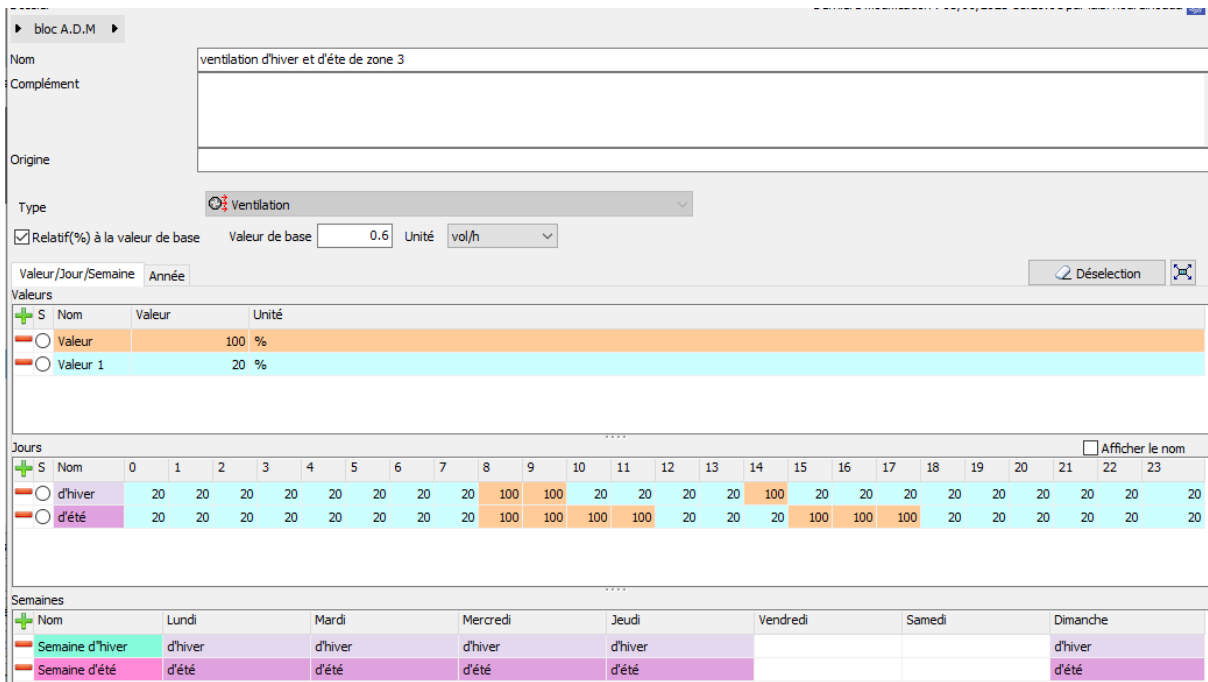


Figure III.26: Ventilation d'hiver et d'été sans consigne thermostat de zone 1 et 2





**Figure III.27** : infiltration d'hiver et d'été avec consigne thermostat de zone 1 et 2



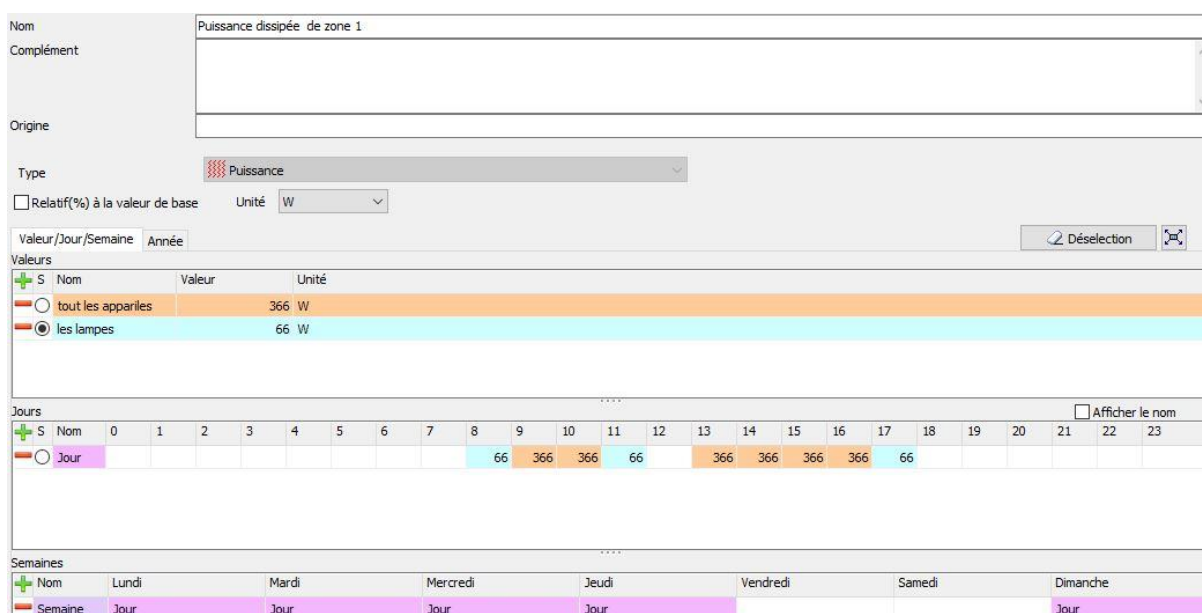
**Figure III.28** : Ventilation d'hiver et d'été de zone 3

➤ **Scénario de puissance dissipée**

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

**Tableau III.2** : puissance dissipée des appareils électriques de bloc administratif

Les zones	Lampes (33 watts)	Pc (100 watts)	Imprimante (100watts)	Puissance dissipée(w)
<b>Zone1</b>	2	2	1	366
<b>Zone2</b>	2	1	0	166
<b>Zone 3</b>	4	0	0	132



**Figure III.29:** Puissance dissipée de zone 1

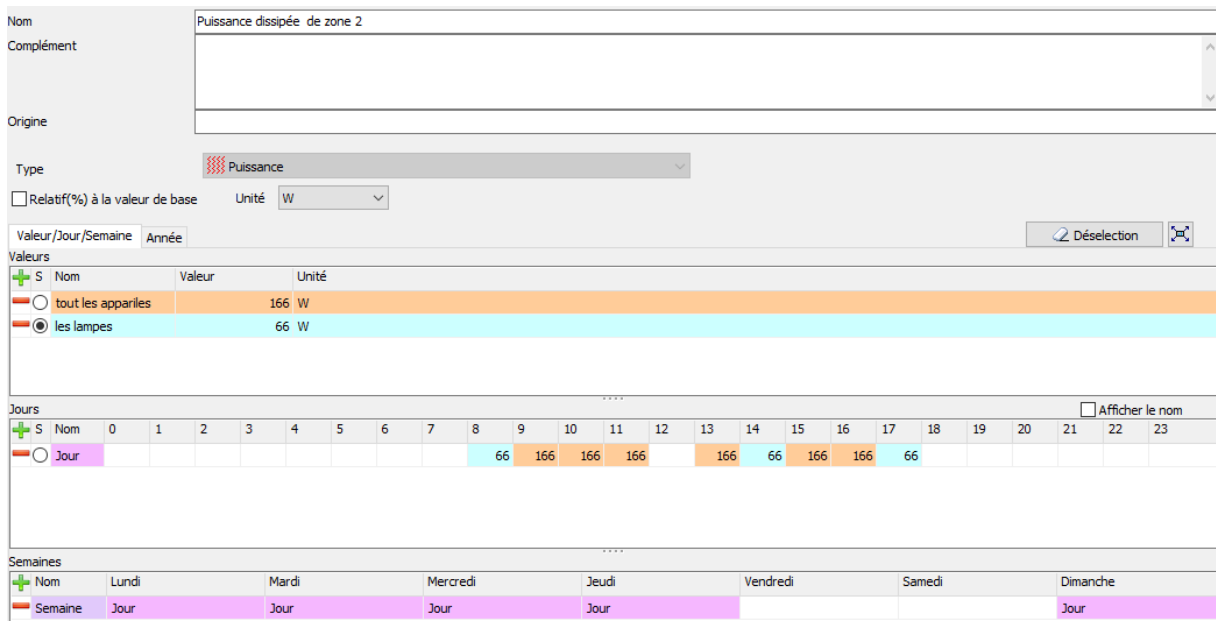


Figure III.30 : Puissance dissipée de zone 2

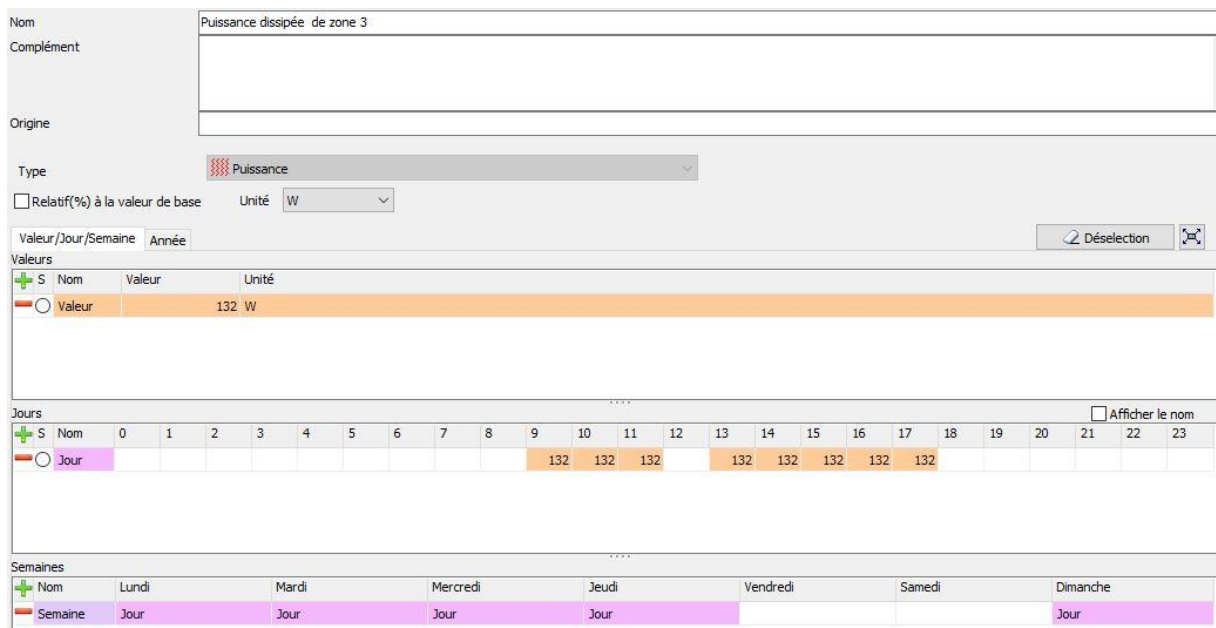


Figure III.31 : Puissance dissipée de zone 3

### 1.4) Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan

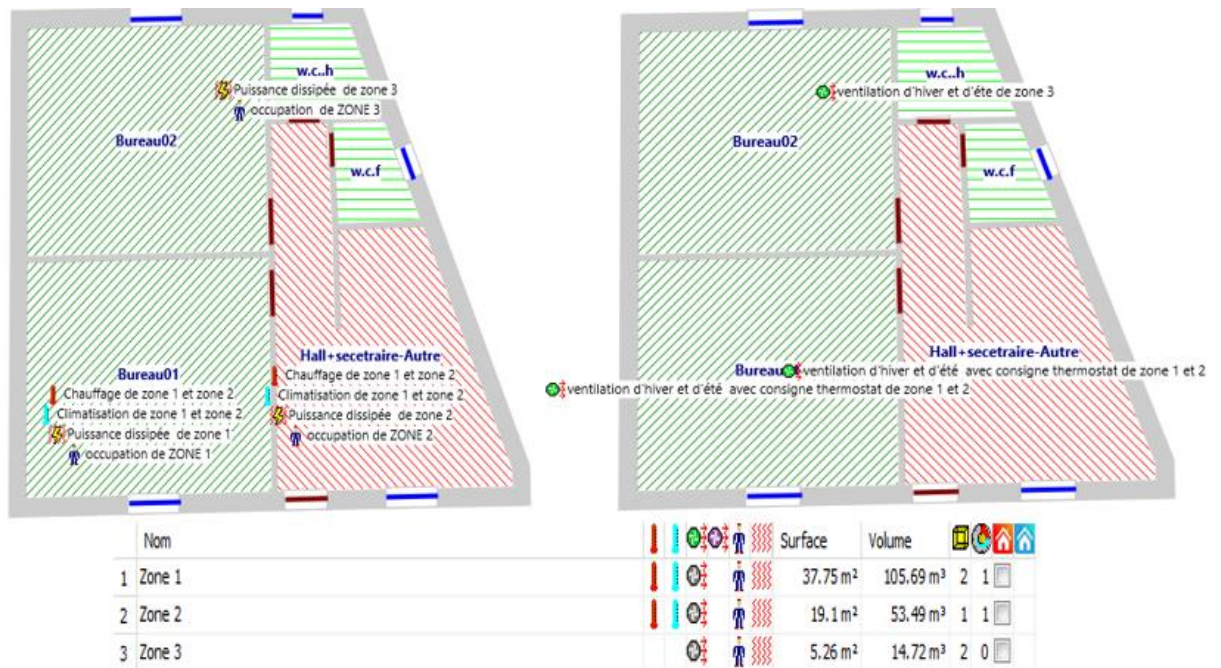


Figure III.32 : Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan

### 1.5) Définir Les ponts thermiques



Figure III.33 : Les ponts thermiques

## 2) Bloc pédagogique

### 2.1) Donnes de construction :

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: Mur interieur | Paroi interne: Mur interieur

Plancher intermédiaire: | Plancher bas: planche bas | Pl. bas sur extérieur: | Toiture / Pl.haut: planche haute

États de surface par défaut

Face externe: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.4) | Face interne: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.5)

Plancher: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.3) | Plafond: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.7)

Toiture externe: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.2) | Masques intégrés: Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.4)

Menuiseries par défaut

Fenêtres: Fen 1 bat bois des classes | Hauteur de fenêtre par défaut: 1.15 m | Largeur de fenêtre par défaut: 1.5 m

Appui: | Allège: 0.9 m | Retrait: 0.2 m | Nu intérieur:

Portes: Porte bois extérieure des 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 | Angle sortant: 0° < angle sortant < 135°

Plancher inter.: | Angle rentrant: 225° < angle rentrant < 360°

Plancher bas: a.1 - Pl. bas sur TP / mur extérieur |

Mur de refend (T): d.2 - Mur / refend |

Figure III.34 : les donnes de construction de bloc pédagogique

### 2.2) Plan :

➤ Dessine le plan :

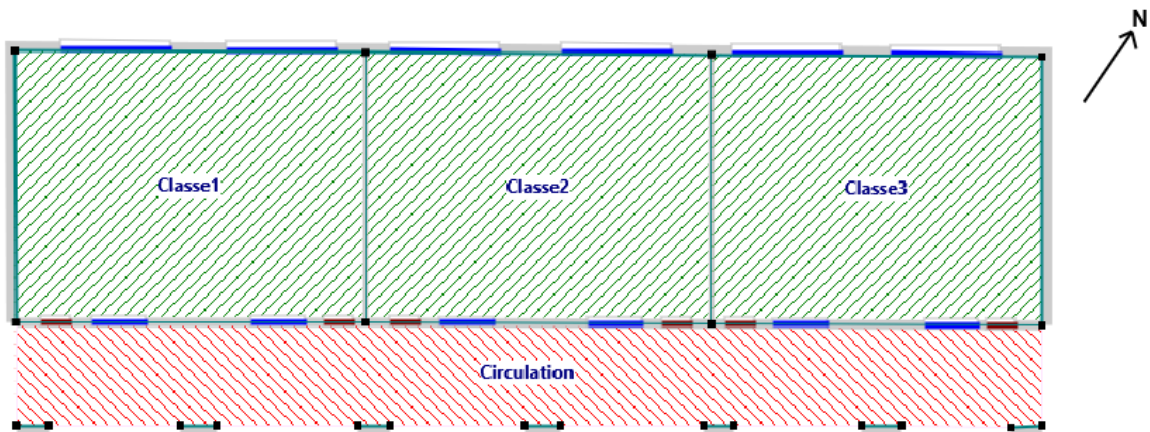
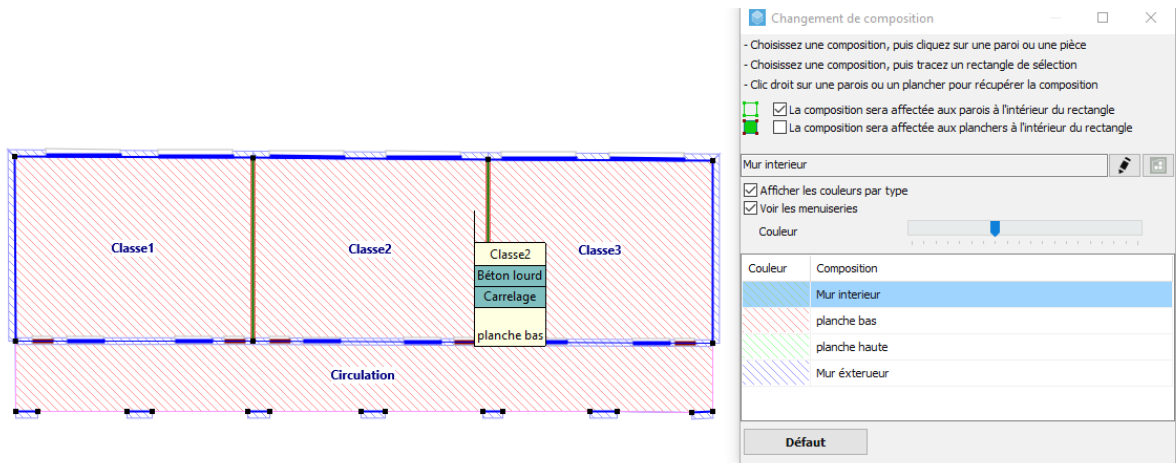


Figure III.35 : plan de bloc pédagogique

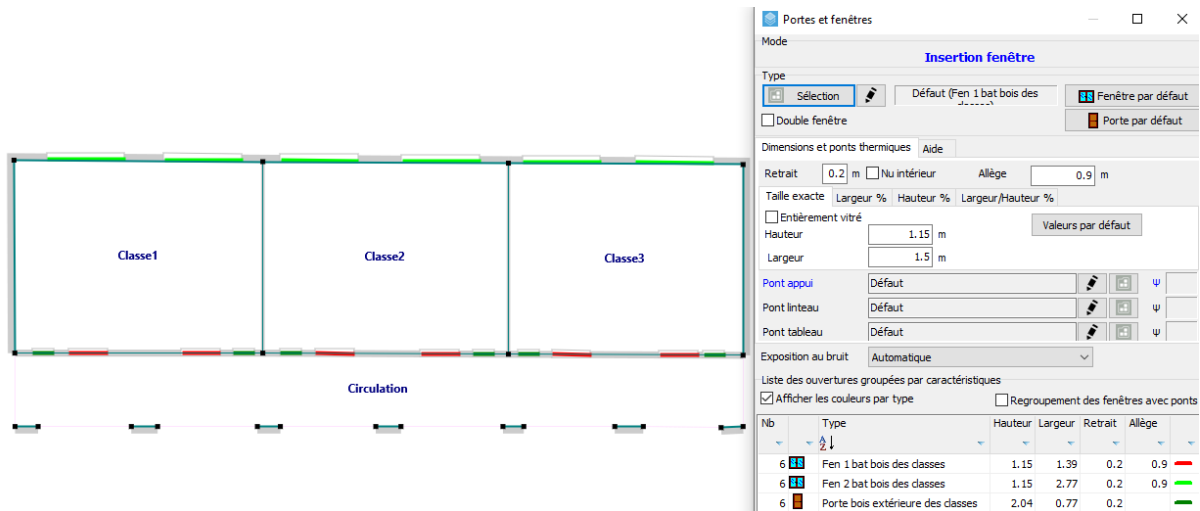
On dessine le plan et définir les compositions suivantes :

➤ Caractéristique des murs



**Figure III.36 :** les compositions des murs

➤ Caractéristique des ouvertures

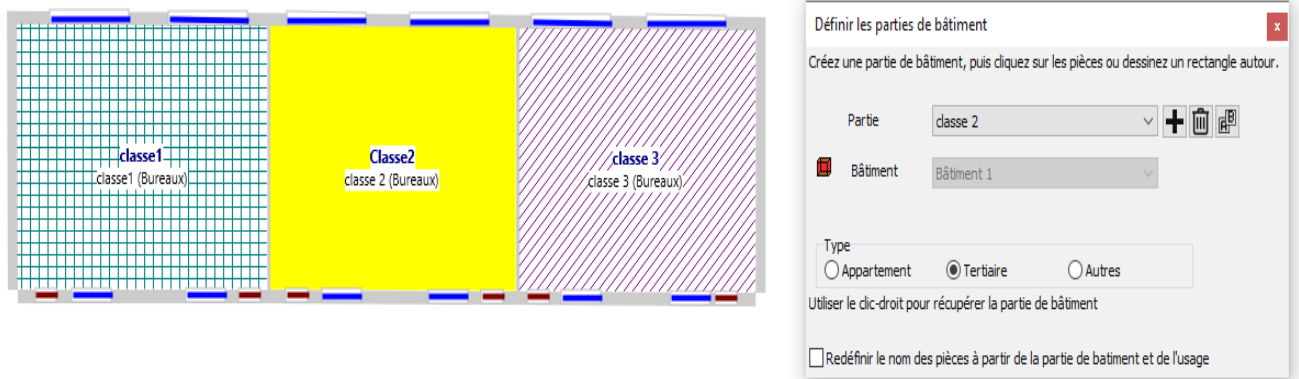


**Figure III.37:** les caractéristiques des ouvertures de bloc pédagogique

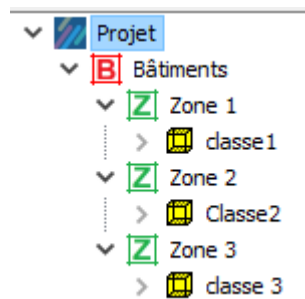
➤ Indentification des pièces et Indentification des zones

La zone de circulation est considérée comme extérieure, ce qui signifie qu'elle ne bénéficie ni de chauffage ni de climatisation, alors Cette circulation ne peut pas être identifiée comme une pièce ou une zone.





**Figure III.38** : indentation des pièces et les parties de bloc pédagogique



**Figure III.39** : Les zones de bloc A.D.M



**Figure III.40**: la forme 3D de bloc pédagogique

## 2.3) Définir les scénarios de fonctionnement :

### ➤ Le scénario d'occupation :

laibi ▶

Nom : occupation

Complément :

Origine :

Type : Occupation

Relatif(%) à la valeur de base    Unité : Occupants

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

Valeurs

+ S	Nom	Valeur	Unité
○	Valeur	41	Occupants

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
○	Jour									41	41	41	41		41	41	41	41	41						

Semaines

+ S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
○	Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour			Jour

Afficher le nom

Figure III.41 : scénario d'occupation de zone

### ➤ Le scénario de consigne thermostat

Nom : Chauffage |

Complément :

Origine :

Type : Température

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

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

Valeurs

+ S	Nom	Valeur	Unité
○	Valeur	20	°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
○	Jour	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

+ S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
○	Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour			Jour

Afficher le nom

Figure III.42 : scénario de consigne thermostat chauffage



Nom: Climatisation

Complément:

Origine:

Type: Température

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

Valeur/Jour/Semaine Année

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					

Semaines

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

**Figure III.43:** scénario de consigne thermostat climatisation

➤ **Scénario de ventilation :**

Nous avons proposé un débit de **0.6 vol/h**

Nom: ventilation d'hiver et d'été sans consigne thermostat

Complément:

Origine:

Type: Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base    Valeur de base: 0.6    Unité: vol/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur 1	100	%
<input type="radio"/>	Valeur	20	%

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"/>	hiver	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<input type="radio"/>	été	20	20	20	20	20	20	20	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="radio"/>	semaine d'hiver	hiver	hiver	hiver	hiver			hiver
<input type="radio"/>	semaine d'été	été	été	été	été			été

**Figure III.44:** Ventilation d'hiver et d'été sans consigne thermostat

Nom: ventilation d'hiver et d'été avec consigne thermostat |

Complément:

Origine:

Type: Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 0.6 Unité: vol/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur 2	20	%

Jours

Afficher le nom

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	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
semaine	jour	jour	jour	jour			jour

**FigureIII.45** : infiltration d'hiver et d'été avec consigne thermostat

**Scénario de puissance dissipée**

**Tableau III.3** : puissance dissipée des appareils électriques de bloc pédagogique

Les zones	Lampes (33 watts)	Puissance dissipée(w)
<b>1 Classe</b>	5	165

Nom: puissance

Complément:

Origine:

Type: Puissance

Relatif(%) à la valeur de base Unité: W

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	165	W

Jours

Afficher le nom

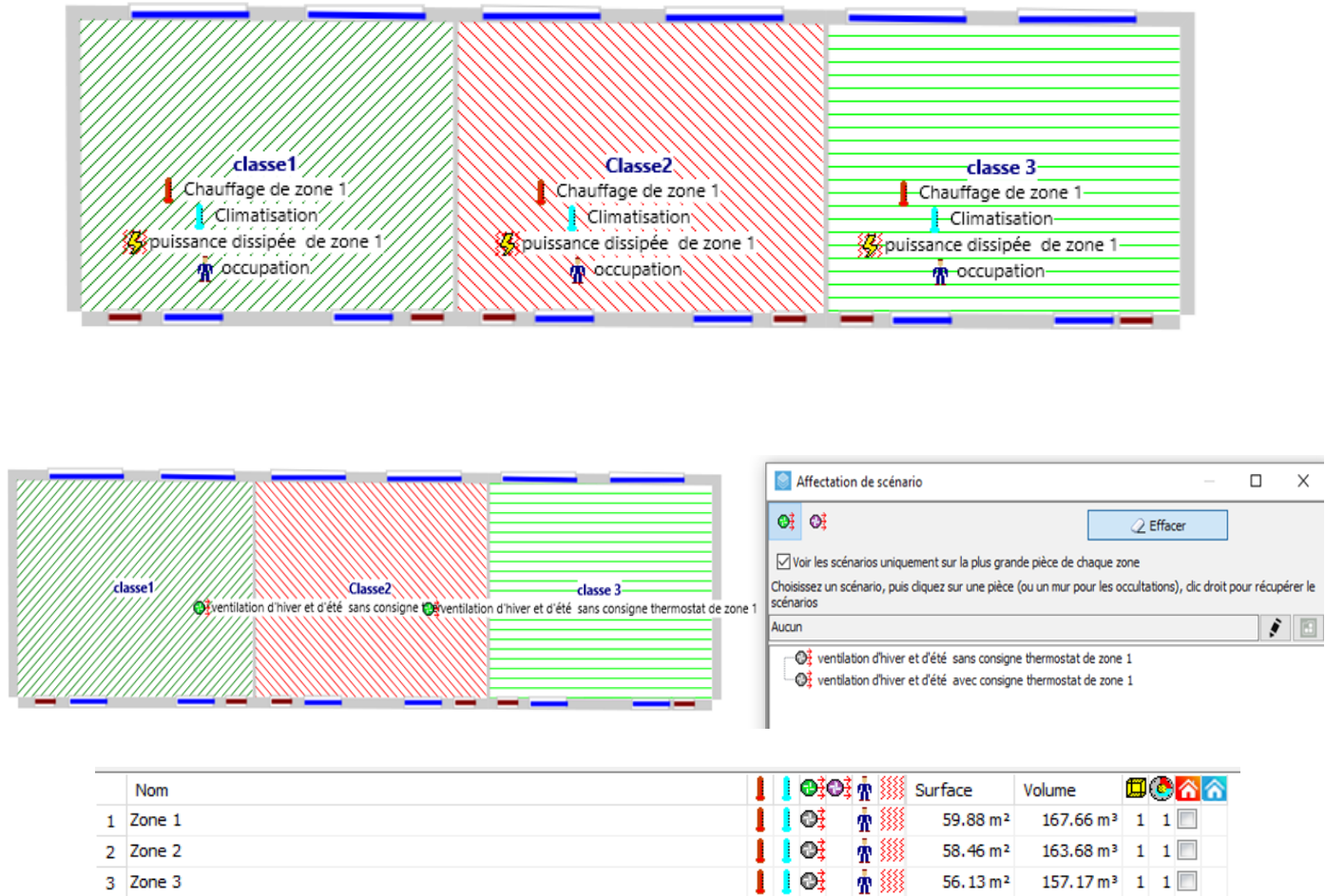
S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	Jour									165	165	165	165	165	165	165	165	165	165						

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
semaine	Jour	Jour	Jour	Jour			Jour

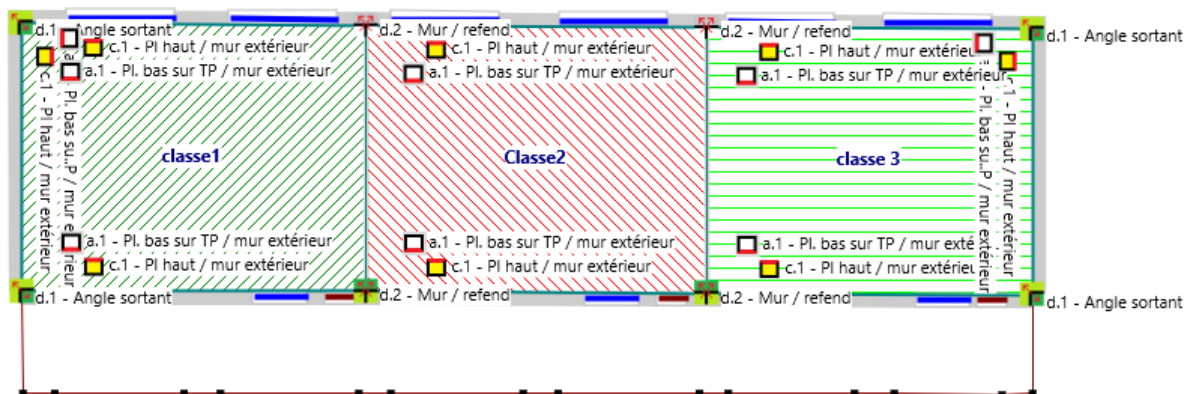
**FigureIII.46** : Puissance dissipée de zone

## 2.4) Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan :



FigureIII.47 : Définir les scénarios de fonctionnement dans le plan

## 2.5) Définir Les ponts thermiques :

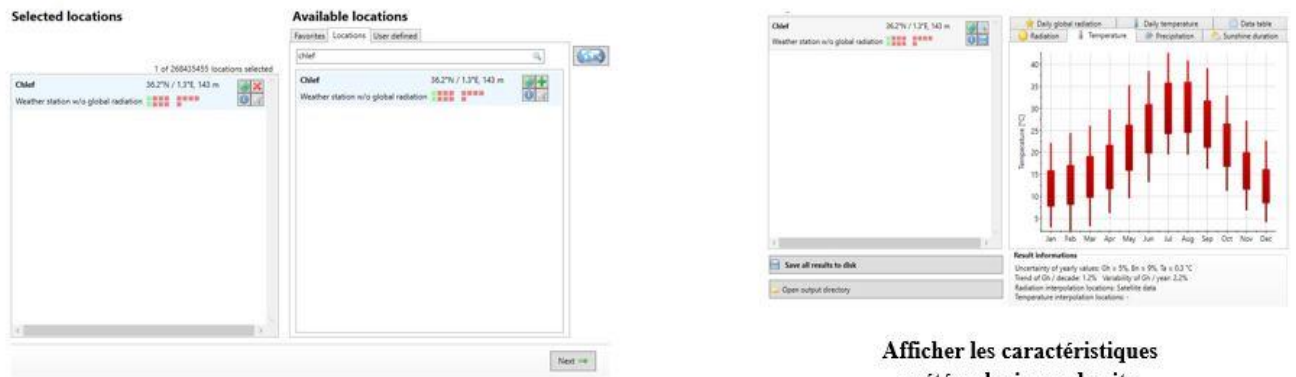


FigureIII.48 : Les ponts thermiques

### 3) Identification de la station météorologique :

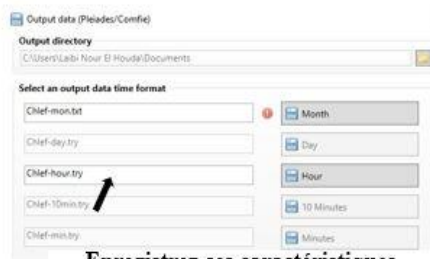
Utiliser les données météorologiques spécifiques du lieu d'étude

#### Sous Meteonorm :



Sélection du site

Afficher les caractéristiques météorologiques du site



Enregistrez ces caractéristiques comme Try

Figure III.49: les étapes de enregistrer les données météorologiques

#### Sous Modeleur :

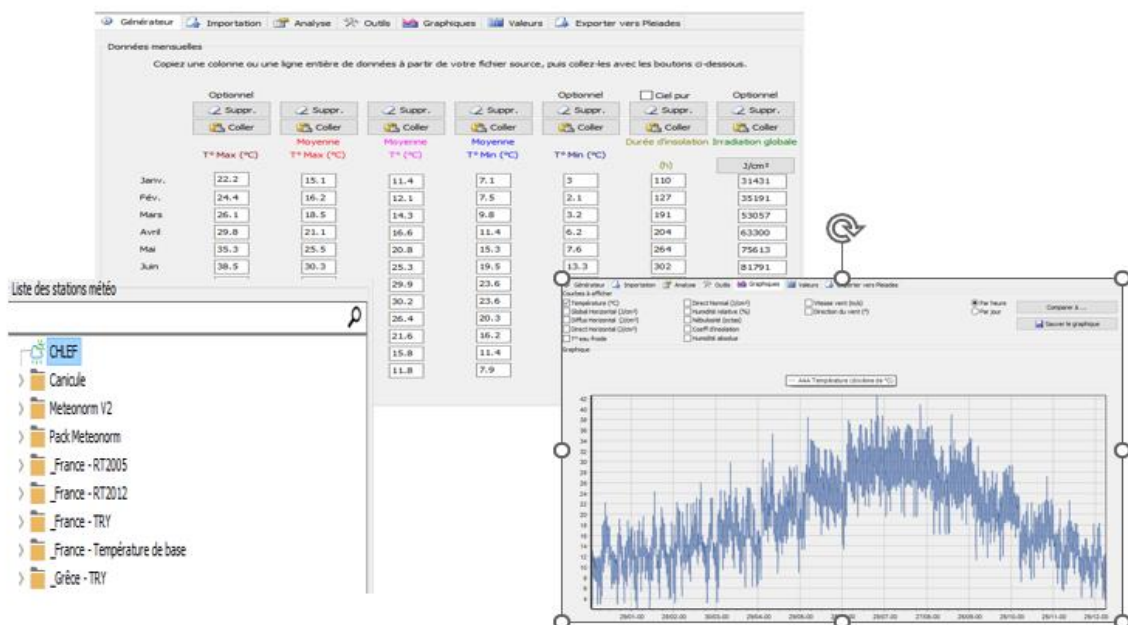


Figure III.50: Les données météorologiques ont été ajoutées sur Modeleur

#### 4) Lancement de la simulation:

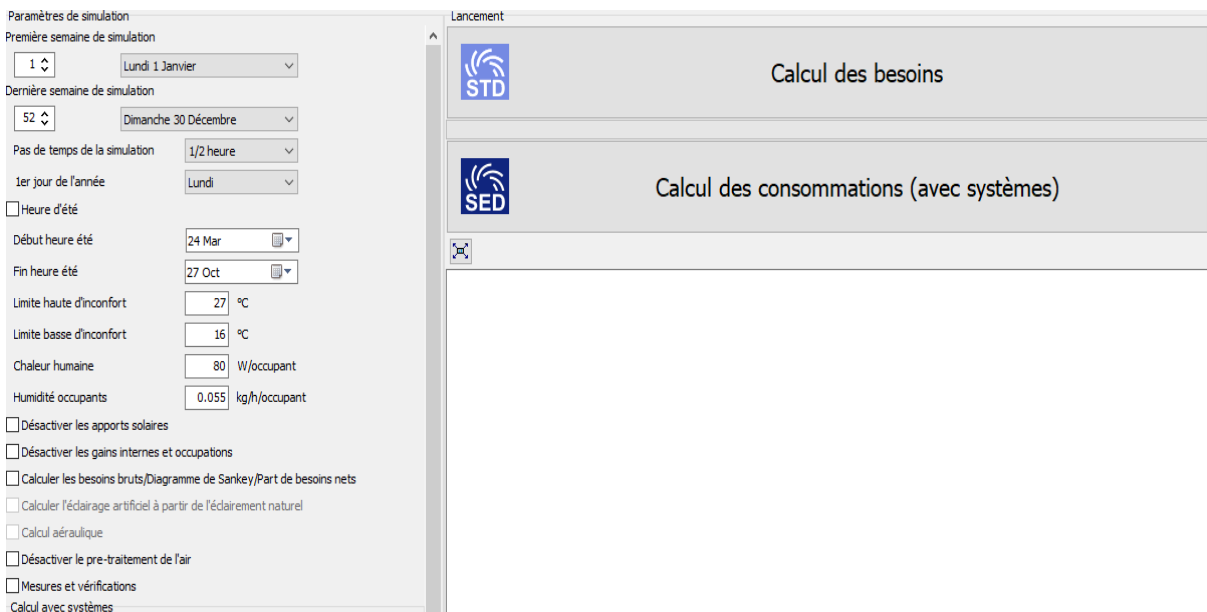


Figure III.51: lancement de la simulation

#### III.2) Méthodologie de travail :

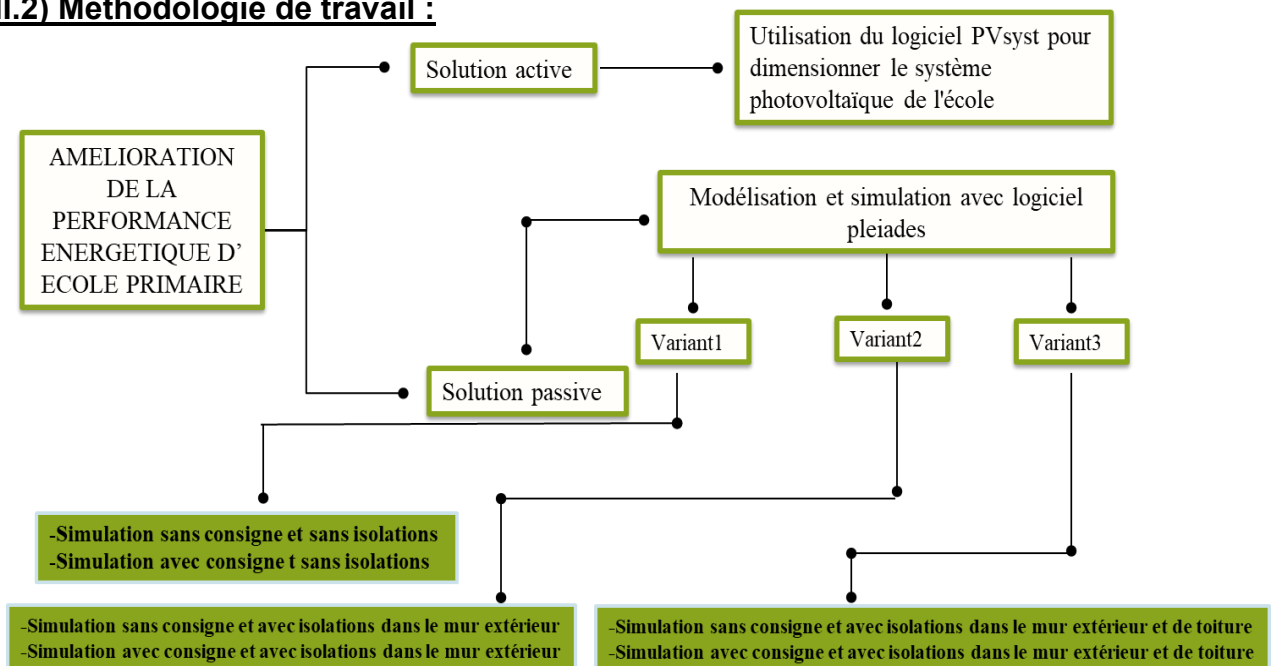


Figure III.52 : méthodologie de travail

##### III.2.1) Variante 02

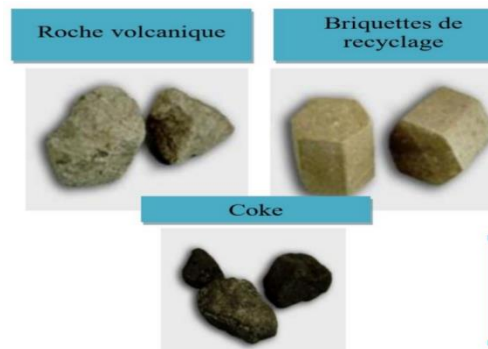
Au cours de notre étude, nous avons exploré diverses solutions passives pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment. L'une de ces mesures consiste à isoler les murs extérieurs afin de réduire les pertes de chaleur et limiter les transferts thermiques entre l'intérieur et l'extérieur de la structure.

### **III.2.1.1) La Lain de roche :**

La laine de roche est un matériau durable qui présente de nombreux avantages, notamment des performances acoustiques, thermiques, une efficacité énergétique et une protection contre l'incendie. En utilisant de l'isolation en laine de roche, on peut améliorer la qualité de vie au quotidien en offrant confort, bien-être et sécurité. La laine de roche fait partie de la famille des laines minérales et agit comme un tampon contre les variations de températures. Le produit de laine de roche de ROCKWOOL conserve l'air chaud ou froid là où il est le plus nécessaire. [26]

### **III.2.1.2) les différents composants de laine de roche.**

Laine de roche produite par fusion de basalte ou de laitier, De hauts fourneaux, avec fondants et coke [27]



**Figure III.53:** les différents composants de laine de roche. [27]

### **III.2.1.3) Catégorie d'isolation à la laine de roche :**



**Figure III.54 :** les catégories d'isolation à la laine de roche [27]

### III.2.1.4) Les propriétés physiques de laine de roche

Le tableau ci-dessous représente les propriétés physiques de la laine de roche.

**Tableau III.4:** les propriétés physiques de la laine de roche [28]

Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	28 à 150
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m. °C	0.030 à 0.045
Capacité thermique massique Cp J/ (kg. K)	800 à 1000
Perméabilité à la vapeur d'eau $\mu$	1 à 2

Pour mettre en œuvre cette solution, nous avons ajouté une couche d'isolation à base de laine de roche d'une épaisseur de 10 cm aux murs extérieurs du bâtiment.

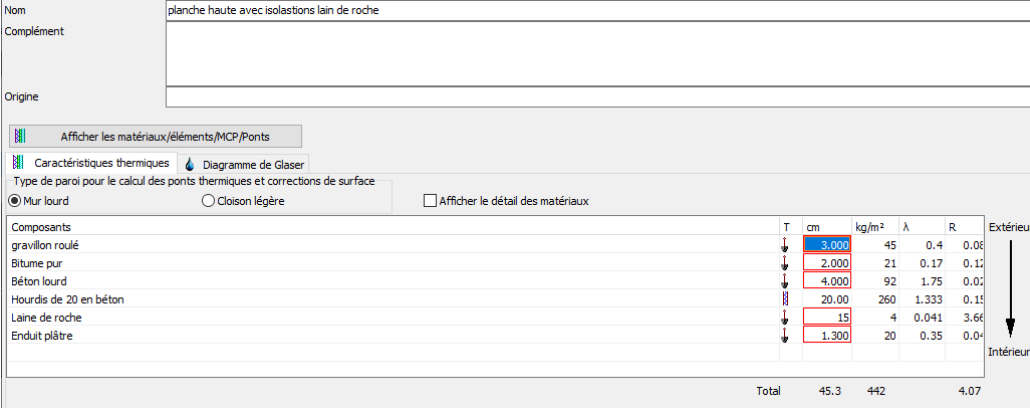
Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$	R	
Mortier	↓	2.000	40	1.15	0.00	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Laine de roche	↓	10.000	3	0.041	2.44	
Brique creuse de 10 cm	↓	10.00	69	0.476	0.21	
Enduit plâtre	↓	1.300	20	0.35	0.00	
Total		33.3	201		2.92	

**Figure III.55 :** de la composition de mur extérieure avec isolations de laine de roche

### III.2.2) Variante 3 :

En isolant le toit et le mur extérieure, nous créons une barrière supplémentaire contre les variations de température extérieure, ce qui permet de maintenir une température plus stable à l'intérieur du bâtiment

Pour mettre en œuvre cette solution, nous avons ajouté une couche d'isolation à base de laine de roche d'une épaisseur de 10 cm aux murs extérieurs du bâtiment et de toiture de 15 cm



Composants	T	cm	kg/m <sup>3</sup>	λ	R	
gravillon roulé	↓	3.000	45	0.4	0.08	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	
Laine de roche	↓	15	4	0.041	3.66	
Enduit plâtre	↓	1.300	20	0.35	0.04	
Total		45.3	442		4.07	

Figure III.56 : la composition de la toiture avec isolations de Laine de roche

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit la simulation thermique dynamique et fourni une présentation des logiciels utilisés pour mener cette étude, et 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 IV

### Résultat et discussion

#### **Introduction :**

Après avoir réalisé les simulations thermiques dynamiques, nous présentons dans cette chapitre les résultats obtenus ainsi que les discussions qui en découlent et Nous évaluons les performances des différentes variantes étudiées.

#### **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 dans La toiture et les murs extérieurs

## **IV.1) les résultats :**

### **IV.1.1 Sans consigne de thermostat :**

#### **1) Bloc administratif :**

##### **Variante 1 :**

La simulation sans consigne de thermostat de cas initial nous offre la possibilité d'étudier le comportement du bâtiment sans utilisation de chauffage ou de climatisation, Ces informations sont utiles pour identifier les améliorations potentielles à apporter à l'enveloppe du bâtiment et à optimiser ses performances énergétiques et de confort.

**Tableau IV.1** : Les variations de la température sans consigne thermostat de cas initiale de bloc administratif

<b>Zones</b>	<b>T° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	<b>9.20</b>	<b>39.80</b>
<b>Zone 1</b>	<b>9.40</b>	<b>38.30</b>
<b>Zone 2</b>	<b>9.60</b>	<b>38.30</b>
<b>Zone 3</b>	<b>9.20</b>	<b>39.80</b>

##### **Variante 2 :**

Au cours de notre étude, nous avons exploré diverses solutions passives pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment. L'une de ces mesures consiste à isoler les murs extérieurs afin de réduire les pertes de chaleur et limiter les transferts thermiques entre l'intérieur et l'extérieur de la structure.

Pour mettre en œuvre cette solution, nous avons ajouté une couche d'isolation à base de laine de roche d'une épaisseur de 10 cm aux murs extérieurs du bâtiment.

**Tableau IV.2:** Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieur de bloc administratif

	<b>T° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	<b>9.20</b>	<b>39.80</b>
<b>Zone 1</b>	<b>9.40</b>	<b>38.30</b>
<b>Zone 2</b>	<b>9.60</b>	<b>38.30</b>
<b>Zone 3</b>	<b>9.20</b>	<b>39.80</b>

### **Variante 3**

En isolant le toit et le mur extérieure, nous créons une barrière supplémentaire contre les variations de température extérieure, ce qui permet de maintenir une température plus stable à l'intérieur du bâtiment

Pour mettre en œuvre cette solution, nous avons ajouté une couche d'isolation à base de laine de roche d'une épaisseur de 10 cm aux murs extérieurs du bâtiment et de toiture de 15 cm

**Tableau IV.3 :** Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture de bloc administratif

<b>Zones</b>	<b>T° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	<b>10.20</b>	<b>38.60</b>
<b>Zone 1</b>	<b>10.40</b>	<b>37.60</b>
<b>Zone 2</b>	<b>10.60</b>	<b>37.60</b>
<b>Zone 3</b>	<b>10.50</b>	<b>38.60</b>

### **Interprétation des tableaux :**

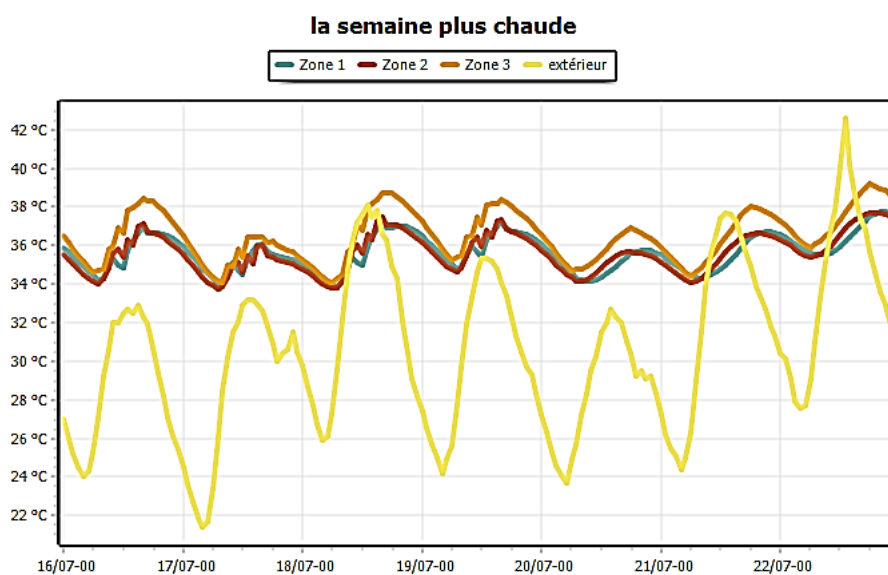
Le tableau présente les variations de température dans chaque zone du bâtiment, sans consigne et sans isolation.

Les températures minimales vont de 9,20°C à 9,60°C, indiquant des températures similaires et froides. Les températures maximales varient de 38,30°C à 39,80°C, montrant la présence de zones atteignant des températures élevées.

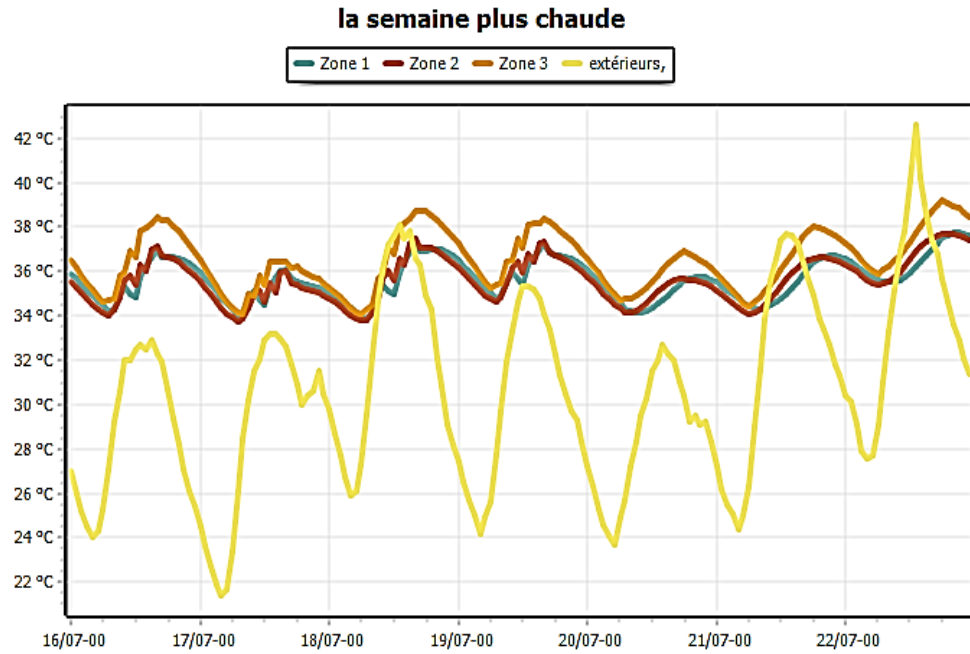
Après l'ajout d'isolation sur le mur extérieur, les températures minimales restent constantes à 9,20°C dans toutes les zones, et les températures maximales atteignent 39,80°C dans l'ensemble.

L'ajout d'isolation sur le toit en plus de l'isolation murale entraîne des améliorations avec des températures minimales allant de 10,40°C à 10,60°C dans toutes les zones, et des températures maximales de 37,60°C à 38,60°C.

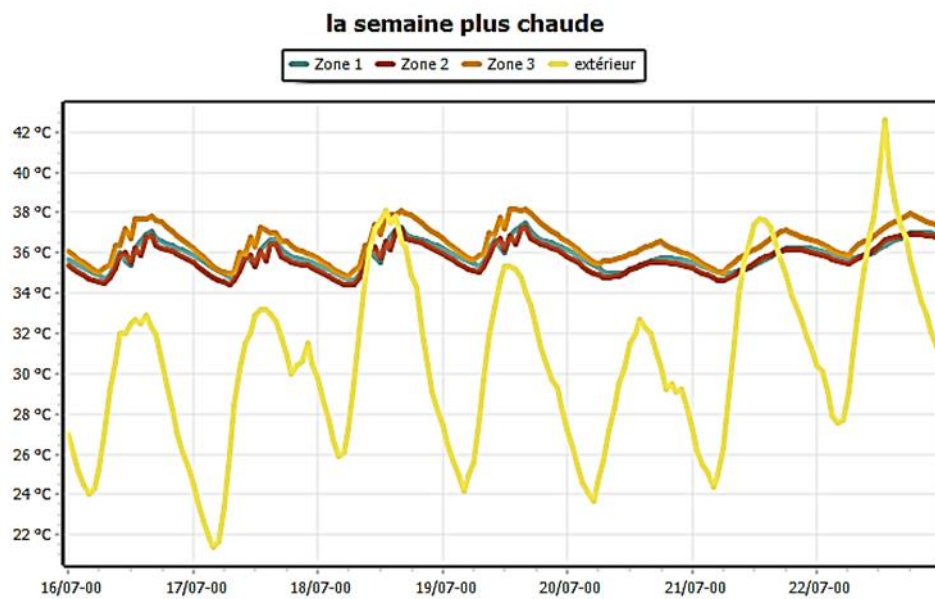
**Pour la période estivale :**



**Figure IV.1:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 1



**Figure IV.2:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 2



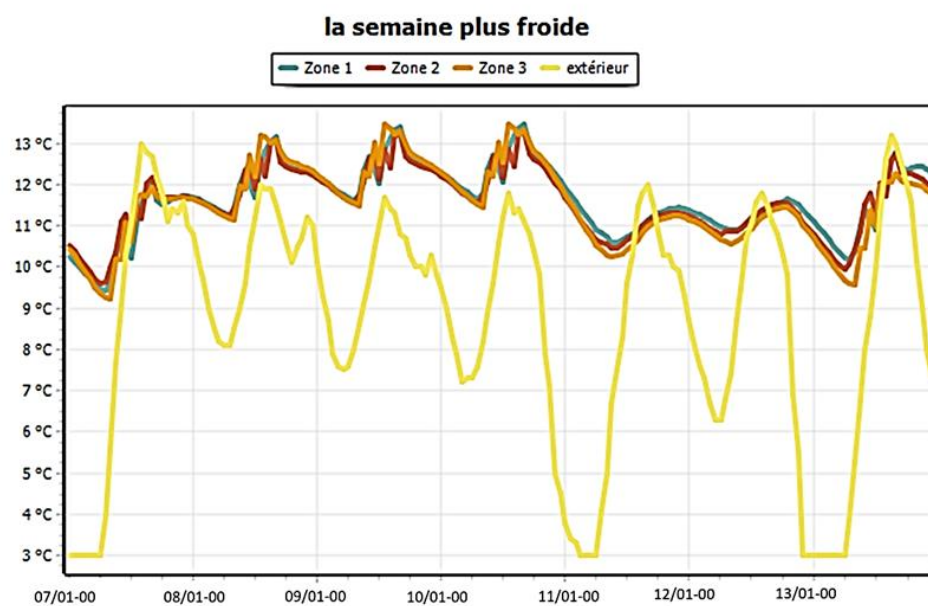
**Figure IV.3:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 3

**Interprétation des graphes :**

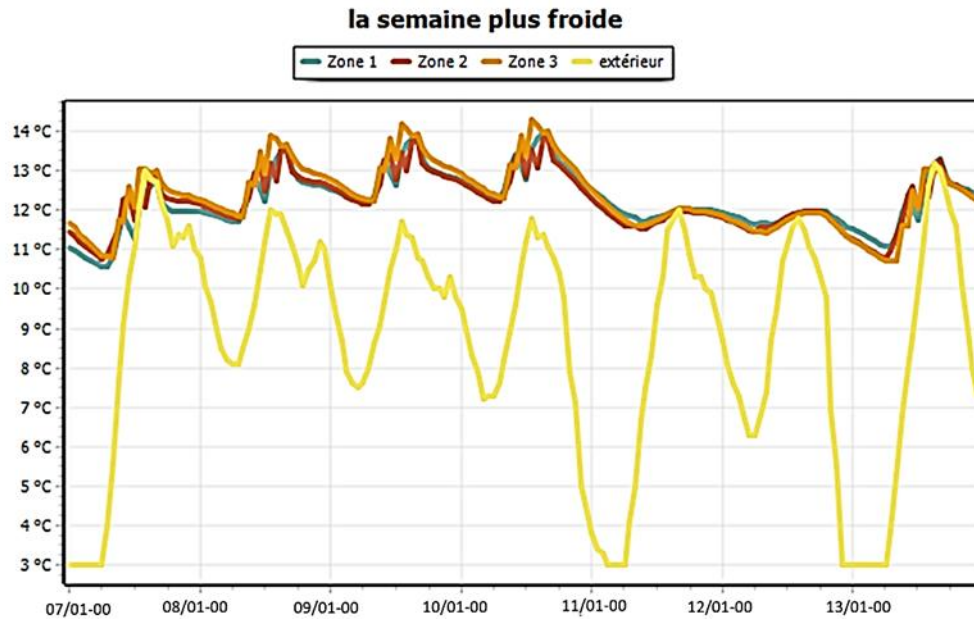
Dans toutes les variantes, les températures extérieures varient de manière significative, oscillant entre 22°C et 38°C. Avant l'ajout d'isolation, les zones intérieures

(1,2et 3) affichent des températures plus élevées (entre 36°C et 38,5°C) que l'extérieur en raison de l'exposition prolongée au soleil, de la présence d'appareils électriques générant de la chaleur et de la contribution thermique des occupants. Les zones 1 et 2 présentent des températures similaires en raison de leurs caractéristiques communes, tandis que la zone 3 (w.c) enregistre des températures particulièrement élevées. Après l'ajout d'isolation au niveau du mur extérieur, les températures intérieures restent élevées avec de légères variations, et l'ajout d'isolation supplémentaire au niveau du toit et du mur extérieur entraîne également des variations légères des températures intérieures. Dans l'ensemble, l'isolation améliore la régulation thermique et réduit les écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur. Après le 20 juillet, les températures diminuent légèrement en raison du départ des travailleurs en congé et de la réduction de l'utilisation d'équipements générant de la chaleur.

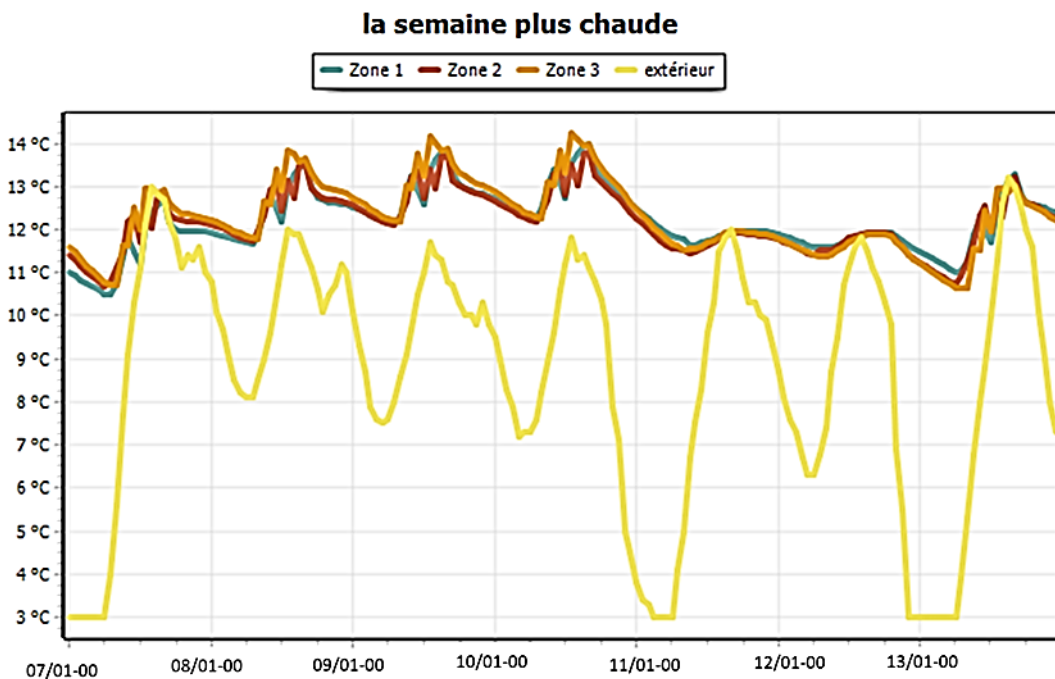
**Pour la Période hivernale :**



**Figure IV.4 :** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 1



**Figure IV.5:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 2



**Figure IV.6:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 3

**Interprétation des graphes :**

Les données confirment que la semaine la plus froide de l'année se situe du 7 au 13 janvier, avec des températures extérieures variant de 3°C à 13°C. Les zones intérieures (zones 1, 2 et 3) présentent des températures relativement élevées,

entre 10°C et 13°C, par rapport à l'extérieur, en raison de l'exposition solaire directe, de la présence d'occupants et d'appareils électriques générant de la chaleur.

Avec l'ajout d'isolation du la mur extruire l est similaire à la situation sans isolation. Cependant, les zones intérieures (1, 2 et 3) connaissent désormais des températures relativement élevées, oscillant entre 11°C et 14,2°C par rapport à la température extérieure

après l'ajout d'isolation de mur extruire et de toiture , les températures intérieures dans les zones concernées augmentent légèrement, se situant entre 11°C et 14,2°C.

Cette augmentation des températures intérieures peut être attribuée à l'effet isolant des matériaux ajoutés aux murs extérieurs. L'isolation aide à réduire les pertes de chaleur, ce qui maintient les températures intérieures plus élevées que les températures extérieures

La baisse des températures minimales les 12 et 13 janvier peut également être observée, ce qui peut être attribué à la réduction de la présence humaine et à l'arrêt ou à la diminution de l'utilisation d'appareils générant de la chaleur.

## **2 ) Bloc pédagogique :**

### **Variante 1 :**

**Tableau IV.4:** Les variations de la température sans consigne thermostat cas initial de bloc pédagogique

<b>Zones</b>	<b>T° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	<b>8.50</b>	<b>41.40</b>
<b>Zone 1</b>	<b>8.50</b>	<b>40.90</b>
<b>Zone 2</b>	<b>9.10</b>	<b>41.40</b>
<b>Zone 3</b>	<b>8.50</b>	<b>41.40</b>



### Variante 2 :

**Tableau IV.5 :** Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure de bloc pédagogique

Zones	T° Min °C	T° Max °C
Total	8.50	41.40
Zone 1	8.50	40.90
Zone 2	9.10	41.40
Zone 3	8.50	41.40

### Variante 3 :

**Tableau IV.6:** Les variations de la température sans consigne thermostat et avec isolation de mur extérieur et de toiture de bloc pédagogique

Zones	T° Min °C	T° Max °C
Total	9.40	43.30
Zone 1	9.50	42.50
Zone 2	10.40	43.30
Zone 3	9.40	43.10

### Interprétation des tableaux :

Dans la variante 1, sans isolation, les températures fluctuent entre 8,50°C et 41,40°C. Ces températures peuvent être inconfortables pour les occupants, notamment pendant les périodes de chaleur intense.

Dans la variante 2, avec l'ajout d'isolation aux murs extérieurs, les températures restent similaires, avec une légère amélioration. Les températures varient entre 9,40°C et 42,30°C, ce qui suggère un léger impact positif de l'isolation sur les températures intérieures.

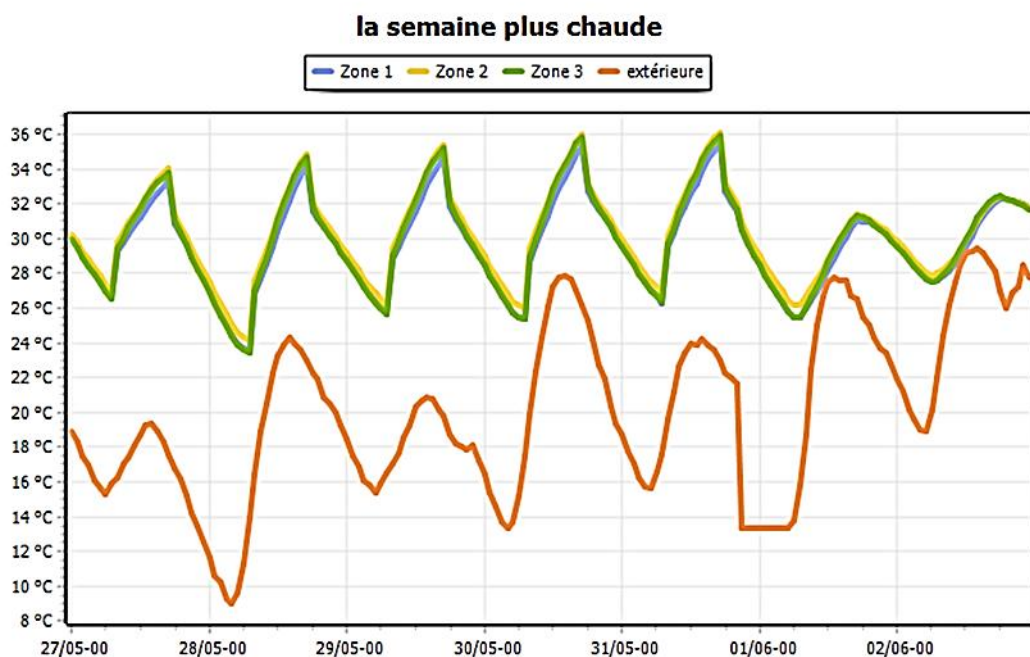
Dans la variante 3, avec l'ajout d'isolation aux murs extérieurs et à la toiture, les températures restent également similaires aux deux autres variantes, avec une légère amélioration. Les températures fluctuent entre 9,40°C et 43,10°C, indiquant que l'isolation supplémentaire a un effet bénéfique sur les températures intérieures.

Les trois variantes présentent des températures intérieures similaires, avec des différences mineures. L'ajout d'isolation aux murs extérieurs et à la toiture dans la variante 3 semble avoir le meilleur impact sur les températures intérieures, mais des

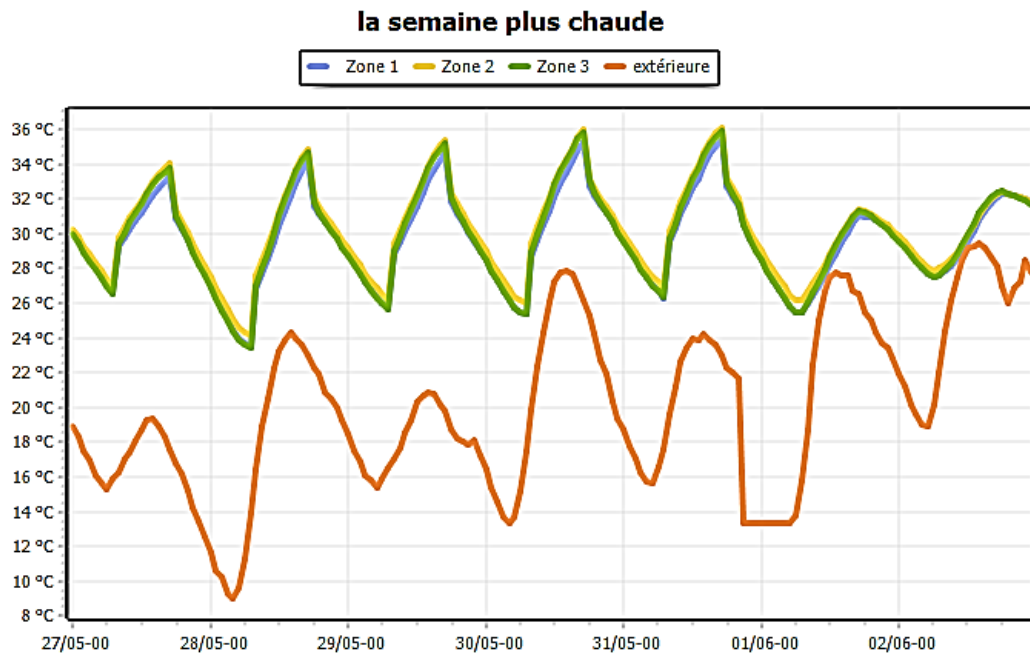
mesures supplémentaires peuvent être nécessaires pour atteindre un niveau de confort thermique optimal dans toutes les zones du bâtiment

**Pour la période estivale :**

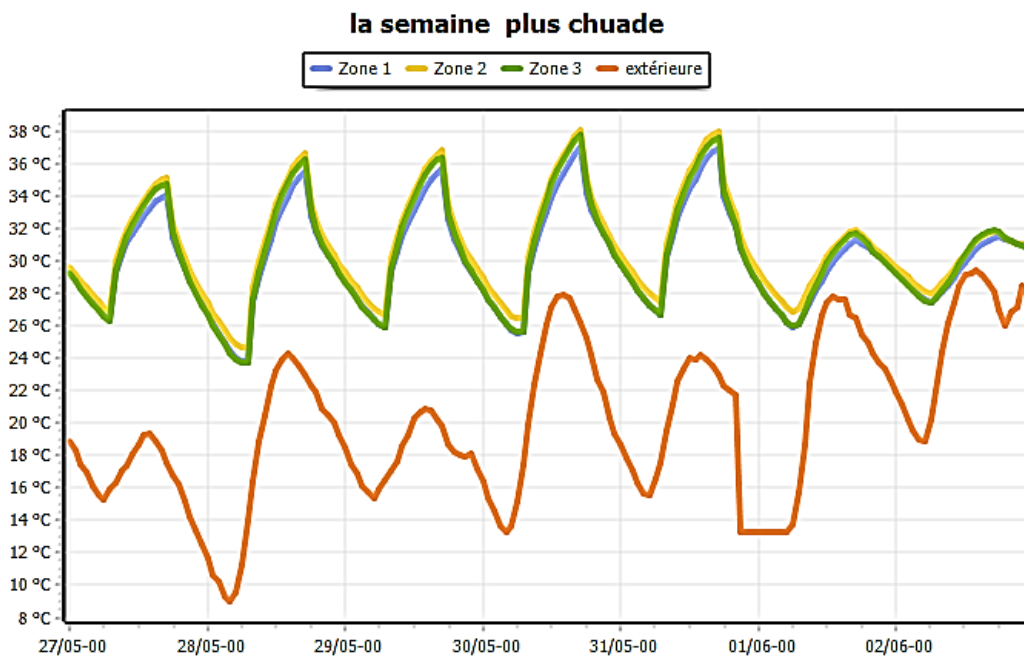
Afin d'obtenir une simulation plus représentative, une autre semaine, juste avant les vacances, a été choisie pour tenir compte de la présence des élèves, qui influence les conditions thermiques à l'intérieur des salles de classe. Cette approche permettra de prendre en compte tous les facteurs pertinents pour une analyse plus réaliste des conditions thermiques dans l'école.



**Figure IV.7:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 1



**Figure IV.8 :** la variation de la température pendant la semaine choisie la plus chaude de bloc pédagogique de variante 2



**Figure IV.9:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 3

### **Interprétation des graphes :**

Le site étudié présente une large variation de température extérieure, allant de 10°C à 30°C, indiquant un environnement extérieur changeant.

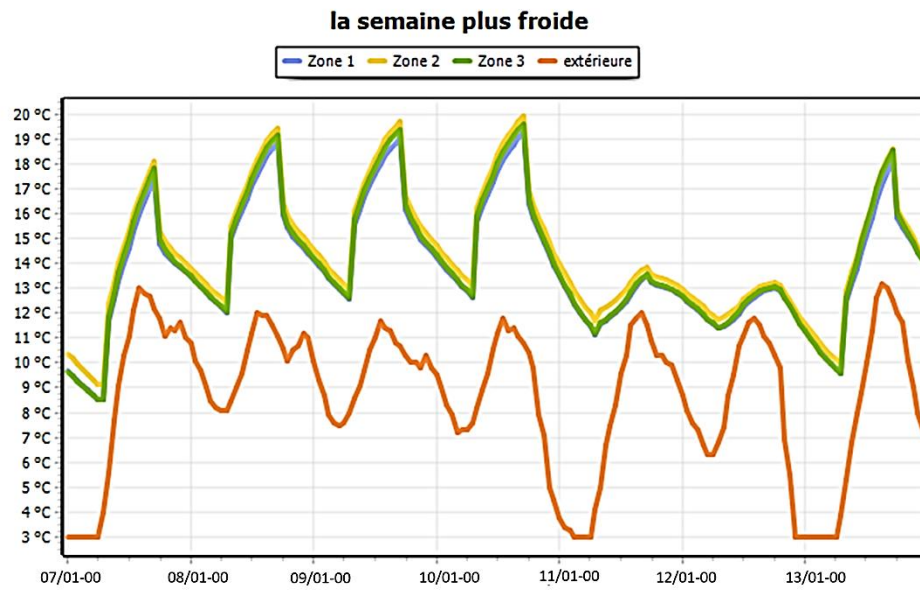
Les températures intérieures dans les zones 1, 2 et 3 sont relativement élevées, variant entre 24°C et 36°C (sans isolation) et entre 24°C et 38°C (avec isolation) par rapport à la température extérieure.

Dans les différentes zones du bâtiment, plusieurs facteurs contribuent à l'augmentation de la température. L'exposition solaire directe, la contribution thermique des occupants et la présence d'appareils électriques générant de la chaleur sont parmi les principaux éléments responsables.

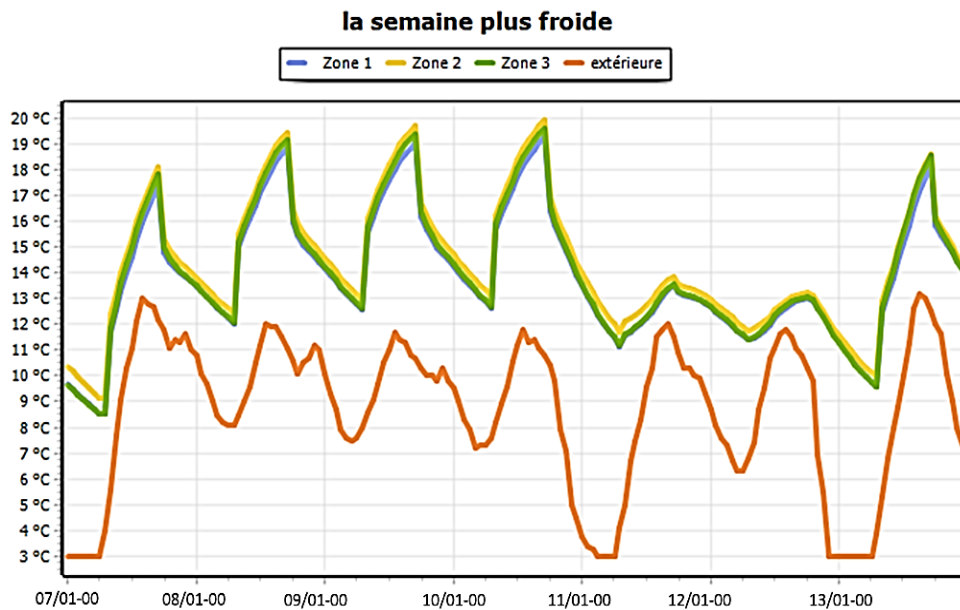
De plus, la faible résistance des éléments constructifs du bâtiment peut également contribuer à cette augmentation de température. Tous ces facteurs combinés peuvent entraîner des variations de température significatives dans les différentes zones, créant ainsi des conditions de chaleur plus élevée. Malgré cela, des températures similaires ont été enregistrées dans toutes les zones en raison de l'application de scénarios identiques.

L'ajout d'isolation aux murs extérieurs et à la toiture a donc apporté une certaine amélioration en maintenant les températures relativement élevées dans les zones 1, 2 et 3. Cependant, il est important de noter que d'autres facteurs, tels que la ventilation et la conception globale du bâtiment, peuvent également influencer les températures intérieures.

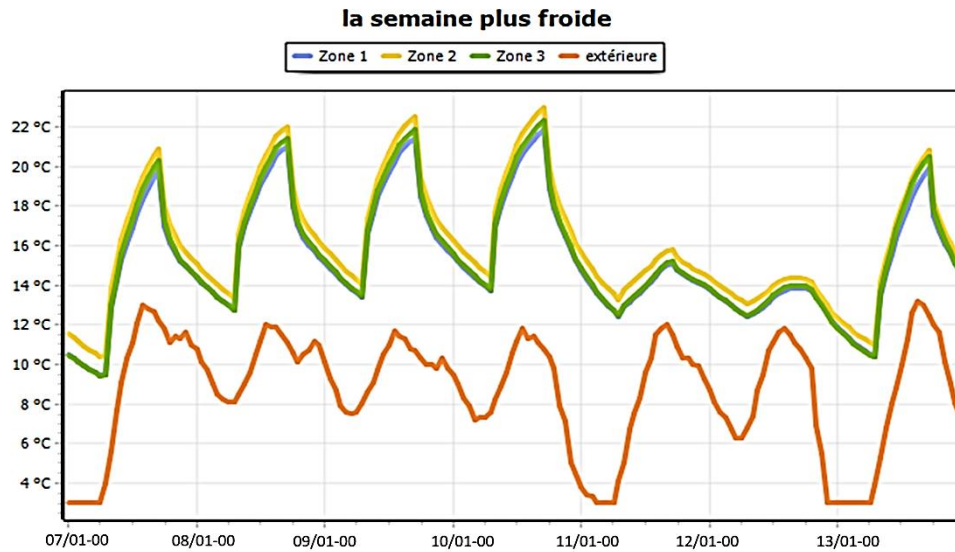
**Pour la Période hivernale :**



**Figure IV.10 :** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 1



**Figure IV.11:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 2



**Figure IV.12:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 3

### Interprétation des graphes :

L'environnement extérieur présente une large variation de température, allant de 3°C à 13°C, indiquant une amplitude significative. Les températures dans les zones 1, 2 et 3 sont relativement élevées, variant entre 10 et 20°C par rapport à la température extérieure. De plus, la faible résistance des éléments constructifs du bâtiment peut également contribuer à cette augmentation de température. Tous ces facteurs combinés peuvent entraîner des variations de température significatives dans les différentes zones, créant ainsi des conditions de chaleur plus élevée.

L'ajout d'isolation aux murs extérieurs n'a pas eu d'impact significatif sur les températures enregistrées dans les différentes zones. Les résultats de la simulation avec isolation sont similaires à ceux de la simulation sans isolation, ce qui suggère que d'autres facteurs peuvent influencer davantage les températures intérieures que l'isolation des murs extérieurs.

Les résultats de la simulation après l'ajout d'isolation aux murs extérieurs et à la toiture montrent que les températures dans les différentes zones sont relativement élevées, variant entre 10 et 22°C par rapport à la température extérieure. Cela suggère que l'isolation a eu un impact positif sur la rétention de la chaleur à l'intérieur des zones étudiées.

La baisse des températures minimales observée les 12 et 13 janvier peut être attribuée à une réduction de la présence humaine et à une diminution de l'utilisation d'appareils générant de la chaleur pendant le week-end, et l'isolation contribue à réduire la déperdition de chaleur pendant ces périodes de moindre activité.

#### **IV.1.2) Avec consigne de thermostat :**

##### **1) Bloc administratif :**

##### **Variante 1**

**Tableau IV.7 :** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et sans isolation de bloc administratif

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m<sup>2</sup>.</b>	<b>T ° Min°C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	1,464.00	26.00	2,187.00	38.00	10.80	38.90
<b>Zone 1</b>	883.00	23.00	1,345.00	36.00	12.90	37.00
<b>Zone 2</b>	581.00	30.00	842.00	44.00	12.60	37.10
<b>Zone 3</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	10.80	38.90

##### **Variante 2**

**Tableau IV.8:** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure de bloc administratif

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch. kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m<sup>2</sup>.</b>	<b>T° Min C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	1464.00	26	2,187.00	38.00	10.80	38.90
<b>Zone 1</b>	883.00	23.00	1,345.00	36.00	12.90	37.00
<b>Zone 2</b>	581.00	30.00	842.00	44.00	12.60	37.10
<b>Zone 3</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	10.80	38.90

### Variante 3 :

**Tableau IV.9:** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture bloc administratif

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m<sup>2</sup>.</b>	<b>T ° Min °C</b>	<b>T ° Max °C</b>
<b>Total</b>	992.00	17.00	1,757.00	31.00	11.90	36.80
<b>Zone 1</b>	590.00	16.00	1,100.00	29.00	13.80	36.00
<b>Zone 2</b>	402.00	21.00	658.0	34.00	13.40	35.90
<b>Zone 3</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	11.90	36.80

### Interprétation des tableaux :

Le tableau de la variante 1 fournit des données détaillées sur les besoins en chauffage et en climatisation, ainsi que sur les températures, pour différentes zones du bâtiment, sans isolation. Les besoins en chauffage sont exprimés en kWh, avec un total global de 1 464 kWh. La zone 1 requiert 883 kWh, tandis que la zone 2 nécessite 581 kWh. Pour la climatisation, les besoins sont également indiqués en kWh, avec un total global de 2 187 kWh. La zone 1 présente des besoins de 1 345 kWh et la zone 2 a des besoins de 84 kWh. Par rapport à la surface, les besoins en chauffage sont de 26 kWh/m<sup>2</sup> et les besoins en climatisation sont de 38 kWh/m<sup>2</sup>. Ces chiffres illustrent la quantité d'énergie requise pour maintenir les conditions de chauffage et de climatisation dans chaque zone sans l'ajout d'isolation.

Le tableau de variante 2 a montré que les besoins en chauffage et en climatisation sont restés les mêmes par rapport aux simulations précédentes. Pour l'ensemble du bâtiment, les besoins en chauffage sont de 1 464 kWh, ce qui équivaut à une consommation de 26 kWh/m<sup>2</sup>. Les besoins en climatisation s'élèvent à 2 187 kWh, avec une consommation de 38 kWh/m<sup>2</sup>. Dans la zone 1, les besoins en chauffage sont de 883 kWh, soit une consommation de 23 kWh/m<sup>2</sup>. Les besoins en climatisation sont de 1 345 kWh, soit une consommation de 36 kWh/m<sup>2</sup>. Dans la zone 2, les besoins en chauffage sont de 581 kWh, avec une consommation de 30 kWh/m<sup>2</sup>. Les besoins en climatisation sont de 842 kWh, soit une consommation de 44 kWh/m<sup>2</sup>. La zone 3 ne nécessite ni chauffage ni



climatisation, donc les besoins sont nuls. L'isolation des murs a permis de maintenir des températures relativement confortables, avec des variations allant de 10,8°C à 38,9°C.

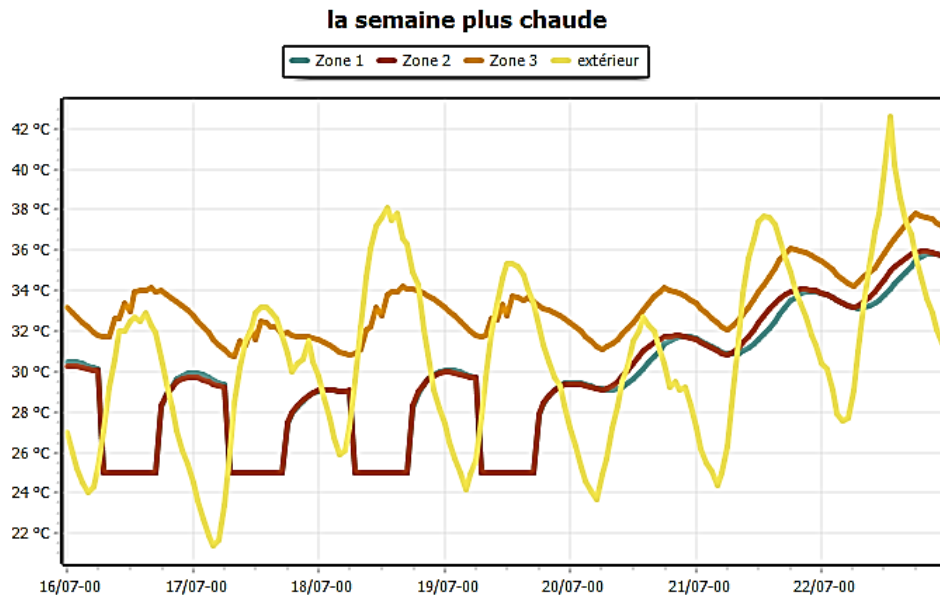
Dans le cas de l'ajout d'isolation de mur extérieur et de toiture, la simulation a révélé des changements significatifs dans les besoins en chauffage et en climatisation, ainsi que dans les températures des différentes zones du bâtiment. Les besoins en chauffage pour l'ensemble du bâtiment ont été réduits à 922 kWh, avec une prédominance dans la zone 1 (590 kWh) et une demande de 402 kWh dans la zone 2. En ce qui concerne la climatisation, l'ensemble du bâtiment nécessite 1 757 kWh, avec une plus grande part dans la zone 1 (1 100 kWh) et une demande de 658 kWh dans la zone 2. La zone 3, correspondant à l'espace WC, ne nécessite ni chauffage ni climatisation.

Les besoins en chauffage et en climatisation par mètre carré sont en moyenne de 17 kWh/m<sup>2</sup> et 31 kWh/m<sup>2</sup> respectivement pour l'ensemble du bâtiment. Ces chiffres permettent d'évaluer l'efficacité énergétique des différentes zones.

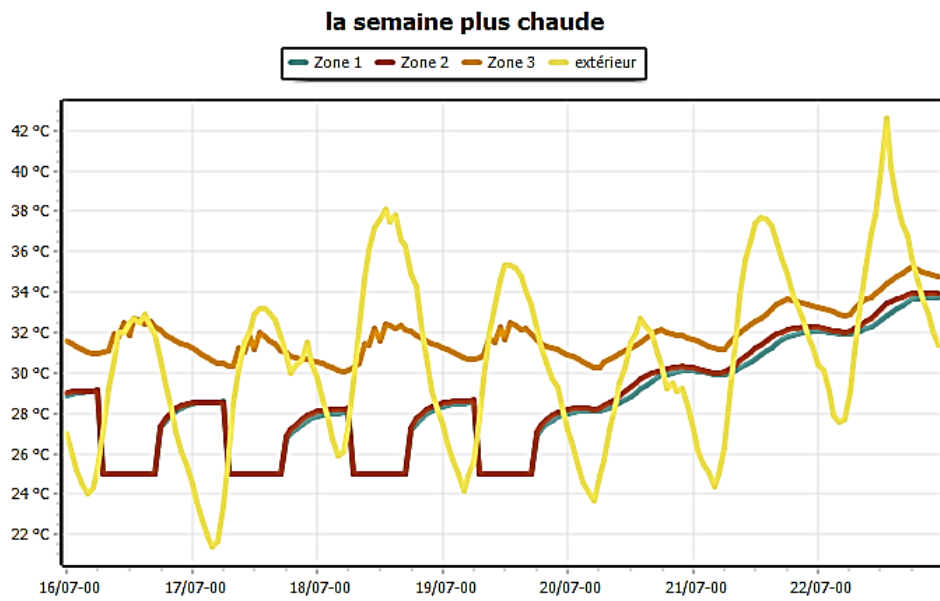
En ce qui concerne les températures, la simulation avec l'ajout d'isolation de mur extérieur et de toiture a montré une amélioration significative. Les températures enregistrées comprennent une valeur minimale de 11,9°C, une température moyenne de 24,2°C et une valeur maximale de 36,8°C. Ces résultats indiquent une meilleure régulation thermique et un confort thermique amélioré dans l'ensemble du bâtiment grâce à l'isolation.

L'ajout d'isolation de mur extérieur et de toiture a un impact positif sur les besoins en chauffage et en climatisation, ainsi que sur les températures, en améliorant l'efficacité énergétique et le confort thermique global du bâtiment

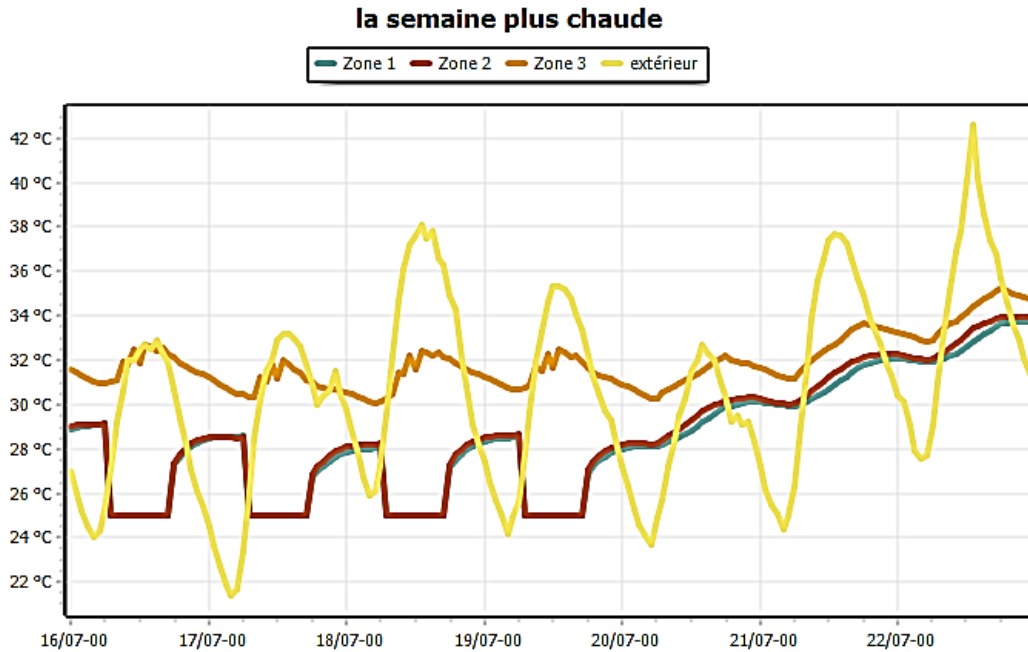
Pour la période estivale :



**Figure IV.13 :** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif de variante 1



**Figure IV.14:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc administratif da variante 2



**Figure IV.15:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc Administratif de variante 3

**Interprétation des graphes :**

Les résultats de la simulation indiquent que l'ajout d'isolation des murs en combinaison avec une consigne de thermostat n'a pas eu d'impact significatif sur la régulation thermique du bâtiment, par rapport à la simulation précédente sans isolation. Les températures enregistrées dans les deux simulations sont restées les mêmes, tant pendant la période estivale.

Cela suggère que l'isolation des murs seule n'a pas suffi à produire une différence observable dans la régulation thermique du bâtiment dans le cadre de cette simulation spécifique. Il est possible que d'autres facteurs, tels que la qualité de l'isolation ou la configuration du bâtiment, aient joué un rôle dans cette absence de différence significative.

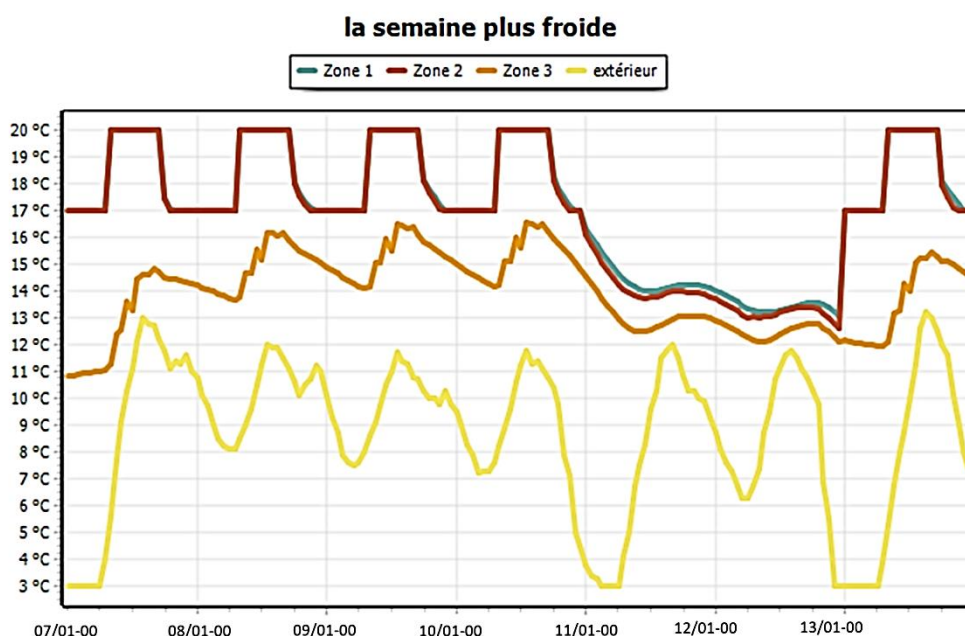
Néanmoins, après l'ajout de l'isolation des murs et de la toiture, la simulation montre que pendant la période du 16 au 20 juillet, caractérisée par des conditions météorologiques très chaudes, la climatisation peut maintenir la température à 25°C dans les zones 1 et 2 grâce à l'isolation qui réduit la pénétration de la chaleur extérieure. Cependant, la température dans ces zones augmente légèrement la nuit, atteignant environ 28,5°C en raison de l'arrêt de la climatisation. L'isolation contribue à limiter la

perte de fraîcheur, mais une légère élévation de la température peut être observée sans la climatisation active.

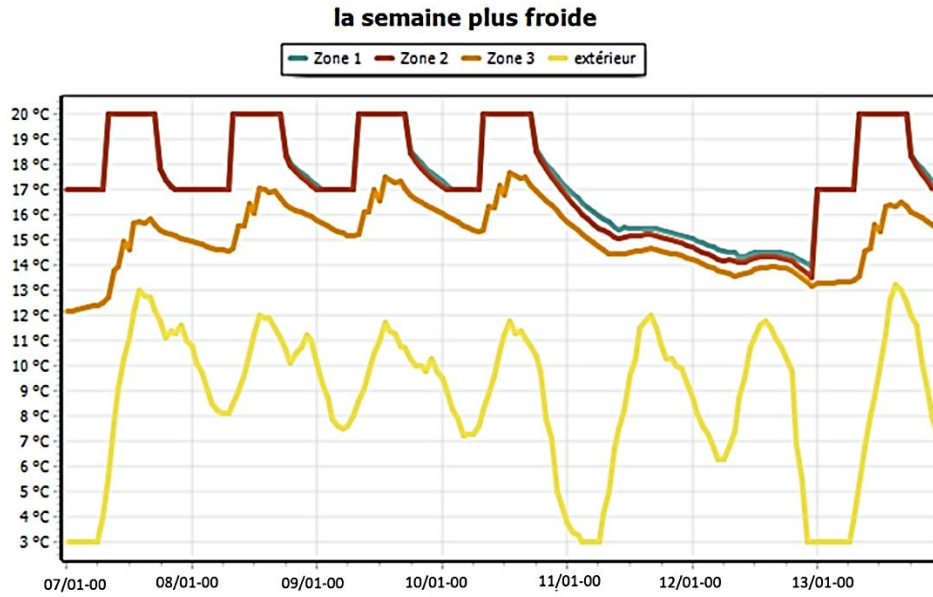
Après le 20 juillet, lorsque la climatisation n'est plus utilisée en raison du départ des travailleurs en congé, les températures augmentent dans toutes les zones. Cependant, grâce à l'isolation des murs et de la toiture, ces températures restent à des niveaux tolérables, évitant ainsi des conditions inconfortables.

L'ajout d'isolation des murs et de la toiture peut aider à limiter la pénétration de la chaleur extérieure et maintenir des températures relativement stables à l'intérieur du bâtiment, même sans climatisation active. Cependant, d'autres mesures et améliorations peuvent être nécessaires pour obtenir une régulation thermique optimale, en prenant en compte des facteurs tels que la qualité de l'isolation, la configuration du bâtiment et les conditions météorologiques spécifiques

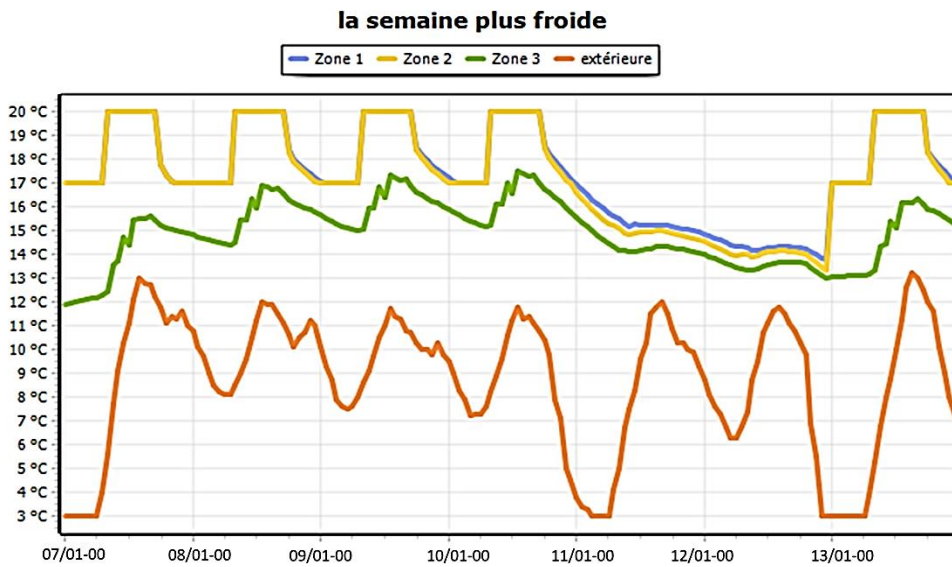
### **Pour la Période hivernale :**



**Figure IV.16 :** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 1



**Figure IV.17:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc administratif de variante 2



**Figure IV.18:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc Administratif de variante 3

### **Interprétation des graphes :**

La simulation de régulation thermique du bâtiment montre que l'ajout d'isolation des murs en combinaison avec une consigne de thermostat n'a pas eu d'impact significatif sur la régulation thermique du bâtiment pendant la semaine la plus froide de l'année, du 7 au 13 janvier. Les températures enregistrées dans les deux simulations sont restées les mêmes, que ce soit pendant la période estivale ou hivernale.

Pendant cette semaine, les températures extérieures varient entre 3°C et 13°C, indiquant des conditions froides. Les bureaux des zones 1 et 2 sont chauffés à 20°C pendant la journée et réduits à 17°C pendant la nuit, ce qui permet de maintenir un environnement confortable pour les occupants. Cependant, la zone 3, qui correspond aux toilettes, n'est pas équipée de chauffage et affiche des températures plus basses, entre 11°C et 13°C.

L'isolation des murs et de la toiture joue un rôle essentiel pendant la semaine la plus froide de l'année. Grâce à elle, les bureaux des zones 1 et 2 sont maintenus à une température confortable de 20°C pendant la journée et de 17°C la nuit, malgré les températures extérieures froides. Cette isolation empêche la chaleur de s'échapper et garantit un environnement thermiquement agréable. En revanche, la zone 3, qui n'est pas équipée de chauffage, enregistre des températures plus basses. Bien que l'échange thermique entre les zones contribue légèrement à augmenter la température dans la zone 3, celle-ci reste inférieure aux autres zones chauffées.

Il est également important de noter que la baisse des températures minimales observée les 12 et 13 janvier est due à la réduction de l'activité humaine et à une utilisation moindre des appareils de chauffage pendant le week-end.

## 2) Bloc pédagogique :

### Variante 1

**Tableau IV.10:** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et sans isolation de bloc pédagogique

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m<sup>2</sup>.</b>	<b>T ° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	4,356.00	24.00	7,037.00	39.00	12.30	41.10
<b>Zone 1</b>	1,597.00	26.00	2,344.00	38.00	12.30	40.80
<b>Zone 2</b>	1,261.00	21.00	2,3736.00	38.00	12.80	40.80
<b>Zone 3</b>	1,489.00	26.00	2,357.00	40.00	12.30	41.10

### Variante 2 :

**Tableau IV.11:** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure bloc pédagogique

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>T ° Min °C</b>	<b>T° Max °C</b>
<b>Total</b>	4,351.00	24.00	7,037.00	39.00	12.30	41.10
<b>Zone 1</b>	1,579.00	26.00	2,344.00	38.00	12.30	40.80
<b>Zone 2</b>	1,261.00	21.00	2,336.00	38.00	12.80	40.80
<b>Zone 3</b>	1,494.00	26.00	2,357.00	40.00	12.30	41.10

### Variant 3 :

**Tableau IV.12:** Les variations de la température et des besoins de chauffage et de climatisation avec consigne thermostat et avec isolation de mur extérieure et de toiture bloc pédagogique

<b>Zones</b>	<b>Besoins Ch. kWh</b>	<b>Besoins Ch kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Besoins Clim kWh.</b>	<b>Besoins Clim kWh/m.</b>	<b>T ° Min °C</b>	<b>T ° Max °C</b>
<b>Total</b>	2,476.00	14.00	6,220.00	34.00	13.10	39.70
<b>Zone 1</b>	940.00	15.00	2,063.00	33.00	13.20	39.30
<b>Zone 2</b>	649.00	11.00	2,058.00	34.00	13.90	39.20
<b>Zone 3</b>	888.00	15.00	2,099.00	36.00	13.10	39.70

### Interprétation de tableau :

Après l'ajout de l'isolation de mur extérieur et de toiture, les besoins en chauffage pour le bloc pédagogique diminuent à 2,476 kWh, avec une moyenne de 14 kWh/m<sup>2</sup>. Cela témoigne d'une réduction significative de la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir une température confortable à l'intérieur des classes. Les besoins en climatisation sont également réduits à 6,222 kWh, avec une moyenne de 34 kWh/m<sup>2</sup>. Cela indique une diminution de la quantité d'énergie requise pour refroidir les classes et maintenir une température agréable.

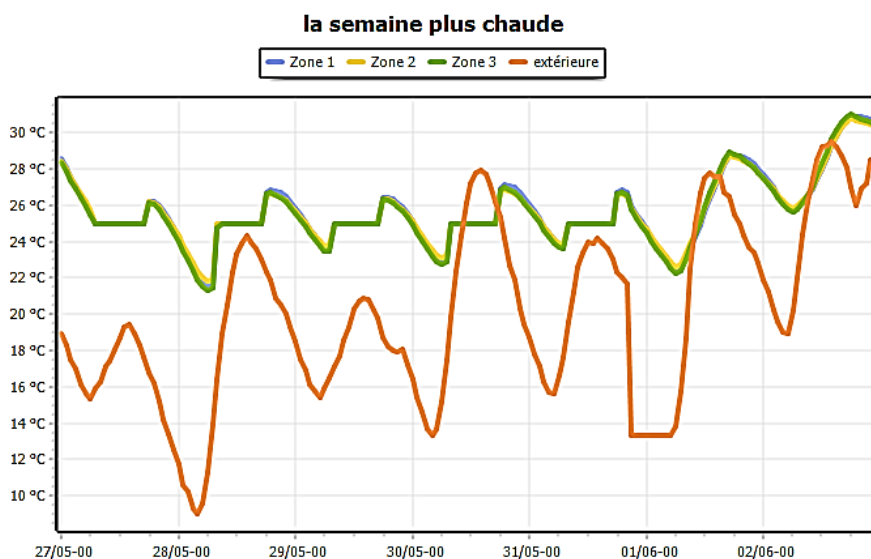
Les températures enregistrées dans les classes après l'ajout de l'isolation varient entre une température minimale de 13,10°C, une température moyenne de 26,20°C et une température maximale de 39,70°C. Ces résultats démontrent une amélioration significative de la régulation thermique, avec des variations de température plus modérées à l'intérieur des classes.

En conclusion, l'ajout d'isolation de mur extérieur et de toiture a un impact positif sur les besoins en chauffage et en climatisation, réduisant ainsi la consommation d'énergie. De plus, les températures enregistrées montrent une meilleure régulation thermique et un plus grand confort à l'intérieur des classes. Cela contribue à l'amélioration de l'efficacité énergétique et du confort thermique du bloc pédagogique

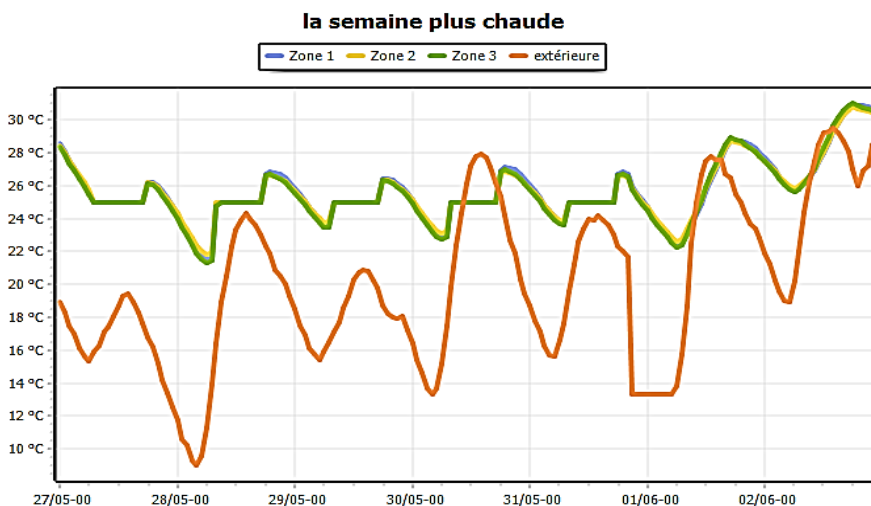


**Pour la période estivale :**

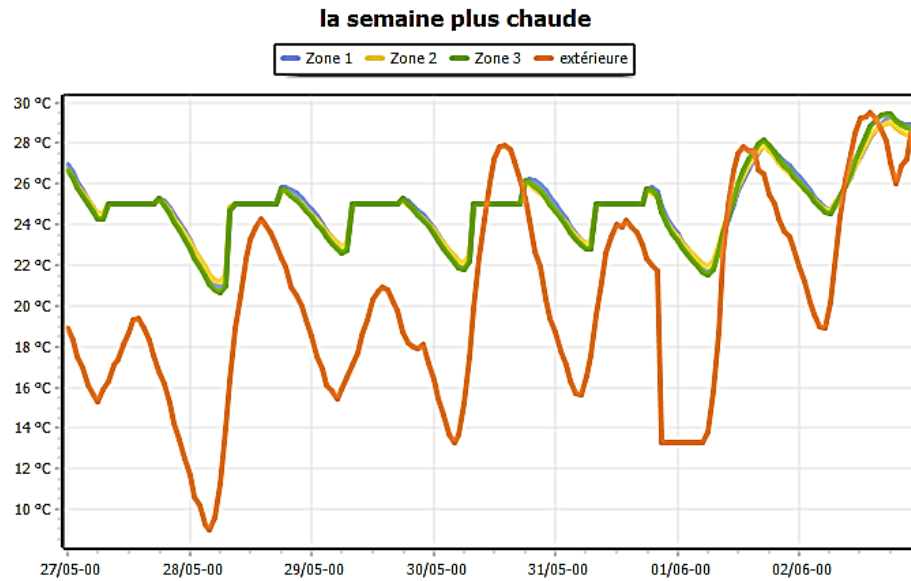
Afin d'obtenir une simulation plus représentative, une autre semaine, juste avant les vacances, a été choisie pour tenir compte de la présence des élèves, qui influence les conditions thermiques à l'intérieur des salles de classe



**Figure IV.19 :** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude choisie de bloc pédagogique de varianter 1



**Figure IV.20:** la variation de la température pendant la semaine choisie la plus chaude de bloc pédagogique pendant de variante 2



**Figure IV.21:** la variation de la température pendant la semaine la plus chaude de bloc pédagogique de variante 3

**Interprétation des graphes :**

La climatisation est utilisée pendant la journée dans les trois zones (salles de classe) pour maintenir la température intérieure à un niveau confortable de 25°C. La présence d'élèves, les équipements électriques en fonctionnement et les apports solaires peuvent influencer légèrement la température, qui atteint environ 26°C à 28°C. L'isolation des murs peut avoir un impact limité sur la température intérieure en raison de l'inefficacité de l'isolation, permettant la sortie du froid. Cependant, l'utilisation de la climatisation pendant la journée et l'inertie thermique des matériaux de construction contribuent à maintenir une certaine stabilité de la température nocturne.

L'ajout d'isolation aux murs extérieurs a eu un impact minime sur les résultats de la simulation, les températures enregistrées dans les différentes zones étant restées les mêmes. Cela suggère que d'autres éléments de l'enveloppe du bâtiment, tels que les fenêtres et les planchers, peuvent jouer un rôle plus important dans les pertes de chaleur.

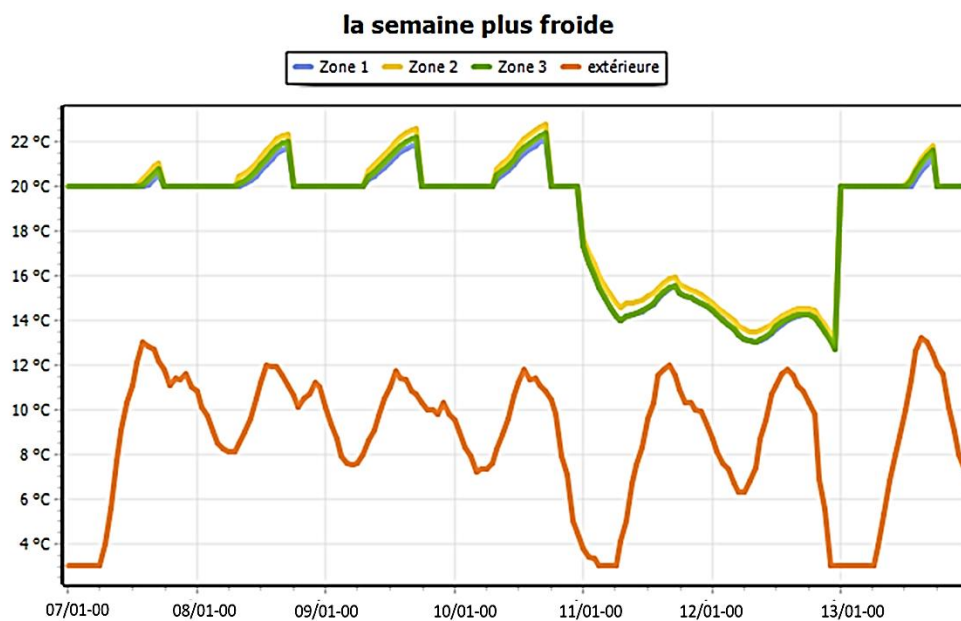
Après l'ajout d'isolation au niveau du toit et des murs extérieurs, la climatisation est toujours utilisée pendant la journée pour maintenir la température intérieure à 25°C. L'isolation du toit en complément de l'isolation des murs contribue à réduire l'entrée de chaleur extérieure et à minimiser les fluctuations de température à l'intérieur. Cette

combinaison d'isolation des murs et du toit offre une meilleure résistance thermique, permettant de maintenir une température plus stable et confortable dans les zones concernées.

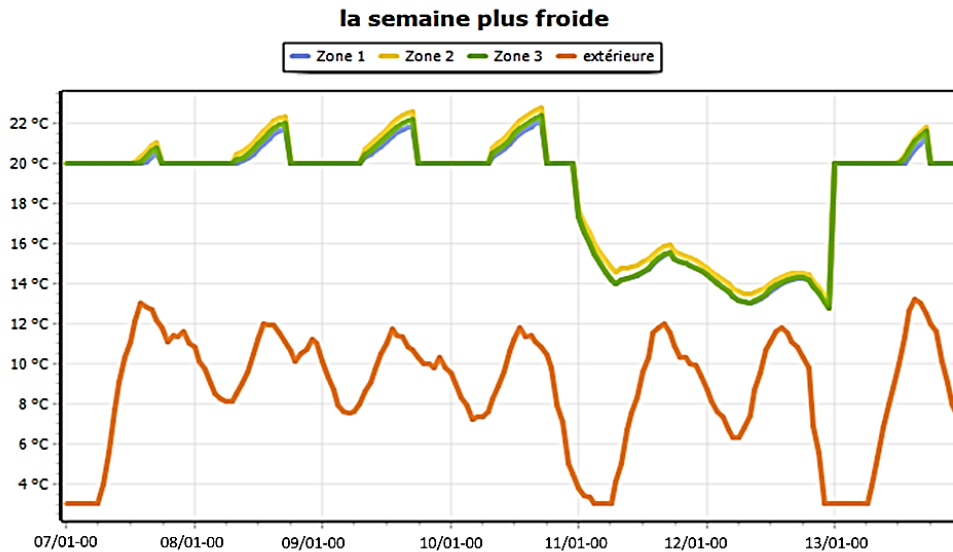
L'utilisation de la climatisation pendant la journée a toujours un effet indirect sur la température nocturne en raison de l'inertie thermique des matériaux de construction. Une légère diminution de la température nocturne est observée, passant d'environ 25°C à 21°C, probablement en raison de la température extérieure plus fraîche pendant la nuit.

Il est à noter que l'absence d'utilisation de la climatisation et la période de vacances des élèves après le 31 mai peuvent entraîner une augmentation de la température intérieure.

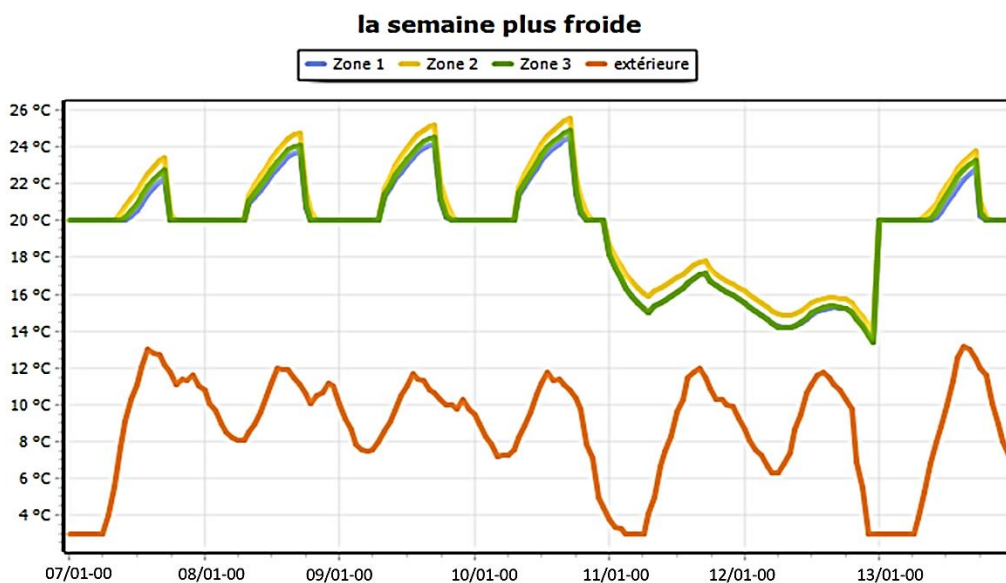
### Pour la Période hivernale



**Figure IV.22** : la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 1



**Figure IV.23:** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 2



**Figure IV.24 :** la variation de la température pendant la semaine la plus froide de bloc pédagogique de variante 3

**Interprétation et synthèses :**

Pendant la semaine la plus froide de l'année, du 7 au 13 janvier, les températures extérieures sont froides, variant entre 3°C et 13°C. Les trois classes des zones 1, 2 et 3 sont chauffées à une température de 20°C pendant la journée et la nuit pour assurer le confort thermique des occupants.

L'ajout d'isolation aux murs extérieurs a eu un impact minime sur les résultats de la simulation sans consigne. Les températures enregistrées dans les différentes zones sont restées les mêmes. Cela suggère que d'autres éléments de l'enveloppe du bâtiment, tels que les fenêtres et les planchers, peuvent jouer un rôle plus important dans les pertes de chaleur.

Cependant, l'ajout d'une isolation adéquate du toit et des murs a joué un rôle crucial dans le maintien de la chaleur à l'intérieur des zones étudiées. Cette isolation efficace a permis de limiter les pertes de chaleur et de retenir la chaleur produite à l'intérieur du bâtiment. Ainsi, dans les zones où cette isolation est en place, les températures peuvent atteindre jusqu'à 25 degrés, créant un environnement confortable et agréable pour les occupants.

Il est important de noter que les variations de température observées les 12 et 13 janvier sont liées à l'absence d'utilisation du chauffage pendant le week-end, en raison d'une réduction de l'activité humaine et d'une moindre utilisation des appareils de chauffage.

En conclusion, l'isolation adéquate du toit et des murs joue un rôle essentiel dans le maintien du confort thermique pendant la semaine la plus froide de l'année. Cependant, d'autres éléments de l'enveloppe du bâtiment doivent également être pris en compte pour obtenir une régulation thermique optimale et réduire les pertes de chaleur.

#### **IV.2) Évaluation de notre cas d'étude :**

L'évaluation énergétique de votre travail est basée sur le calcul des besoins totaux, qui sont la somme des besoins de chauffage et des besoins de climatisation du bâtiment. Cette approche permet de quantifier la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir des conditions thermiques confortables à l'intérieur du bâtiment.

Cette évaluation permet d'identifier les besoins énergétiques du bâtiment et de prendre des mesures pour optimiser l'efficacité énergétique, réduire la consommation d'énergie et les coûts associés, tout en maintenant des conditions thermiques confortables pour les occupants.

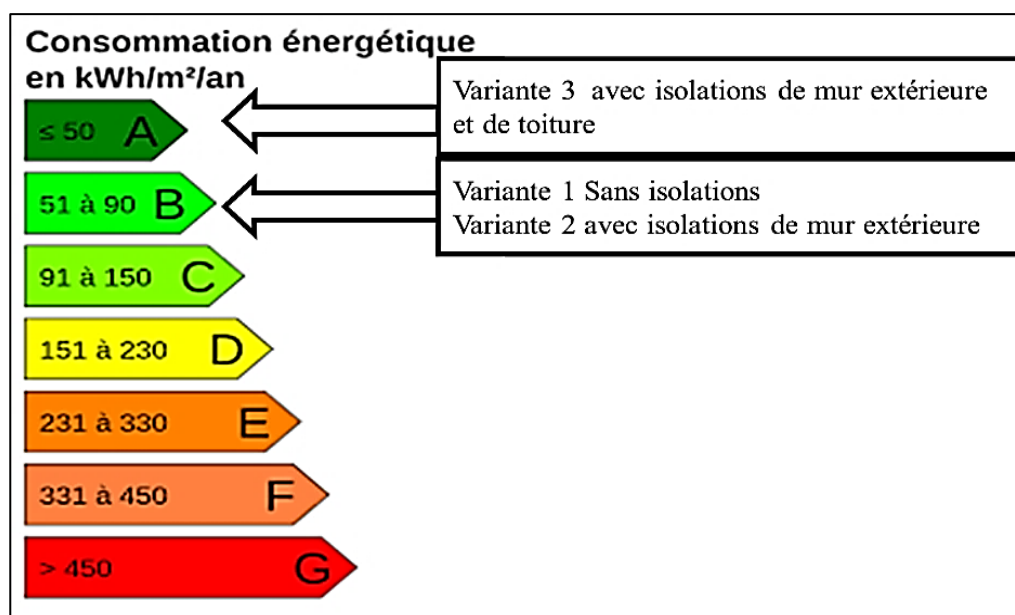
**Pour calculer les besoins totaux, nous utilisons la formule suivante :**

$$*Besoins totaux = Besoins de chauffage + Besoins de climatisation.*$$

#### IV.2.1) Pour bloc administratif :

**Tableau IV.13:** Comparaison entre les besoins des 3 variantes de bloc administratif

Variante	Besoins Ch kWh/m <sup>2</sup>	Besoins Clim kWh/m <sup>2</sup>	Besoins totaux kWh/m <sup>2</sup>	Classe énergétique
<b>Variante 1 Sans isolations</b>	26	38	64	B
<b>Variante 2 avec isolations de mur extérieure</b>	26	38	64	B
<b>Variante 2 avec isolations de mur extérieure et de toiture</b>	17	31	48	A

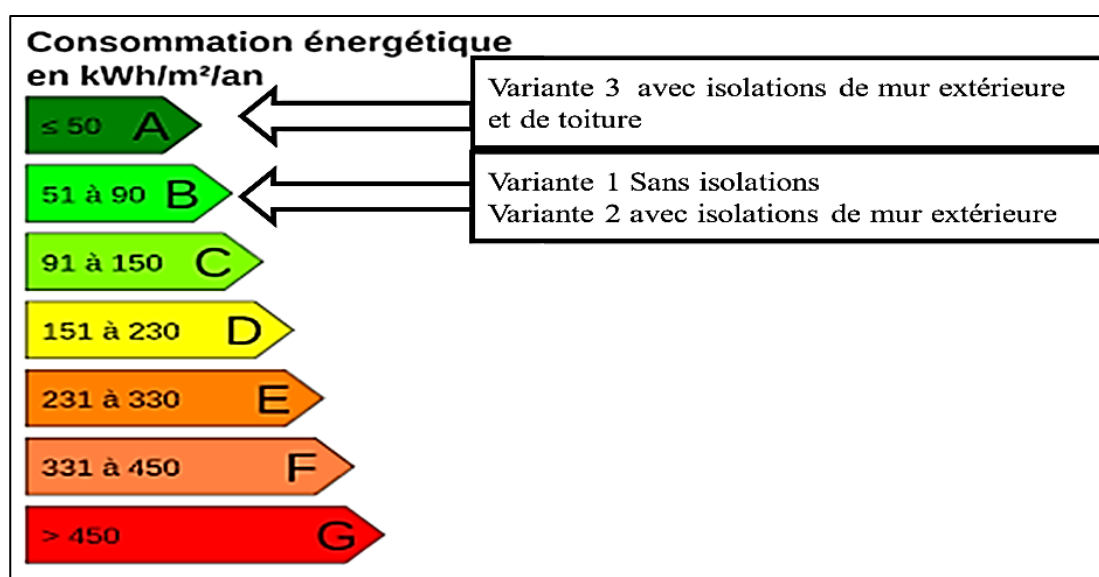


**Figure IV.25:** Classe énergétique des Variantes dans l'étiquette énergétique De bloc administratif

#### IV.2.2) Pour bloc pédagogique :

**Tableau IV.14:** Comparaison entre les besoins des 3 variantes de bloc pédagogique

Variante	Besoins Ch kWh/m <sup>2</sup>	Besoins Clim kWh/m <sup>2</sup>	Besoins totals kWh/m <sup>2</sup>	Classe énergétique
<b>Variante 1 Sans isolations</b>	24	39	63	B
<b>Variante 2 avec isolations de mur extérieure</b>	24	39	63	B
<b>Variante 2 avec isolations de mur extérieure et de toiture</b>	14	34	48	A



**Figure IV.26:** Classe énergétique des Variantes dans l'étiquette énergétique

De bloc pédagogique

Après comparaison des résultats obtenus par rapport aux normes exigées par l'étiquette énergétique pour évaluer et classer le bâtiment tertiaire (école primaire), notre cas d'étude a été classé dans la catégorie B. La consommation énergétique du bloc administratif était de 64 kWh/m<sup>2</sup>, tandis que celle du bloc pédagogique était de 63 kWh/m<sup>2</sup>. Cependant, grâce à l'intégration des solutions passives lors de notre étude, le bâtiment a été amélioré et est passé de la classe B à la classe A, avec une consommation moyenne réduite à 48 kWh/m<sup>2</sup>.

## **Conclusion :**

Les solutions proposées lors de cette étude ont permis d'améliorer les conditions intérieures de notre cas d'étude et de réduire la consommation énergétique jusqu'à 75%. Cette amélioration a été réalisée en renforçant l'isolation du bâtiment, au niveau de la toiture et des murs extérieurs (variante 03).

Afin d'optimiser davantage la performance énergétique de notre cas d'étude, nous avons choisi d'intégrer un système d'installation photovoltaïque pour la production d'électricité.

Les détails de cette étude et les résultats obtenus seront présentés dans le chapitre suivant.



## **CHAPITRE V :**

### **Dimensionnement du système photovoltaïque de l'école**

#### **Introduction :**

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour une école primaire est une étape cruciale pour assurer un approvisionnement en énergie électrique fiable et durable.

Ce chapitre se penchera sur les différentes étapes de ce processus, et présentera notre proposition de système photovoltaïque pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques de l'école, visant à réduire les coûts énergétiques. Nous expliquerons également comment utiliser le logiciel PV Syst pour la conception d'un système photovoltaïque autonome, isolé avec des batteries.

#### **V.1) Définition des énergies renouvelables :**

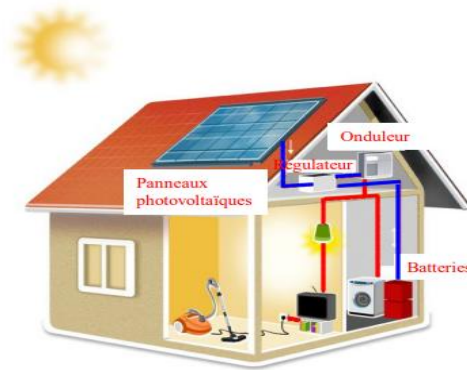
Les énergies renouvelables font référence à un ensemble de moyens de production d'énergie à partir de sources ou de ressources potentiellement inépuisables, disponibles sans limite de temps ou se reconstituant plus rapidement qu'elles ne sont consommées. [29]

#### **V.2) L'énergie solaire :**

L'énergie solaire est une forme d'énergie qui repose sur l'utilisation du soleil. Cette énergie peut être transformée en électricité à l'aide de panneaux photovoltaïques ou de centrales solaires thermiques, en captant la lumière du soleil à l'aide de panneaux solaires. [30]

### V.3) Système photovoltaïque :

Un système photovoltaïque (PV) est un ensemble d'éléments qui permettent de produire de l'électricité en utilisant l'énergie solaire. Les principaux composants de ce système sont le champ PV (panneaux photovoltaïques), le conditionnement de puissance, le système de stockage (dans certains cas) et la charge [31]



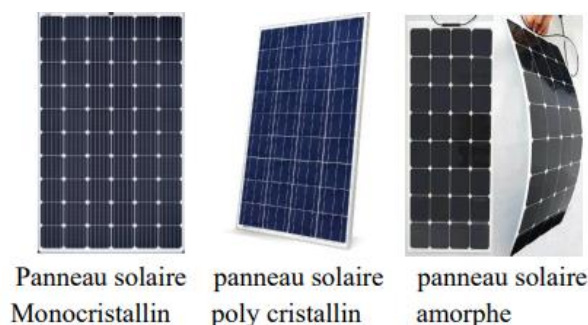
**FigureV.1** : présente un système photovoltaïque [31]

### V.4) Composition des éléments d'une installation photovoltaïque :

#### V.4.1) Les panneaux solaires

Le panneau solaire photovoltaïque est composé de cellules photovoltaïques qui lui permettent de générer du courant électrique lorsque les rayons du soleil viennent le percuter [32]

Il y a plusieurs types de panneau solaire exemple :



**FigureV.2** : présente les types de panneau solaire [33]

#### V.4.2) Les onduleurs :

Un onduleur est un dispositif électrique qui permet de convertir la tension ou le courant continu provenant des modules photovoltaïques ou des batteries en une tension ou un courant alternatif. [34]



**Figure V.3** :de onduleurs (Convertisseur DC-AC) [35]

#### V.4.3) Régulateur :

Le régulateur est un composant essentiel d'un système photovoltaïque autonome. Il est placé entre les panneaux solaires et les batteries. Son rôle principal est de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes, [34]

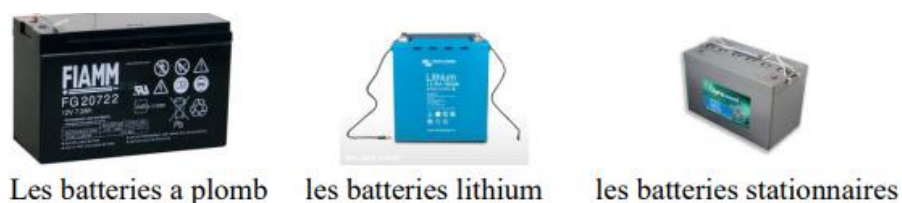
Il existe Trois Types de Régulateur :



**FigureV.4** : présente 3 types de régulateur [35]

#### V.4.4) Les batteries :

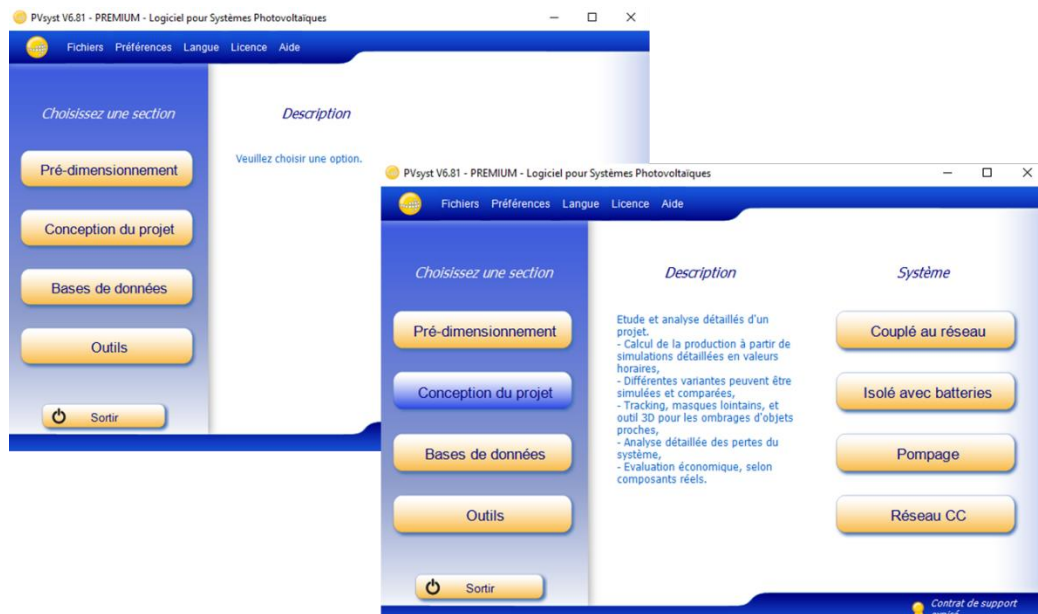
Les batteries solaires sont des accumulateurs électriques pour stocker L'énergie électrique générée par un panneau photovoltaïque dans une installation d'énergie solaire. [34]



**FigureV.5** : présente 3 types de batteries [35]

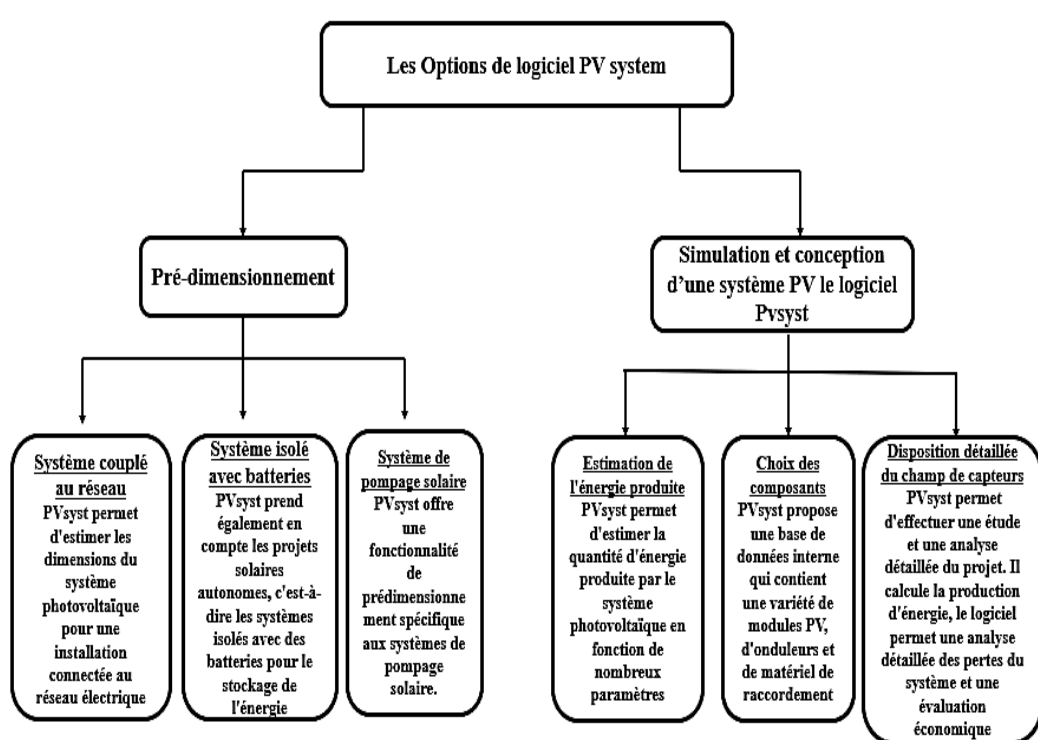
## V.5) Présentation de logiciel pvsyst :

PVsyst est un logiciel développé à l'Université de Genève en Suisse pour le dimensionnement des installations photovoltaïques. Il inclut une base de données météorologiques et des informations sur les composants solaires. En plus de son utilité en dimensionnement, PVsyst sert également d'outil pédagogique pour les professionnels de l'architecture, de l'ingénierie et de la recherche. Il propose une aide contextuelle détaillée, une approche ergonomique et un guide pour le développement de projets solaires. [36]



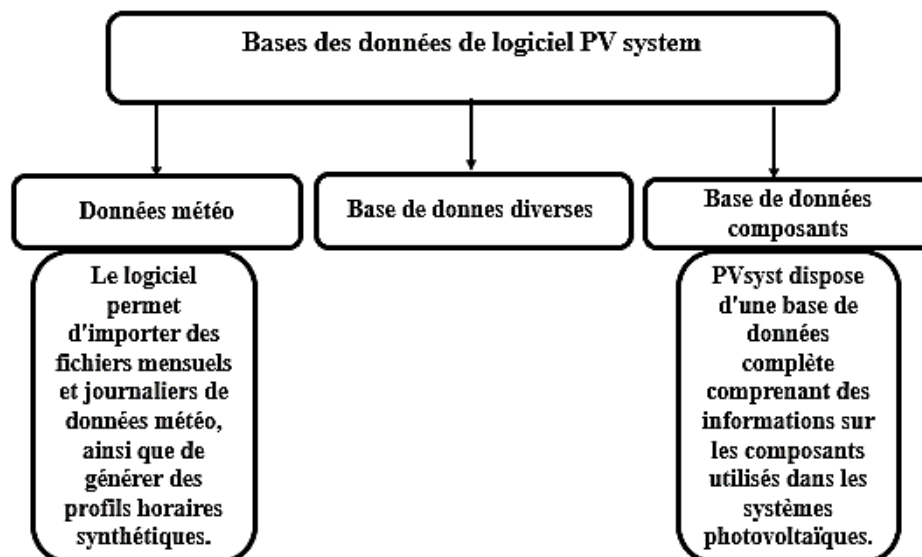
**FigureV.6 :** logiciel PV system [37]

## V.6) Les Options de logiciel PV system :



FigureV.7 : diagramme des Options de logiciel PV system [37]

## V.7) Bases des données de logiciel PV system



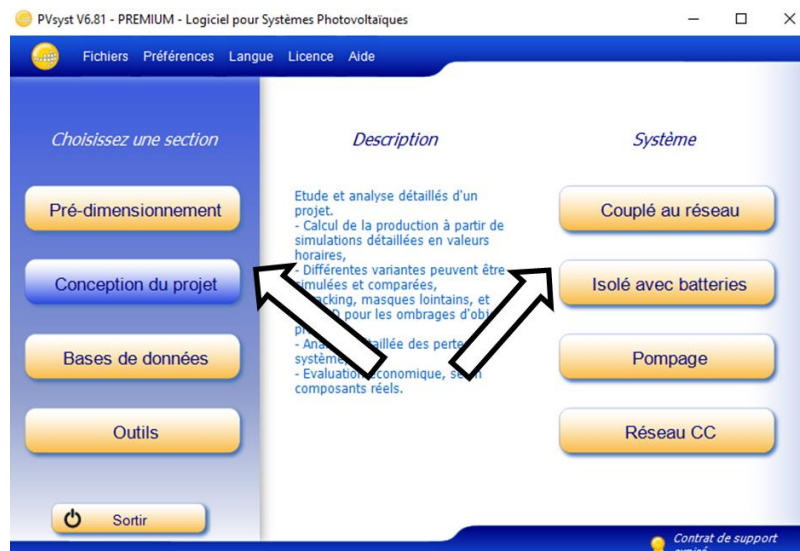
FigureV.8 : diagramme Bases des données de logiciel PV system [37]

## V.8) Présentations de projet :

Dans le cadre de notre travail, nous allons étudier un dimensionnement d'une installation de système photovoltaïque autonome pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques de l'école, visant à réduire les coûts énergétiques

## V.9) Commence dimensionnement d'une installation de système photovoltaïque :

Tout d'abord, nous avons opté pour " Conception du projet " en prenant en compte un grand nombre de paramètres. Une fois de plus, nous avons choisi le type d'installation pour notre étude, qui est un système isolé avec des batteries



**Figure V.9 :** Conception du projet

## V.10) Les étapes de dimensionnement d'une installation de système photovoltaïque

### V.10.1) Défini les données géographiques et métrologique :

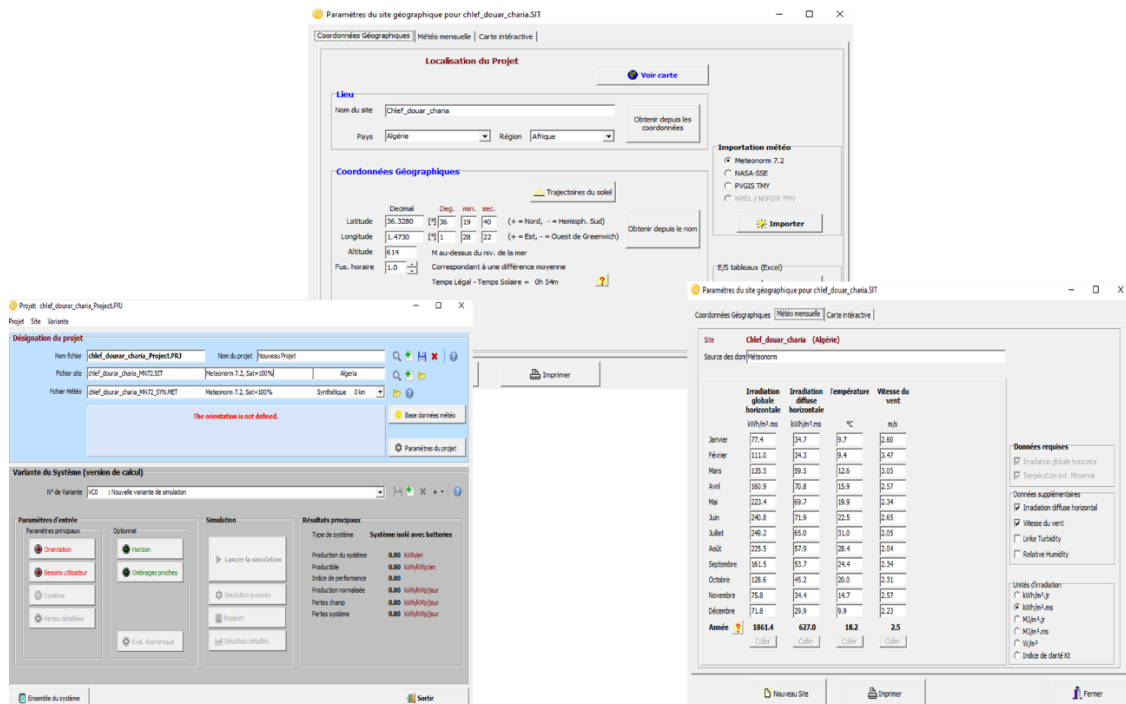
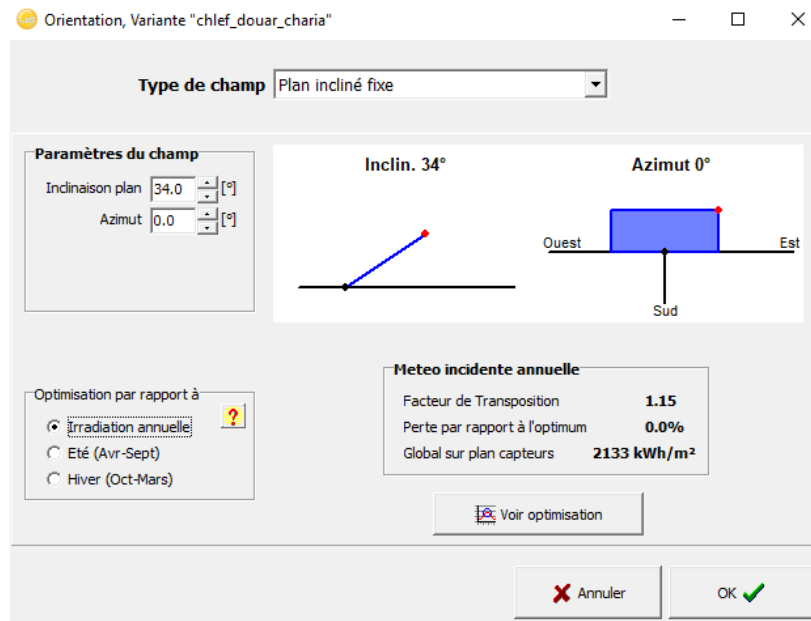


Figure V.10: Conception du projet les données géographiques et métrologique :

### V.10.2) Orientation des modules :

Afin de favoriser la production d'énergie, il est important de sélectionner des orientations et inclinaisons appropriées. Dans notre cas, nous avons opté pour un plan incliné fixe avec une inclinaison de  $34^\circ$  par rapport à l'horizontale. Avec ce plan incliné fixe, il suffit simplement de déterminer l'angle d'inclinaison et l'azimut de l'installation.



**Figure V.11:** Orientation des modules

**V.10.3) La définition des besoins de l'utilisateur :**

**Tableau V.1 :** les besoins de l'utilisateur

Nombre	Appareille	La puissance (w)	Dur d'utilisation en (h)
15	Lampes flou	18	10
8	Lampes led	9	10
3	Pc bureau	200	6
1	Frigo	0.60KW/Jour	24
1	Imprimant	15	0.5
1	Divers	20	2



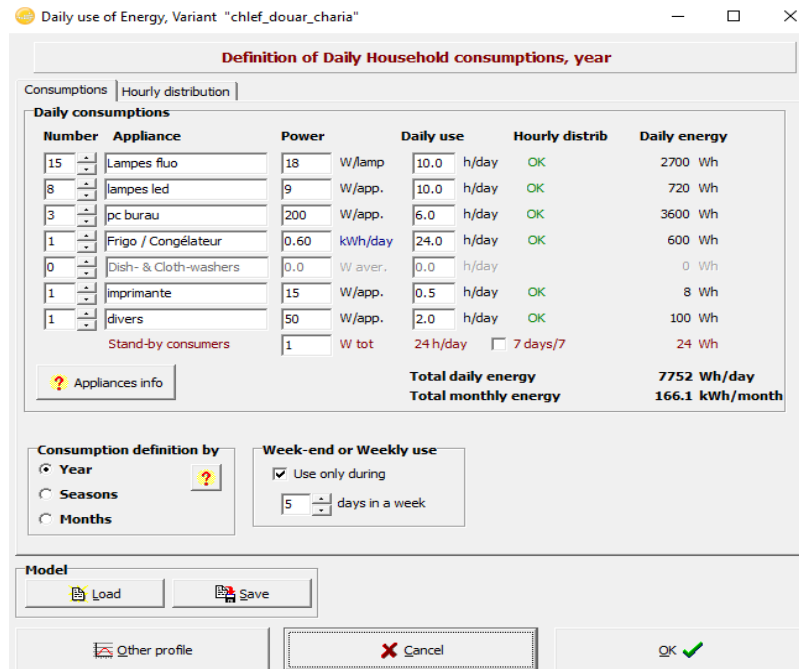


Figure V.12: les besoins de l'utilisateur

**V.10.4) Le nombre d'heure d'utilisation dans la journée :**

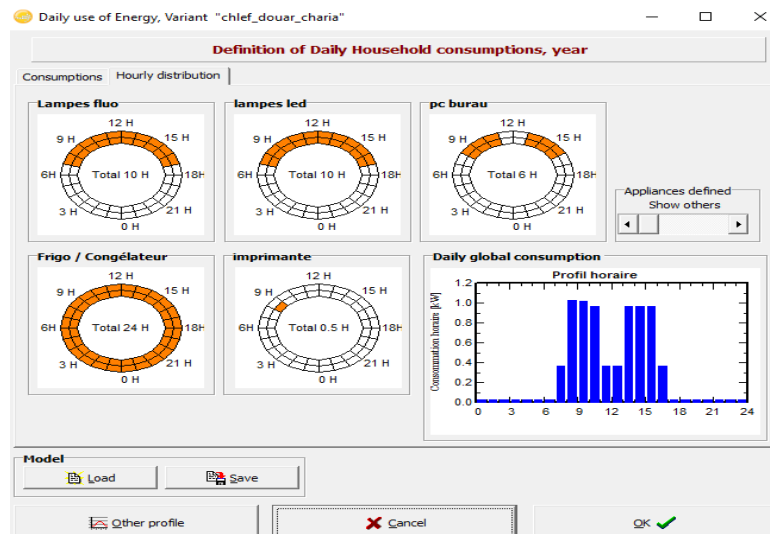


Figure V.13: nombre d'heure d'utilisation

**V.10.5) Définition de système de stockage :**

En choisissant un modèle de batterie, il est important de prendre en compte plusieurs facteurs, tels que la tension requise, la capacité, la durée de vie, la résistance interne, et les conditions de température de fonctionnement.

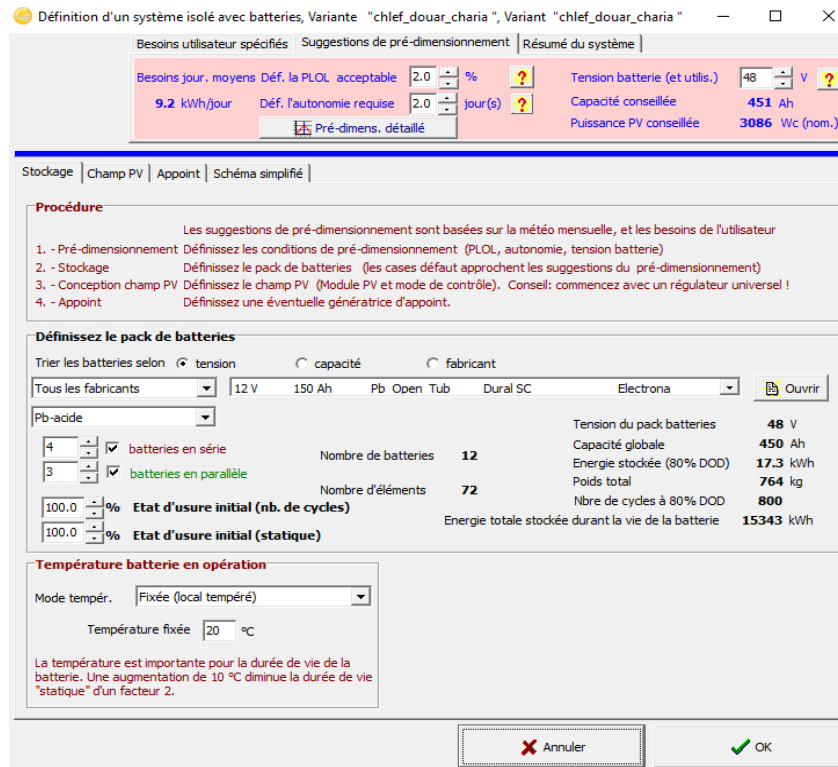


Figure V-14 : les paramètres pour choisir batterie

#### V.10.6) Définition du champ photovoltaïque :

Pour sélectionner le type de module photovoltaïque (PV) adapté à votre système, vous avez deux options : vous pouvez choisir dans une base de données préétablie ou spécifier les paramètres d'entrée dans l'outil du système.

Une fois le type de module PV défini, le programme peut déterminer le nombre de modules à connecter en série ou en parallèle en fonction des conditions de suivi du point de puissance maximale (MPPT) de la batterie et de la tension ou de la puissance PV requise.

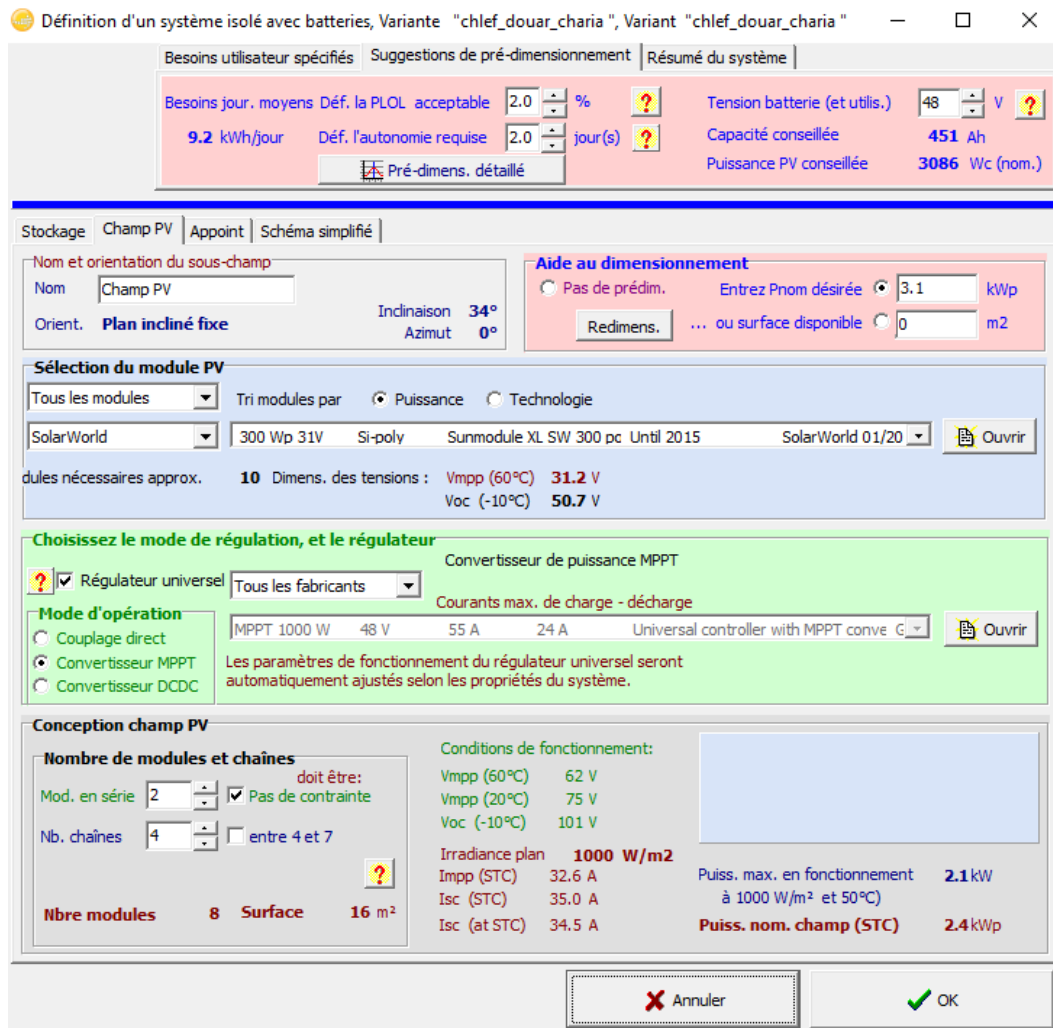


Figure V.15: le choix du module PV

V.10.7) Schéma simplifié :

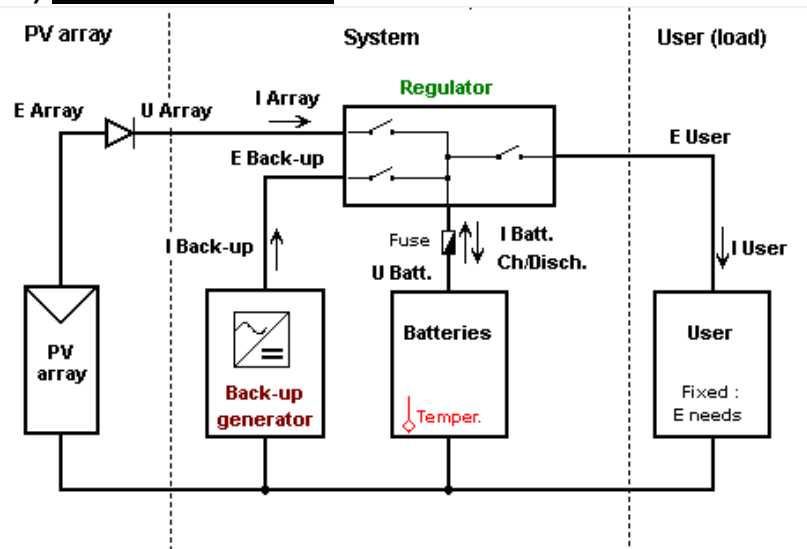


Figure V-16 : schéma simplifié du système avec batterie

## V.10.8) lancement de la simulation

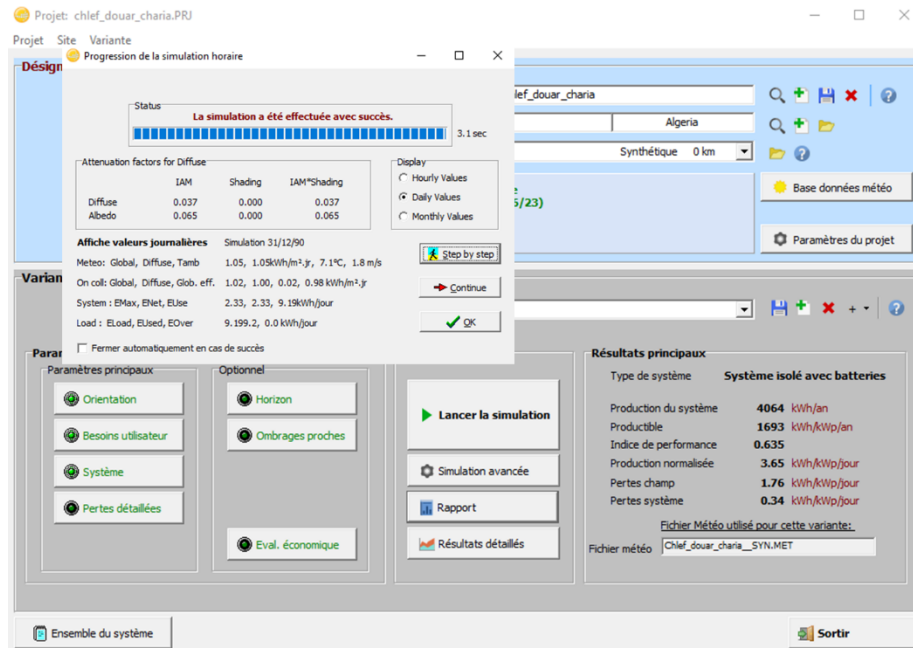


Figure V-17 : lancement de la simulation

## V.11) Résultat et discussions de system :

### V.11.1) caractéristiques de champ de capteurs :

PVSYST V6.81	01/07/23	Page 1/5
<b>Système isolé: Paramètres de simulation</b>		
<b>Projet :</b>	<b>chlef_douar_charia</b>	
<b>Site géographique</b>	<b>Chlef_douar_charia</b>	<b>Pays</b> <b>Algeria</b>
<b>Situation</b>	Latitude 36.33° N	Longitude 1.47° E
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU+1	Altitude 614 m
<b>Données météo:</b>	<b>Chlef_douar_charia</b>	Méteonorm - Synthétique
<b>Variante de simulation :</b>	<b>chlef_douar_charia</b>	
	Date de la simulation	01/07/23 à 00h19
<b>Paramètres de simulation</b>	Type de système	<b>Système isolé avec batteries</b>
<b>Orientation plan capteurs</b>	Inclinaison 34°	Azimut 0°
<b>Modèles utilisés</b>	Transposition Perez	Diffus Perez, Meteonorm
<b>Besoins de l'utilisateur :</b>	Consomm. domestique moyenne	Constants sur l'année 5.5 kWh/Jour

Figure V-18 : paramètres de simulation

Caractéristiques du champ de capteurs			
<b>Module PV</b>	Si-mono	Modèle	<b>AXIblackperfect AC-340MS/10SB</b>
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Axitec Energy
Nombre de modules PV		En série	2 modules
Nombre total de modules PV		Nbre modules	4
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	<b>1360 Wc</b>
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	67 V
Surface totale		Surface modules	<b>7.0 m<sup>2</sup></b>
<b>Paramètres du système</b>		Type de système	<b>Système isolé</b>
<b>Batterie</b>		Modèle	<b>6Y112 - Starting</b>
		Fabricant	Electrona
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	4 en série x 3 en parallèle
		Tension	48 V
		Décharge: min. SOC	20.0 %
		Température	Fixée (20°C)
		Capacité nominale	390 Ah
		Energie stockée	15.0 kWh
<b>Régulateur</b>		Modèle	Universal controller with MPPT converter
		Technologie	MPPT converter
Convertisseur		Efficacité maxi et EURO	97.0 / 95.0 %
		Coeff. de temp.	-5.0 mV/°C/elem.
Seuils de régulation batterie		Seuils de commande selon	SOC calculation
		Charge	SOC = 0.90 / 0.75
		Décharge	SOC = 0.20 / 0.45
			i.e. approx. 52.2 / 49.5 V
			i.e. approx. 46.6 / 48.3 V

**Figure V-19** : caractéristiques de champ de capteurs

Selon l'illustration figurant ci-dessus, le champ photovoltaïque (PV) sera composé de 4 modules PV de technologie monocristalline répartis sur une surface de 7 m<sup>2</sup>, comme suit :

➤ **2 modules en série** : Cela signifie que les deux modules PV seront connectés en série pour augmenter la tension totale et 2 modules en parallèle : Cela signifie que les deux modules PV seront connectés en parallèle pour augmenter la capacité de courant disponible

➤ Pour le système de batterie, il y aura **12 batteries au total**. Elles seront connectées de la manière suivante :

**4 batteries en série** : Cela signifie que les quatre batteries seront connectées en série pour augmenter la tension totale, La tension de chaque batterie étant de 12 V, la tension totale sera de 4 batteries × 12 V/batterie = 48 V et **3 batteries en parallèle** : Cela signifie que les trois batteries seront connectées en parallèle pour augmenter la capacité totale

➤ Le système comprend également un **régulateur MPPT** d'une puissance de 1000 W et d'une tension de 48 V, Ce régulateur MPPT est utilisé pour optimiser la production d'énergie en ajustant les paramètres de fonctionnement du champ PV en fonction des conditions de luminosité.

### V.11.2) Profil de charge :

Besoins de l'utilisateur de consommation domestique Constants sur l'année moyenne 5.5KWh/j et l'Energie journalière totale 7752 Wh/j

Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 5.5 kWh/jr

#### Valeurs annuelles

Utilisation 5 jours par semaine	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie
Lampes fluo	15	18 W/lampe	10 h/jour	2700 Wh/jour
lampes led	8	9 W/app	10 h/jour	720 Wh/jour
pc bureau	3	200 W/app	6 h/jour	3600 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		24 Wh/jour	600 Wh/jour
imprimante	1	15 W tot	1 h/jour	8 Wh/jour
divers	1	50 W tot	2 h/jour	100 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	24 Wh/jour
<b>Energie journalière totale</b>				<b>7752 Wh/jour</b>

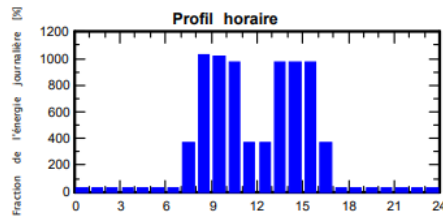


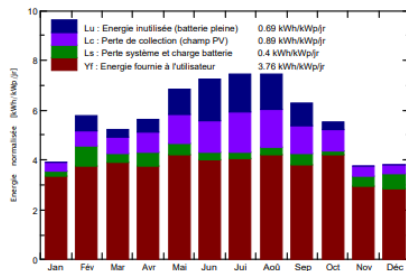
Figure V-20 : Profil de charge

### V.11.3) Productions normalisées et Performance ratio :

#### Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie disponible	2321 kWh/an	Productible	1707 kWh/kWc/an
	Energie utilisée	1868 kWh/an	En excès (inutilisée)	344 kWh/an
Besoins non satisfaits	Indice de performance (PR)	65.45 %	Fraction solaire (SF)	92.35 %
Usure batterie (Etat d'usure (SOW))	Fraction du temps	5.5 %	Energie manquante	155 kWh/an
Usure batterie (SOW cyclage)	SOW cyclage	90.8%	SOW statique	80.0%
Durée de vie batterie	Durée de vie batterie	5.0 ans		

#### Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1360 Wc



#### Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)

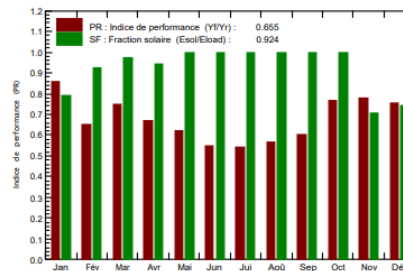


Figure V-21: Productions normalisées et Performance ratio

L'indice de performance (Performance Ratio) est représenté dans la figure, et il correspond au rendement global du système. Il est défini comme le rapport entre le rendement réel du système et le rendement nominal du système.

La formule utilisée est la suivante :

$$PR = \text{Rendement réel du système} / \text{Rendement nominal du système}$$

Dans ce cas précis, l'indice de performance est de 65%. Cela signifie que le rendement réel du système représente 65% du rendement nominal du système.

**V.11.4) Bilan énergétique :**

chlef\_douar\_charia  
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	77.4	118.4	142.5	0.01	37.06	141.2	178.3	0.792
Février	111.0	158.2	189.5	22.02	11.56	143.5	155.0	0.925
Mars	135.5	157.8	186.7	14.23	5.04	165.5	170.5	0.970
Avril	160.9	163.4	189.6	21.31	9.50	153.3	162.8	0.942
Mai	223.4	204.1	231.4	42.38	0.00	178.3	178.3	1.000
Juin	240.8	210.1	236.6	68.08	0.00	162.8	162.8	1.000
Juillet	249.2	223.4	239.1	64.82	0.00	170.5	170.5	1.000
Août	225.5	224.7	242.3	60.21	0.00	178.3	178.3	1.000
Septembre	161.5	183.6	204.3	37.98	0.00	155.0	155.0	1.000
Octobre	128.6	167.5	188.7	13.23	0.00	178.3	178.3	1.000
Novembre	75.8	110.9	131.2	0.00	50.01	120.5	170.5	0.707
Décembre	71.8	115.8	139.5	0.00	41.55	121.2	162.8	0.745
Année	1861.4	2037.9	2321.5	344.28	154.71	1868.4	2023.1	0.924

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale E\_Miss Energie manquante  
 GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages E\_User Energie fournie à l'utilisateur  
 E\_Avail Energie solaire disponible E\_Load Besoin d'énergie de l'utilisateur  
 EUnused Énergie inutilisée (batterie pleine) SolFrac Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Figure V.22 : Bilan énergétique

**V.11.5) Les pertes sur l'année entière :**

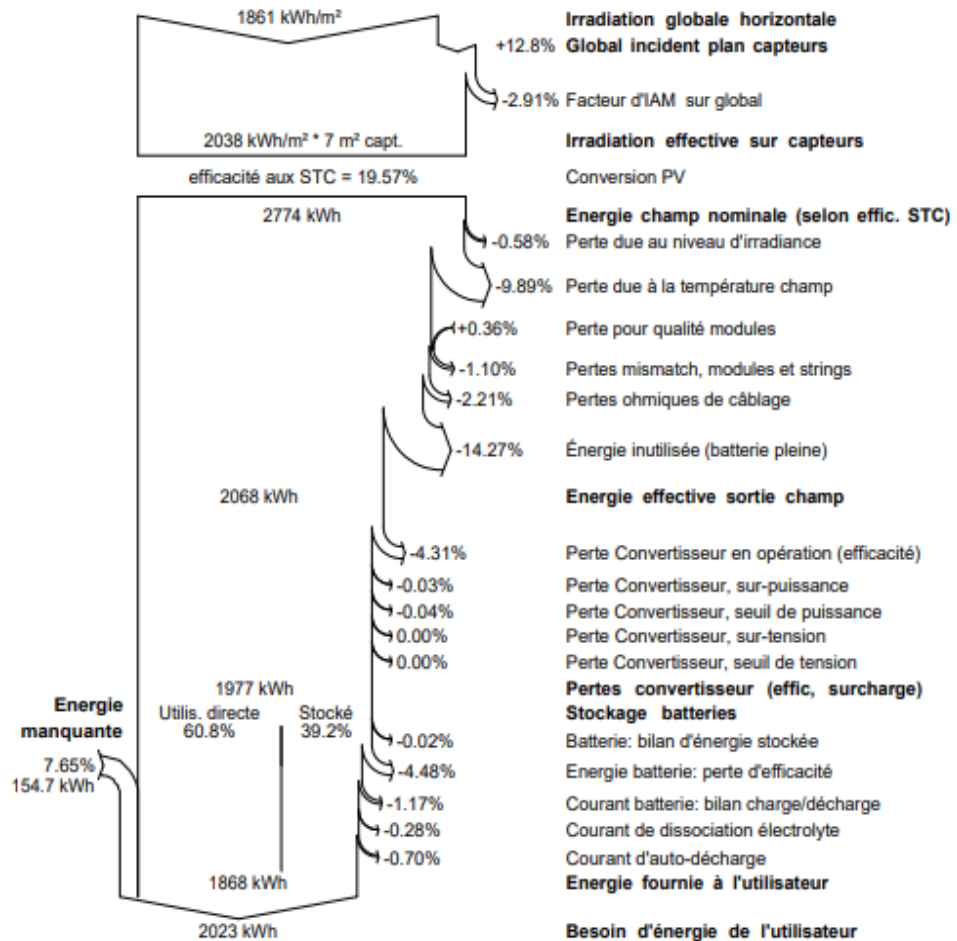


Figure V.23 : les pertes sur l'année entière

Le diagramme résume les différentes pertes de production du système photovoltaïque (PV), notamment les pertes ohmiques du câblage, l'effet d'incidence, les pertes dues à la température du champ, les pertes liées à la qualité des modules, et autres facteurs similaires.

Il est important de noter que malgré la production initiale d'énergie par le champ PV, celle-ci subit des pertes tout au long du processus. Par conséquent, l'énergie produite réellement par le champ PV, également appelée énergie de sortie du champ, est estimée à 2068 kWh.

Cependant, en raison de divers facteurs de perte mentionnés précédemment, la quantité d'énergie disponible à la sortie du système pour l'utilisateur final est réduite à 2023 kWh. Ces pertes sont normales dans les systèmes PV et sont causées par des éléments tels que la résistance électrique des câbles, l'angle d'incidence du rayonnement solaire, les variations de température, la qualité des modules et d'autres inefficiences inhérentes au processus de conversion de l'énergie solaire en électricité.

### **Conclusion :**

En conclusion, ce chapitre a exploré les différentes étapes du processus de proposition d'un système photovoltaïque pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques de l'école

La proposition d'un système photovoltaïque pour l'éclairage intérieur et les appareils électriques de l'école permet de réduire les coûts énergétiques tout en favorisant une utilisation plus durable de l'énergie. L'utilisation du logiciel PVSYST facilite la conception précise du système, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques de l'école et en intégrant des batteries pour assurer une alimentation continue



## CONCLUSION GENERALE

L'architecture bioclimatique est une approche qui prend en compte les conditions climatiques locales et utilise des éléments naturels tels que la lumière du soleil, la ventilation naturelle et l'isolation thermique pour concevoir des bâtiments économes en énergie et respectueux de l'environnement

Ce projet de recherche vise à remédier aux problèmes d'architecture inadaptée dans les établissements scolaires en Algérie, en mettant l'accent sur la conception d'écoles saines, confortables et stimulantes. L'objectif principal est d'améliorer la performance énergétique de l'école primaire Chehairia à Chlef, en Algérie, en intégrant les principes de l'architecture bioclimatique. En appliquant ces principes à l'école Chehairia, on cherche à créer un environnement intérieur confortable pour les élèves et le personnel, tout en réduisant la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

La conception bioclimatique de l'école primaire Chehairia a pris en compte plusieurs aspects afin de créer un environnement scolaire sain et durable. Nous avons fait le choix d'utiliser des matériaux durables et isolants, permettant ainsi de maintenir des températures intérieures agréables sans nécessiter une utilisation excessive de chauffage ou de climatisation.

Grâce à cette approche, nous avons réussi à réduire considérablement nos besoins énergétiques. Initialement estimés à 64 kWh, nous avons pu les réduire à seulement 48 kWh, soit une réduction de 75%. Cette intégration efficace des principes bioclimatiques nous a permis de réduire significativement notre dépendance aux sources d'énergie traditionnelles.

En utilisant des matériaux durables et isolants, nous avons créé un environnement intérieur confortable et sain pour les élèves et le personnel de l'école. De plus, cette

approche a également contribué à minimiser notre impact environnemental en réduisant notre empreinte carbone.

En optant pour une conception bioclimatique, nous avons non seulement réduit nos besoins énergétiques, mais nous avons également adopté une approche durable qui favorise une utilisation plus efficiente des ressources et une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cela reflète notre engagement envers la préservation de l'environnement et l'éducation des élèves sur les pratiques durables.

Après avoir minutieusement étudié l'intégration des systèmes solaires dans le bâtiment, en mettant l'accent sur l'utilisation de l'énergie solaire pour produire de l'électricité, nous avons approfondi différents aspects afin d'assurer une intégration optimale et de maximiser l'efficacité énergétique de l'école.

Dans notre analyse approfondie, nous nous sommes penchés sur les questions de conception, les composants du système et les stratégies de mise en œuvre. Nous avons examiné comment ces éléments peuvent travailler de concert pour garantir une intégration harmonieuse des systèmes solaires dans le bâtiment, tout en optimisant l'efficacité énergétique globale.

Pour répondre à nos besoins énergétiques spécifiques, nous avons exploré des solutions novatrices. Grâce à des calculs analytiques précis et à l'utilisation du logiciel PVSYST, nous avons déterminé que notre consommation électrique quotidienne totale s'élève à 7752 Wh.

En conséquence, nous avons établi un plan d'installation comprenant 4 panneaux solaires, 12 batteries et un régulateur MPPT d'une puissance de 1000W. Ces panneaux solaires seront spécifiquement utilisés pour générer de l'électricité, ce qui contribuera à réduire notre dépendance aux sources d'énergie conventionnelles et à promouvoir une utilisation plus durable de l'énergie.

Ce projet représente une avancée significative dans notre quête pour 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.

## REFERENCE

- [1] F. KASSIS, AUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE DANS LES ESPACES DOMESTIQUES COLLECTIFS Cas d'étude à Skikda, universite ferhatabbas–setif ufas(algerie),2012
- [2] N. FERCHA et A. BENBOUAZIZ, La conception bioclimatique des écoles : un mécanisme efficace pour la protection de l'environnement et la santé de l'enfant, ISSN : 2478-0014 EISSN : 2710-8252, p 115-139, Laboratoire Enfant, ville et Environnement, Université Batna 1, ALGERIE, 05/11/2021
- [3] 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,
- [4] D. Souilah et M. Halladj, AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DU DÉPARTEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES de l'université Blida, Juillet 2022
- [5] P. MEUKAM, CARACTERISATION DE MATERIAUX LOCAUX EN VUE DE L'ISOLATION THERMIQUE DE BATIMENTS, Travail réalisé au Laboratoire d'Energétique (ENSP Yaoundé) et à l'IUP Génie Civil (Université de Cergy Pontoise), NOVEMBRE 2004
- [6] H. Raoui et A. Saidi, Amélioration de la performance énergétique d'une maison moderne dans la wilaya d'Oued\_Souf, UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 01, 2019/2020
- [7] R.HAM, L'architecture bioclimatique pour la conception d'un écoquartier Projet : conception d'un écoquartier ÀKhenchela, Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma, Juin 2022
- [8] D. BERKOUK, Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif, Université Mohamed Khider – Biskra, (2017)

- [9] I. Zaidi, Etude comparative entre l'architecture vernaculaire et l'architecture bioclimatique, Université Larbi Tébessa – Tébessa, 2014/2015
- [10] A. Ansar et I. Djebaili I, L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural. Cas d'étude : Évaluation des performances énergétiques du rectorat de l'université d'Oum El Bouaghi, 2016-2017
- [11] C. MEHIRA, Influence de l'Enveloppe architecturale sur la Performance Énergétique des bâtiments, université d'Guelma, Juillet 2021
- [12] I. BENOUDJAFER, Vers une amélioration de la performance énergétique des Habitations, université Biskra ,2018
- [13] XPAIR consommation d'Énergie, Qu'est-ce que la consommation d'énergie, <https://www.xpair.com/lexique/definition/consommation-energie.htm>
- [14] F. CHLELA, Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, 10 avril 2008
- [15] A. DALI et KH. ALIK, Bilan thermique d'un bâtiment, ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE,2013
- [16] ANIREF/Monographie de la wilaya de Chlef
- [17] DCW CHLEF, PRÉSENTATION DE LA WILAYA, <https://dcw-chlef.dz/fr/index.php/wil34?showall=1&limitstart=>
- [18] DSPCHLEF, présentation de la wilaya, 16.07.2019, <http://www.dsp-chlef.dz/index.php/Fr/presentation>
- [19] découpage administratif de l'Algérie et monographie, Carte de situation géographique de la wilaya de CHLEF, Elhachmi Amour <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartegeographiqueCHLEF.html>
- [20] Wikipédia, béni Rached, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Beni\\_Rached](https://fr.wikipedia.org/wiki/Beni_Rached)
- [21] A. BELLABACI, Contribution à la modélisation du rayonnement solaire comme un paramètre climatologique pour des applications photovoltaïques en Algérie, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 07/04/ 2021

[22] A. BELLABACI, Contribution à la modélisation du rayonnement solaire comme un paramètre climatologique pour des applications photovoltaïques en Algérie, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 07/04/ 2021

[23] M. OULDZEMIRLI et M. BENNABAS et D. LOGRAB, IMPACT DE L'AMELIORATION DE L'ENVELOPPE CONSTRUITE AVEC DES MATERIAUX LOCAUX SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE, Université Ahmed Draïa d'Adrar,2016

[24] Le logiciel Pléiades

[25] IZUBA Energie, NOTRE LOGICIEL : PLEIADES,  
<https://www.izuba.fr/logiciels/outils-logiciels/>

[26] rockwool, isolation en laine de roche, <https://www.rockwool.com/fr/conseils-et-Formations/pourquoi-isoler-en-laine-de-roche/>,

[27] SERSEG Brahim, LABZOUZI MEROUAN, la gestion des déchets apicaux et la valorisation de Déchets de la laine de roche contaminé.

[28] info énergie, guide matériaux isolant, ADEME, AUVERGENE, Février 2020,  
[https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/guide\\_materiaux\\_isolants.pdf](https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/guide_materiaux_isolants.pdf)

[29] youmatter, ENERGIES RENOUVELABLE, définition,  
<https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition>

[30] Edf, Qu'est-ce que l'énergie solaire, <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-l-energie-solaire>

[31] M. Degla et B. Ben Ahmed, Dimensionnement d'un Système de Pompage Photovoltaïque,24/5/2017, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

[32] hellowatt, Quels sont les différents types de panneau solaire ?  
<https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaiques/panneau-solaire-differents-types>

[33] habitatpresto, Panneau solaire monocristallin ou polycristallin : que choisir ?  
<https://www.habitatpresto.com/mag/electricite/panneaux-photovoltaiques/panneau-solaire-monocristallin-polycristallin>

[34] N. TOUMI et I. KOUDA, ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE ET SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE AUTONOME,2020/2021, Université Badji Mokhtar - Annaba

[35] Vente Equipements solaire et accessoires, l'entreprise SOPREC SPA

[36] Z. MOKADEM et L. TOUHAMI, Etude et dimensionnement d'un système solaire photovoltaïque du pôle universitaire de l'université de Médéa par logiciel Pvsyst, Université Yahia Farés de Médéa

[37] logiciel PV system 6.8.1