

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Energies Renouvelables Conversion Photovoltaïque

**Stratégies Innovantes pour la transition énergétique : La
performance énergétique et l'amélioration durable dans les
établissements Algériens**

Par

HANNOU Abderrahmane

GUEBLI.W

MCB , Université Blida 1

President de Juré

DOUMAZ.T

MAA , Université Blida 1

Examineur

BOUZAKI.M.M

MCB , Université Blida 1

Promoteur

Blida, Juillet 2024

ملخص

إن كفاءة الطاقة أصبحت حاسمة، وتهدف إلى تقليل استهلاك الطاقة دون التأثير على الراحة البشرية. في الجزائر، يتم تطوير مفهوم المباني الذكية، التي تتكامل مع أنظمة التشغيل الذاتي للمنزل (أتمتة المنزل) لتعزيز الراحة الحرارية وتقليل استهلاك الطاقة. وسيتم التركيز في مشروع البليدة على تصميم المباني الاستيرادية، وهذا باستعمال الحلول المباشرة و الغير مباشرة و باستخدام المواد والتقنيات المستدامة، مع تحقيق الهدف الرئيسي الذي هو تقليل استهلاك الطاقة وتخفيض الغازات المنبعثة، في الوقت نفسه ضمان بيئة حياة ممتعة. في النهاية، سيكون هذا المشروع مثالاً لتصميم مباني بيومناخية و صديقة للبيئة في الجزائر وغيرها من المناطق ذات الصلة.

الكلمات المفتاحية : الكفاءة الطاقوية، الطاقة المتجددة، استهلاك طاقة، المباني الطاقوية، المباني الذكية

Résumé

L'efficacité énergétique devient cruciale, visant à réduire la consommation d'énergie sans compromettre le confort humain. En Algérie, le concept de bâtiment intelligent se développe, intégrant la domotique et l'immotique pour améliorer le confort thermique et réduire la consommation énergétique. Le projet étudié à Blida portera sur la conception de bâtiments économes en énergie, en basant sur les solution passives et actives en utilisant des matériaux et techniques durables, et aussi de faire l'intégration des énergies renouvelables avec pour objectif principal de diminuer la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre tout en assurant un cadre de vie agréable. En fin de compte, ce projet servira d'exemple de conception et de construction d'habitats bioclimatiques en Algérie et dans d'autres régions similaires.

Les mots clés : efficacité énergétique, énergie renouvelables, consommation énergétique, habitat bioclimatique, bâtiment intelligent

Abstract

Energy efficiency is becoming crucial, aiming to reduce energy consumption without compromising human comfort. In Algeria, the concept of intelligent buildings is developing, integrating home automation and building automation systems to improve thermal comfort and reduce energy consumption. The project being studied in Blida will focus on the design of energy-efficient buildings using sustainable materials and techniques, with the primary objective of reducing energy consumption and greenhouse gas emissions while ensuring a pleasant living environment. Ultimately, this project will serve as an example of the design and construction of bioclimatic habitats in Algeria and other regions with similar conditions.

Keywords: energy efficiency, renewable energy, energy consumption, bioclimatic habitat, smart building

Remerciement

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude à « الله », le Tout-Puissant, de nous avoir guidés sur le chemin du savoir et de nous avoir donné la force, le courage et la volonté nécessaires pour surmonter toutes les difficultés et réaliser ce mémoire.

Ce mémoire a été réalisé à l'Université Saad DAHLAB Blida 1 dans le cadre de la préparation de mon MASTER en énergies renouvelables spécialité Conversion PV, sous la direction du Dr. BOUZAKI.M.M. Nous remercions notre encadreur Dr. BOUZAKI.M.M pour son intérêt permanent porté à notre travail.

Nous remercions également tous nos enseignants du département des énergies renouvelables qu'on a eu durant tout notre parcours universitaire, car sans eux nous ne serions pas là où nous sommes aujourd'hui, et spécialement Dr GUEBLI.W et Mr DOUMAZ.T

Sans oublier de remercier nos amis, tous nos collègues et l'ensemble des étudiants, car sans leurs complicités ces années d'études n'auraient jamais été si agréables.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la mise en œuvre de ce travail.

Pour finir, nous voudrions dire un grand et chaleureux merci à toutes ma famille et mes amis qui n'ont pas cessé de croire en moi, de m'encourager et de me soutenir pendant toutes ces années d'études et d'ailleurs toute la vie.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance

:

À la mémoire de mon Grand-père ABDELKADER

*À mes très chers parents, Qui n'ont jamais cessé d'adresser leurs
prières à « الله »*

À ma petite sœur MOUNA AROUA

*À mes enseignants et spécialement Dr. GUEBLI.W et Mr.
DOUMAZ.T,*

À ma chère princesse et NANA « H »

À tous mes amis et mes Collègues

À toute la famille du département des énergies renouvelables

TABLE DES MATIERES

Résumé	
Remerciement	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE.....	01
CHAPITRE I GENERALITE ET ETAT DE L'ART	
I.1 Introduction	04
I.2 Définition de l'énergie	04
I.2.1 Les énergies fossiles	04
I.2.2 L'énergie nucléaire	05
I.2.3 Les énergies Renouvelables	05
I.2.3.1 L'énergie Hydraulique	06
I.2.3.2 L'énergie éolienne	06
I.2.3.2 L'énergie Géothermique	07
I.2.3.4 L'énergie solaire (photovoltaïque et thermique)	07
I.3 La problématique de l'Energie	08
I.3.1 La Consommation énergétique dans le monde	08
I.3.2 La consommation énergétique en Algérie	09
I.3.2.1 Bâtiment et résidentiel	09
I.3.2.2 l'industrie	10
I.4 La Transition énergétique	10
I.5 L'efficacité énergétique	10
I.5.1 Politique d'efficacité énergétique en Algérie	11
I.5.2 L'efficacité énergétique dans le bâtiment	11
I.5.3 classification des bâtiments à efficacité énergétique	11
I.5.3.1 Les Bâtiments à énergie positive	11
I.5.3.2 L'écoconstruction	11
I.5.3.3 Les maisons autonomes ou maisons zéro-énergie	12
I.5.3.4 Les bâtiments rénovés à haute efficacité énergétique	12
I.5.3.5 Les bâtiments intelligents	12
I.6 Solution pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments.....	13
I.6.1 Solution Passive	13
I.6.2 Solution Active	17
I.7 état de l'art	19
I.8 Conclusion	21

CHAPITRE II PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

II.1 Introduction	22
II.2 Présentation du cas d'étude	22
II.2.1 Présentation du site	22
II.2.2 Présentation des caractéristiques climatiques	23
II.2.3 Localisation.....	24
II.3 Description du projet.....	25
II.3.1 Plan architectural du cas d'étude.....	25
II.3.2 En perspective.....	27
II.4 Mesure d'efficacité énergétique proposée.....	29
II.4.1 Mesure d'efficacité énergétique Passive.....	29
II.4.1.1 Choix des matériaux de construction.....	29
II.4.1.2 Le bilan thermique	32
II.4.2 Mesure d'efficacité énergétique active	34
II.4.2.1 Le bilan énergétique.....	34
II.5 Conclusion	35

CHAPITRE III SIMULATION ET MODÉLISATION

III.1 Introduction	36
III.2 Les outils informatique utiliser	36
III.2.1 Pléiades	36
III.2.2 PVSyst	36
III.2.3 TRNSYS	37
III.3 Processus de modélisation et simulation	37
III.3.1 Définition des compositions des éléments constructifs	37
III.3.2 Définition des scénarios d'occupation	38
III.3.3 Définition des scénarios de chauffage et climatisation	38
III.3.4 Définition des zones thermiques	39
III.3.5 Processus de simulation PV	41
III.3.6 Processus de simulation thermique	45
III.4 Conclusion	47

CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 Introduction	48
IV.2 Résultats obtenu du confort thermique du bâtiment	48
IV.2.1 Simulation sans consigne	48
IV.2.1.1 Proposition 01	48
IV.2.1.2 Proposition 02	50
IV.2.2 Simulation avec consigne	51
IV.2.2.1 Proposition 01	52
IV.2.2.2 Proposition 02	53
IV.2.3 Evaluation énergétique de notre travail.....	55
IV.4 Résultats obtenu Pour la simulation PV	56
IV.4.1 Pour le bâtiment	56

IV.4.2 Pour la station de recharge des voitures	60
IV.5 Résultats obtenu Pour la simulation thermique	64
IV.6 Conclusion	65
CHAPITRE V APPROCHES TECHNOLOGIQUES POUR L'INTÉGRATION	
DU SYSTEME SMART	
V.1 Introduction	66
V.2 Les systèmes intelligents	66
V.2.1 La domotique	66
V.2.1.1 Fonctionnement de la domotique	67
V.2.2.2 Constitution de la domotique	69
V.2.2 L'immotique	71
V.3 conclusion	72
CONCLUSION GENERALE	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	74

LISTE DES FIGURES

Figure (I.1) : Émissions de Gaz à Effet de Serre des Centrales à Énergie Fossile	05
Figure (I.2) : Centrale Électrique Nucléaire	05
Figure (I.3) : Schéma de Fonctionnement d'une Centrale Hydroélectrique	06
Figure (I.4) : Champ de tours d'éolienne	06
Figure (I.5) : Schéma explicatif de la Géothermie	07
Figure (I.6) : Installation de Panneaux Solaires sur un Toit Résidentiel	08
Figure (I.7) : La consommation d'énergie finale dans le monde	08
Figure (I.8) : La consommation d'énergie finale en Algérie le 15 Août 2021	09
Figure (I.9) : Les équipements novateur du bâtiment intelligent	13
Figure (I.10) : Une orientation Sud/Nord	14
Figure (I.11) : L'éclairage par les fenêtres	16
Figure (I.12) : L'éclairage par le plafond	16
Figure (I.13) : L'éclairage par vitrages	17
Figure (I.14) : Les énergies renouvelables intégrées dans le bâtiment	18
Figure (I.15) : Pergola	18
Figure (I.16) : Une serre solaire	18
Figure (I.17) : Surfaces vitrées par les panneaux solaires transparents	19
Figure (II.1) : Carte de la situation de Blida.....	22
Figure (II.2) : La variation des températures mensuelles de Blida	23
Figure (II.3) : Les valeurs mensuelles de la durée d'ensoleillement Blida	23
Figure (II.4) : L'Ecole Technique de Blida ETB	24
Figure (II.5) : Image Satellitaire du terrain choisi	24
Figure (II.6) : Plan de structure	25
Figure (II.7) : Plan	26
Figure (II.8) : Plan de calepinage	26
Figure (II.9) : Visualisation 3D du projet en perspective	27
Figure (II.10) : Visualisation 3D du projet en perspective	28
Figure (II.11) : Visualisation 3D du projet en perspective intérieure	28
Figure (II.12) : Plan de masse	29
Figure (III.1) : Logo pléiades	36
Figure (III.2) : Logo PVsyst	37
Figure (III.3) : Logo TRNSYS	37
Figure (III.4) : La composition des murs extérieur	37
Figure (III.5) : La composition des murs intérieure	37
Figure (III.6) : La composition des Plancher Bas	38
Figure (III.7) : La composition des Plancher Haut	38
Figure (III.8) : La composition des Portes	38
Figure (III.9) : La composition des Fenêtres	38
Figure (III.10) : Scénario de consigné de chauffage	39
Figure (III.11) : Scénario de consigné de climatisation	39
Figure (III.12) : Vue de droit en 3d sous modeleur.....	39

Figure (III.13) : Les zones sous modeleur.....	39
Figure (III.14) : L'importation du fichier météorologique de Blida	41
Figure (III.15) : L'orientation et l'inclinaison	41
Figure (III.16) : La consommation énergétique de notre bâtiment	42
Figure (III.17) : Choix des Batteries	42
Figure (III.18) : Choix du Champ PV.....	43
Figure (III.19) : Schéma d'installation.....	43
Figure (III.20) : La consommation énergétique de la station de recharge des voitures	44
Figure (III.21) : Choix des Batteries	44
Figure (III.22) : Choix du Champ PV	45
Figure (III.23) : Schéma d'installation dans TRNSYS	45
Figure (III.24) : La période choisie pour l'étude	46
Figure (III.25) : Les paramètres du capteur	46
Figure (III.26) : Les paramètres de la pompe	46
Figure (III.27) : Les paramètres de la cuve de stockage	47
Figure (III.28) : Les paramètres du profile de consommation	47
Figure (IV.1) : La variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude	49
Figure (IV.2) : La variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude	50
Figure (IV.3) : La variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude	52
Figure (IV.4) : La variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude	54
Figure (IV.5) : Classe énergétique dans l'étiquette énergétique	55
Figure (IV.6) : Les principaux paramètres du système	56
Figure (IV.7) : Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie	57
Figure (IV.8) : La consommation journalière est le profil horaire	57
Figure (IV.9) : Rapport de résultats principaux	58
Figure (IV.10) : Diagramme des pertes sur toute l'année	59
Figure (IV.11) : Les principaux paramètres du système	60
Figure (IV.12) : Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie	61
Figure (IV.13) : La consommation journalière est le profil horaire	61
Figure (IV.15) : Rapport de résultats principaux	62
Figure (IV.16) : Diagramme des pertes sur toute l'année	63
Figure (IV.17) : La variation des températures de sortie du capteur par rapport l'éclairement...64	64
Figure (IV.18) : La variation des températures de sortie maximale du capteur.....64	64
Figure (IV.19) : La variation la température de sortie minimale du capteur.....65	65
Figure (V.1) : Fonctionnement de la domotique	67
Figure (V.2) : Principe de fonctionnement de la domotique sans fil	68
Figure (V.3) : Les différents capteurs domotiques sans fil	69
Figure (V.4) : Capteur de température	70
Figure (V.5) : Un exemple de thermostat connecté et sa mise en place	70
Figure (V.6) : Mise en place de Détecteurs d'ouverture	71
Figure (V.7) : Schéma explicatif des solutions GTC et GTB	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (I.1) : Différentes matériaux d'isolation	15
Tableau (II.1) : Surface des pièces	27
Tableau (II.2) : Compositions des murs extérieurs	29
Tableau (II.3) : Compositions des murs intérieurs	30
Tableau (II.4) : Composition du plancher bas	30
Tableau (II.5) : Composition du plancher haut	31
Tableau (II.6) : Composition des ouvertures	31
Tableau (II.7) : Les zones climatiques d'un logement individuel	32
Tableau (II.8) : Les déperditions surfaciques par transmission	33
Tableau (II.9) : Les besoins énergétique de notre Bâtiment	34
Tableau (III.1) : Compositions des murs du bâtiment selon les pratiques de construction ordinaire	40
Tableau (III.2) : Compositions des murs du bâtiment selon de construction durable avec isolation	40
Tableau (IV.1) : résultat de simulation sans consigne thermostat	48
Tableau (IV.2) : résultat de simulation sans consigne thermostat	50
Tableau (IV.3) : résultat de simulation avec consigne thermostat	52
Tableau (IV.4) : résultat de simulation avec consigne thermostat	53

INTRODUCTION GENERALE

La transition énergétique est devenue une préoccupation majeure à l'échelle mondiale, notamment en raison des défis liés au changement climatique et à la dépendance aux énergies fossiles. Dans ce contexte, les établissements algériens, comme partout ailleurs, sont confrontés à la nécessité d'adopter des stratégies innovantes pour améliorer leur performance énergétique et promouvoir le développement durable.

L'Algérie, riche en ressources naturelles, a historiquement dépendu des combustibles fossiles pour répondre à ses besoins énergétiques. Cependant, la prise de conscience croissante des enjeux environnementaux et la volonté de diversifier les sources d'énergie ont conduit à une réévaluation des politiques énergétiques du pays. Dans ce cadre, les établissements algériens, qu'ils soient publics ou privés, jouent un rôle essentiel en tant que consommateurs d'énergie et acteurs de la transition énergétique.

A l'échelle nationale, le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, il présente 43% de la consommation finale.

Les efforts fournis par l'humain ont permis de donner naissance à des nouveaux concepts parmi eux on retrouve la notion d'efficacité énergétique ; c'est là où on va voir toutes l'importance des solutions. Ces solutions ont pour but d'avoir un bâtiment cohérent d'un point de vue énergétique, ce qui permet une diminution de la consommation d'énergie sans toucher au confort de l'humain.

En Algérie, le concept de bâtiment intelligent est en plein développement. Nous intégrons la domotique à petite échelle dans nos maisons et l'immotique pour les équipements à grande échelle afin d'améliorer le confort thermique des occupants et de réduire la consommation énergétique.

Notre projet comprendra une étude approfondie d'un bâtiment cohérent d'un point de vue énergétique à Blida, ainsi que les matériaux et techniques de construction durables pour crée des logements économes en énergie.

L'objectif principal est de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre tout en créant un cadre de vie sain et agréable pour les occupants.

En fin de compte, le projet fournira un exemple pratique de conception et de construction d'habitats bioclimatiques en Algérie et dans d'autres régions présentant des conditions climatiques similaires à travers le monde.

Problématiques :

- Quelles sont les meilleures pratiques et technologies pour concevoir et construire des bâtiments résidentiels à haute efficacité énergétique ?
- Comment aborder la haute performance énergétique ?
- Comment les dispositifs et les technologies intelligent peuvent-ils être utilisés pour surveiller et analyser la consommation d'énergie dans les habitations ? et comment ces données peuvent-elles être exploitées pour identifier les opportunités d'économies d'énergie ?

Objectifs :

- Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels en les rendant conformes à une norme de performance énergétique spécifique.
- Démontrer l'importance d'une opération de rénovation énergétique d'un logement à l'échelle locale pour l'étendre à l'échelle régionale et l'échelle nationale.
- Réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et au refroidissement des bâtiments résidentiels en améliorant l'isolation thermique des murs, des toits et des fenêtres et Viser un avenir durable.

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre des efforts menés sur la maîtrise énergétique et la réduction de la consommation de l'électricité et du gaz dans le bâtiment tout en assurant une qualité des ambiances intérieures satisfaisantes. Il s'articule autour de deux volets :

- Le premier, étant théorique documentaire pour expliciter les concepts nécessaires et une meilleure compréhension du comportement énergétique du bâtiment.
- Le deuxième, pratique, et basé sur la modélisation et la simulation. Il portera donc sur l'étude un bâtiment à haute efficacité énergétique à Blida et l'utilisation des logiciels de modélisation et simulation énergétique (PVsyst, Pléiades, TRNSYS).

Structure du mémoire :

Afin de bien orienter notre projet, nous allons composer notre travail en cinq chapitres essentiels.

Le premier chapitre présente une vue d'ensemble d'étude bibliographique avec un passage en état de l'art de l'identification et des définitions de l'énergie et la consommation énergétique, aussi de la transition énergétique, l'efficacité énergétique et les caractéristiques de l'habitat bioclimatique et du confort thermique, en s'appuyant sur des divers documents.

Pour ce qui est du second chapitre, nous exposons une étude du site ou ce projet en question est en train d'être réalisé, les matériaux de construction, les différents composants énergétiques, les données climatologiques du site, les plans d'architecture et des visualisation 3D.

Pour étudier le comportement énergétique (photovoltaïque et thermique) de notre cas d'étude, en troisième chapitre, nous avons opté pour l'utilisation de la simulation énergétique dynamique. Cette simulation permet de déterminer les performances énergétiques du bâtiment, y compris la production d'énergie photovoltaïque et les gains et pertes thermiques, afin d'optimiser l'efficacité énergétique et le confort thermique. Après afficher et discuter ces résultats dans le quatrième chapitre.

Et pour clôturer le tous, un dernier chapitre consacré à l'approche technologique pour l'intégration de la touche SMART afin d'optimiser la consommation d'énergie, réduire les coûts et améliorer le confort des occupants.

CHAPITRE I

GENERALITE ET ETAT DE L'ART

I.1 Introduction :

Dans le contexte énergétique actuel, marqué par l'épuisement des ressources fossiles et le réchauffement climatique, de nouvelles exigences de performance s'imposent aux bâtiments. Ces exigences concernent les performances énergétique et environnementale. La performance énergétique se réfère à la consommation d'énergie nécessaire pour assurer la salubrité et le confort des occupants. Cette consommation englobe le chauffage, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les équipements électriques (réfrigérateur, ordinateur, etc.), ainsi que la climatisation, dont les besoins sont susceptibles d'augmenter à long terme en raison du réchauffement climatique.

I.2 Définition de l'énergie :

L'énergie est la quantité physique nécessaire pour effectuer un travail (mécanique, chimique, etc....) Réaliser sous différentes formes : énergie thermique ou calorifique (chaleur), énergie électrique (électricité), énergie mécanique, énergie chimique, énergie nucléaire et enfin énergie renouvelable.

La notion d'énergie utile est rarement évoquée seule. Pour bien comprendre ce qu'elle recouvre, il faut avoir en tête les différents stades de l'énergie [1].

I.2.1 Les énergies fossiles :

L'énergie fossile provient de la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz naturel. Ces combustibles riches en carbone sont issus de la transformation de matières organiques enfouies dans le sol pendant des millions d'années, d'où le terme "fossiles". Contrairement aux énergies renouvelables, elles ne peuvent être reconstituées qu'à l'échelle des temps géologiques [2].



Figure (I.1) : Émissions de Gaz à Effet de Serre des Centrales à Énergie Fossile [4].

I.2.2 L'énergie nucléaire :

L'énergie nucléaire est une forme d'énergie libérée par le noyau des atomes, composé de protons et de neutrons. Elle peut être produite de deux manières : par la fission, qui consiste à diviser le noyau de l'atome en plusieurs parties, ou par la fusion, qui implique la combinaison de plusieurs noyaux [3].



Figure (I.2) : Centrale Électrique Nucléaire [5].

I.2.3 Les énergies Renouvelables :

Les énergies renouvelables sont des moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées. Contrairement aux énergies fossiles qui sont limitées et non renouvelables à l'échelle humaine, les énergies renouvelables proviennent de sources telles que le soleil et le vent, qui sont inépuisables à notre échelle.

Bien que souvent qualifiées d'« énergies vertes » ou « énergies propres », il est important de noter qu'elles ont également des conséquences environnementales importantes [4].

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes.

I.2.3.1 L'énergie Hydraulique :

L'énergie hydraulique permet de produire de l'électricité, dans les centrales hydroélectriques, grâce à la force de l'eau. Cette dernière dépend soit de la hauteur de la chute d'eau (centrales de haute ou moyenne chute) ou du débit des fleuves et des rivières (centrales au fil de l'eau) [7].

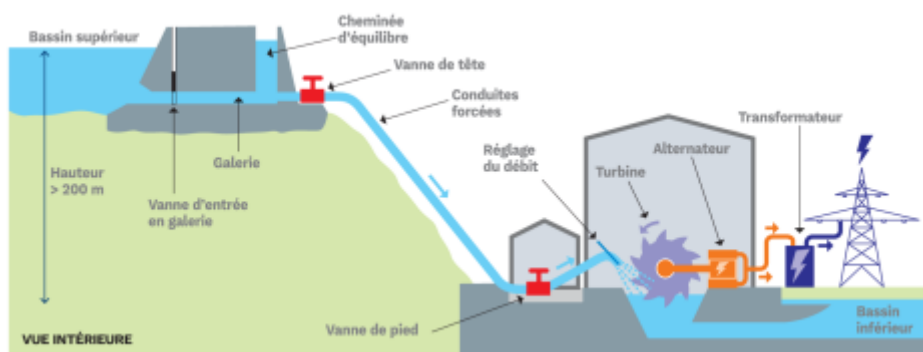


Figure (I.3) : Schéma de Fonctionnement d'une Centrale Hydroélectrique [7].

I.2.3.2 L'énergie éolienne :

L'énergie éolienne est produite par la force du vent agissant sur les pales d'une éolienne. Lorsque le vent souffle, il exerce une force sur les pales, provoquant la rotation du rotor. L'énergie mécanique ainsi générée est ensuite convertie en électricité, qui peut être distribuée sur le réseau électrique via un transformateur [6].



Figure (I.4) : Champ de tours d'éolienne [6].

I.2.3.2 L'énergie Géothermique :

La géothermie consiste à exploiter la chaleur stockée dans le sous-sol. Cette énergie est utilisée principalement de deux façons : pour produire de l'électricité et pour générer de la chaleur. Selon la nature des ressources, la technique employée et les besoins spécifiques, les applications de la géothermie sont variées [3].

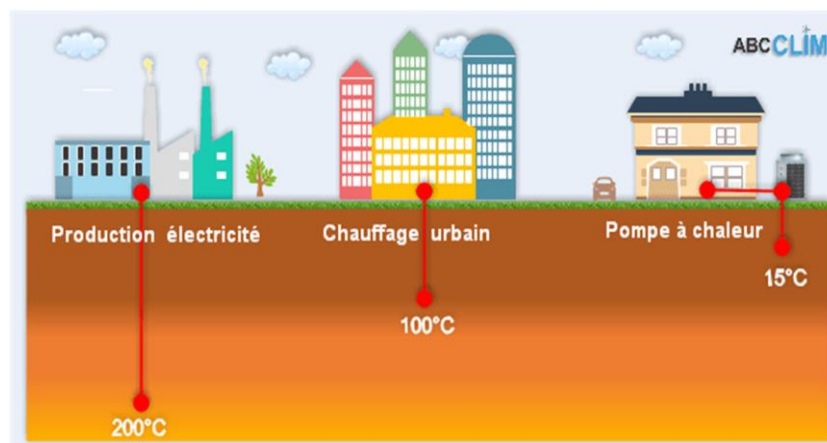


Figure (I.5) : Schéma explicatif de la Géothermie [3]

I.2.3.4 L'énergie solaire (photovoltaïque et thermique) :

L'énergie solaire désigne l'énergie obtenue à partir du rayonnement du Soleil sous la forme de lumière et de chaleur.

L'énergie solaire se divise en deux types principaux : l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie solaire thermique.

L'énergie solaire photovoltaïque utilise des cellules photovoltaïques pour convertir la lumière du Soleil en électricité. Les panneaux solaires photovoltaïques, grâce à leur modularité, peuvent être utilisés aussi bien à petite échelle pour les maisons qu'à grande échelle pour la production d'énergie. En revanche, l'énergie solaire thermique capture la chaleur du Soleil pour chauffer un fluide, comme de l'eau, qui peut ensuite être utilisé pour le chauffage domestique, la production d'eau chaude sanitaire, ou même la génération d'électricité [5].



Figure (I.6) : Installation de Panneaux Solaires sur un Toit Résidentiel [5]

I.3 La problématique de l'Énergie :

La crise énergétique mondiale constitue un enjeu majeur, impactant nos vies et les marchés de l'énergie. Notre dépendance aux combustibles fossiles pose des défis en termes de sécurité énergétique et émissions de gaz à effet de serre. La transition vers les énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, nécessite des investissements et des infrastructures adaptées.

I.3.1 La Consommation énergétique dans le monde :

La consommation énergétique mondiale de 1980 à nos jours, mettant en évidence une croissance constante de la demande en énergie. Cette augmentation est due à plusieurs facteurs, tels que la croissance démographique, l'industrialisation et l'urbanisation rapide [8].

La figure 09 schématise la consommation d'énergie finale dans le monde.

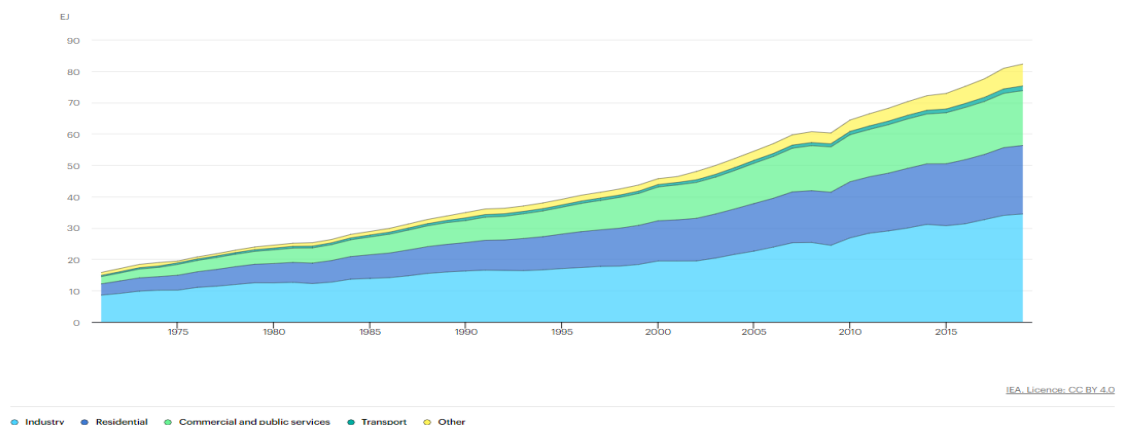


Figure (I.7) : la consommation d'énergie finale dans le monde [8]

I.3.2 La consommation énergétique en Algérie :

La consommation nationale d'énergie, y compris les pertes, a atteint 67,2 Mtep en 2021, marquant une augmentation de 7,7 % par rapport à 2020. Cette hausse est principalement due à une augmentation de 8,0 % de la consommation finale [9].

Il est bien admis aujourd'hui que les capacités de production d'électricité en Algérie, soit 20 963 MW en 2019, sont plus destinées à satisfaire la Pointe Maximale Appelée (PMA) de la demande qui a atteint un record historique de 16 224 MW le 15 Août 2021 à 15h00 [10].

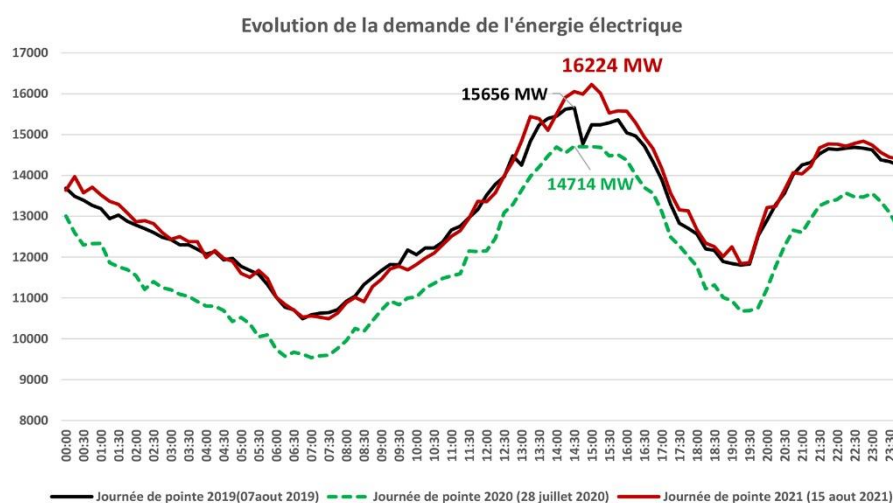


Figure (I.8) : la consommation d'énergie finale en Algérie le 15 Août 2021 [10].

Pour aborder la problématique de la consommation énergétique en Algérie, plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique dans les secteurs résidentiel, industriel et des transports.

I.3.2.1 Bâtiment et résidentiel : A l'échelle nationale, le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, il présente 43% de la consommation finale [11]. Il s'agissait également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment le chauffe-eau solaire et les lampes économiques (LBC), aussi faire une isolation thermique afin d'améliorer le confort intérieur des logements tout en utilisant moins d'énergie [12].

I.3.2.2 l'industrie : En 2021, la consommation énergétique du secteur « Industries et BTP » a connu une hausse notable de 12 %, atteignant 12,2 Mtep. Cette augmentation est liée à la reprise de l'activité économique, principalement soutenue par les sous-secteurs des industries ISMME, agroalimentaires, chimiques et des matériaux de construction [9].

I.4 La Transition énergétique :

La transition énergétique est le passage d'un modèle de consommation d'énergie à base fossile à un nouveau modèle durable à base renouvelable.

Le concept de transition énergétique est né en Allemagne et en Autriche au début des années 1980. Elaboré par l'association allemande Oka-Institut, il a comme objectif « l'abandon de la dépendance aux énergies fossiles », c'est-à-dire une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie et un passage du système énergétique actuel basé sur les ressources non renouvelables vers un mix énergétique basé à un rythme croissant sur des ressources renouvelables [13].

La transition énergétique est basée sur deux piliers :

- Le développement des énergies renouvelables, permettant de créer un nouveau système énergétique vert et respectueux de l'environnement.
- L'adoption de mesures d'efficacité énergétique, visant à instaurer un système énergétique plus durable en préservant les ressources fossiles pour les générations futures.

I.5 L'efficacité énergétique :

Il existe plusieurs définitions de l'efficacité énergétique, ce qui peut parfois rendre difficile la compréhension du terme et donc son application. Afin d'éclaircir ce concept et d'en faire une ligne directrice de développement, il importe de le comprendre.

Par « efficacité énergétique », on entend globalement une meilleure utilisation de l'énergie disponible. On obtient un rendement énergétique plus élevé, tout en utilisant une faible quantité de la ressource pour recevoir le même service. Ceci permet de réduire l'empreinte écologique, qui se traduit notamment par la réduction des émissions de gaz à effet de serre GES [14].

I.5.1 Politique d'efficacité énergétique en Algérie :

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme comporte des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Ce programme prévoit l'introduction des mesures d'efficacité énergétique dans les trois secteurs du bâtiment, de transport et de l'industrie et aussi l'encouragement de la création d'une industrie locale de fabrication des lampes performantes, des chauffe-eau solaires, des isolants thermiques par l'encouragement de l'investissement local ou étranger [15].

I.5.2 L'efficacité énergétique dans le bâtiment :

L'efficacité énergétique d'un bâtiment dépend de nombreux facteurs : l'orientation, la forme, la qualité de l'isolation thermique, le choix des fenêtres et l'utilisation de protections solaires, entre autres. Pour réduire les besoins en chauffage et en climatisation, et ainsi limiter les émissions polluantes, les communes peuvent veiller à optimiser tous ces aspects dès la phase de conception du bâtiment [16].

I.5.3 classification des bâtiments à efficacité énergétique :

I.5.3.1 Les Bâtiments à énergie positive :

Elles produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment grâce à des équipements de production d'électricité (panneaux solaires, éoliennes, etc.). Le principe généralement appliqué est de revendre l'électricité produite à la société de production à un prix avantageux, ce qui permet d'éviter les problèmes de stockage et d'acheter l'électricité du réseau en cas de besoin [14].

I.5.3.2 L'écoconstruction :

Combinaison des mots « écologie » et « construction », la notion d'écoconstruction est née dans les années soixante pour définir des bâtiments qui minimisent leurs besoins, ainsi que leur impact sur le site et sur l'environnement. Ces bâtiments sont intégrés le plus respectueusement possible dans leur milieu, et mettent en œuvre des ressources naturelles et locales (matériaux, entreprises, mais aussi soleil, eau, sol, etc.). Ils font appel à des matériaux abondamment et facilement disponibles, renouvelables, et non polluants : pierre, terre, bois, paille,

chanvre, etc. L'écoconstruction s'inspire en cela de l'architecture vernaculaire et de ses principes de bon sens, de durabilité et d'économie de moyens, améliorée par des apports techniques permettant de tirer profit des énergies renouvelables : solaire passif, électricité solaire, éolienne, géothermie, puits canadien, etc [14].

I.5.3.3 Les maisons autonomes ou maisons zéro-énergie :

Le principe des maisons autonomes est de produire directement l'énergie nécessaire au chauffage et à l'éclairage, sans dépendre d'un fournisseur extérieur, et de gérer son Approvisionnement en eau (récupération de l'eau de pluie, des cours d'eau, etc.), ainsi que son traitement (par lagunage : l'eau est filtrée par les racines des plantes). Cette démarche va de Pair avec une réduction de ses besoins et l'utilisation d'équipements peu gourmands en énergie.

Elle implique un changement de comportement par rapport aux habitudes actuelles [14].

I.5.3.4 Les bâtiments rénovés à haute efficacité énergétique :

Les bâtiments rénovés à haute efficacité énergétique présentent divers aspects tels que l'isolation thermique, l'orientation, le choix des fenêtres et l'intégration de systèmes de chauffage et de climatisation efficaces, ces bâtiments permettent de réduire considérablement la consommation d'énergie. Cette rénovation énergétique peut inclure plusieurs mesures, comme l'amélioration de l'isolation des murs, des toits et des sols, le remplacement des fenêtres par des modèles à double ou triple vitrage, l'installation de systèmes de chauffage et de refroidissement à haute efficacité, et l'utilisation de sources d'énergie renouvelable, telles que les panneaux solaires. Les communes et les gouvernements peuvent également jouer un rôle en offrant des incitations financières et des subventions pour encourager ces rénovations [17].

I.5.3.5 Les bâtiments intelligents :

Le bâtiment intelligent utilise des technologies de pointe pour intégrer les avantages de la maison intelligente à d'autres innovations, aboutissant ainsi à la création de bâtiments à énergie positive. Tandis que la maison intelligente évoque des termes comme « maison connectée », « smart home » et « domotique », le bâtiment intelligent est associé à des concepts tels que :

- Smart building
- Smart Grid
- Immotique (automatisation des tâches pour les immeubles, similaire à la domotique pour les maisons).

Les smart buildings, qu'ils soient destinés au secteur tertiaire ou résidentiel, utilisent des outils de haute technologie, tels que des capteurs, et un système de pilotage sophistiqué pour ajuster les paramètres en fonction des besoins des occupants [18].

Les équipements novateurs du bâtiment intelligent

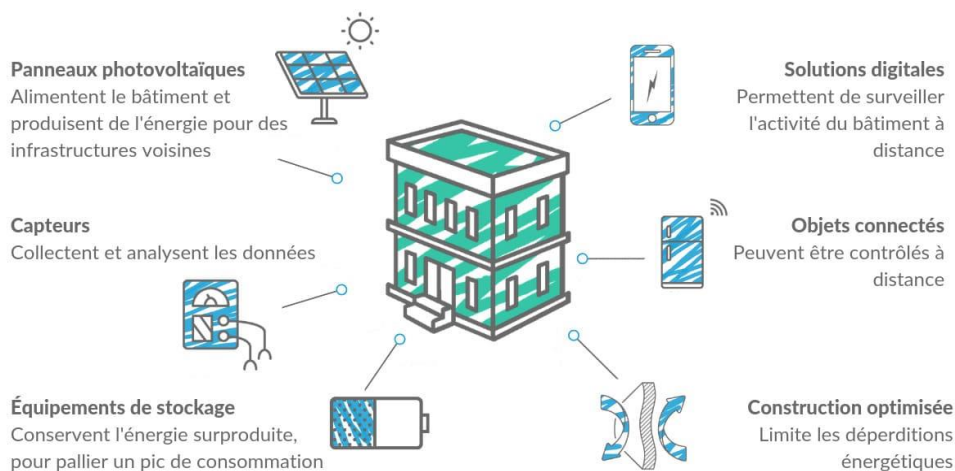


Figure (I.9) : Les équipements novateur du bâtiment intelligent [19]

I.6 Solution pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments :

Pour maintenir une efficacité énergétique optimale dans un bâtiment, diverses solutions et techniques peuvent être mises en œuvre, intégrant plusieurs technologies avancées. Il existe des solutions actives et passives qui intègrent différentes technologies écologiques et indépendantes.

I.6.1 Solution Passive :

➤ Climatologie :(Situation - Lieu - Caractéristiques météorologiques)

Il est crucial de comprendre les conditions d'humidité et de température de l'environnement, ainsi que les précipitations et les vents dominants. Aussi les données météorologiques pour chaque site sont recueillies à l'aide de sites web et de logiciels spécialisés tels que PVGIS, Météonorme... etc [20].

➤ **La compacité :**

Le rapport entre le volume protégé (le volume intérieur d'un bâtiment) et la surface des déperditions (la surface extérieure par laquelle la chaleur peut s'échapper). Elle est meilleure quand la valeur est faible, la Compacité du tissu urbain permet de réduire les surfaces d'échange thermique. Les maisons traditionnelles se caractérisent par la compacité à l'échelle urbaine et celle du bâti ce qui permet de réduire les surfaces d'échange et réduire les apports solaires reçus [21].

➤ **Orientation :**

L'orientation reste un facteur très important à considérer surtout pour la répartition des ouvertures et des pièces d'un bâtiment. La maison doit être orientée de façon à éviter les surchauffes estivales et limiter les déperditions hivernales. Les pièces à vivre seront de préférence au sud. Les ouvertures doivent également être orientées vers le sud avec une conception qui facilite le captage solaire passif en hiver et fournit une protection solaire adaptée pour l'été (pare-soleil). Orienter le logement au sud améliore l'éclairage naturel et diminue le besoin en éclairage artificiel [22].

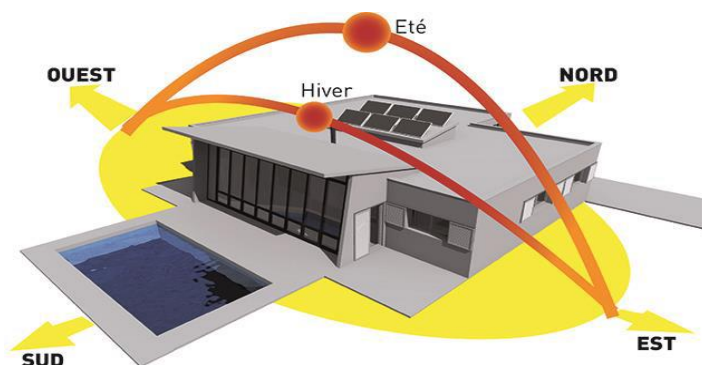







Figure (I.10) : Une orientation Sud/Nord [22]

➤ **L'isolation**

Pour améliorer l'efficacité énergétique de la maison et diminuer la consommation d'énergie, l'isolation thermique est un passage obligatoire. Une bonne isolation permet de limiter la consommation d'énergie, et donc de réduire l'émission de gaz à effet de serre. Cela permet ainsi de lutter contre le changement climatique. Pour obtenir cette isolation, des matériaux avec une forte résistance thermique sont utilisés dont :

Tableau (I.1) : Différentes matériaux d'isolation [14]

L'isolant	Description	Image
Mono-Brique	Elle se distingue par sa structure alvéolée pouvant accueillir un matériau isolant, afin d'améliorer ses performances en isolation thermique.	
Laine de Verre	La laine de verre est élaborée à partir de sable et de verre recyclé ou calcin, par fusion et fibrage.	
Laine de Roche	La laine de roche est un matériau isolant thermique et phonique qui résiste à l'humidité. En effet, la laine de roche est fabriquée grâce à un mélange de basalte (de la roche volcanique), de calcaire et/ou d'argile chauffé à plus de 1400°C et passé à travers un tamis afin d'obtenir des filaments.	
Panneau en plâtre (panneau HGP)	Le panneau HGP est un panneau de plâtre fibro-renforcé en fibre de verre. Ils forment après assemblage croisé un parement vertical en plâtre fini de 25 mm d'épaisseur	
Polystyrène	Le polystyrène est un polymère très couramment utilisé dans le domaine de bâtiment grâce à sa propriété d'isolation, il possède une très bonne résistance thermique.	

➤ **Solaire passif**

Le solaire passif permet d'utiliser les gains solaires reçus pour les besoins de chauffage instantané et de stocker le reste sous forme de masse thermique ou de dispositifs de stockage. Il fait appel à trois principes : le captage, le stockage et la distribution de l'énergie du soleil [23]. Il existe plusieurs méthodes tel que :

✓ L'éclairage naturel :

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment. L'éclairage naturel amène deux à trois fois moins de chaleur au local que l'éclairage artificiel.

L'éclairage par les fenêtres garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante.

L'éclairage par le plafond a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres [14].



Figure (I.11) : L'éclairage par les fenêtres



Figure (I.12) : L'éclairage par le plafond

✓ Les surfaces vitrées :

La vitre ne laisse pas passer 100% du rayonnement solaire reçu, il est aisé de comprendre que plus une fenêtre comportera de couches vitrées, plus elle bloquera le rayonnement. En pratique, cette constatation peut être utile pour bien choisir ses vitres :

- Le simple vitrage est le moins performant thermiquement mais laisse passer quasiment toutes les calories solaires.
- Le double vitrage est moins performant thermiquement que le triple vitrage mais laissera davantage passer les calories solaires.
- Le triple vitrage est encore plus performant qu'une vitre double vitrage car il possède deux lames d'air et trois vitres, ce qui empêche encore plus aux calories de fuir vers l'extérieur.

Généralement pour une bonne maîtrise des apports solaires Il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20 % de la surface habitable, répartie comme suit : 50 % au sud, 20 à 30 % à l'est, 20% à l'ouest et 0 à 10% au nord. En appliquant cette règle 15 à 20 % de consommations énergétiques sera réduites [14].



Figure (I.13) : L'éclairage par vitrages

I.6.2 Solution Active :

La conception active se focalise sur le choix et la conception des systèmes de production et de consommation d'énergie. La réduction de la consommation énergétique des systèmes d'un bâtiment peut être obtenue principalement de deux manières :

- Diminuer la consommation en améliorant l'efficacité pour réduire les pertes.
- Introduire des machines ou des systèmes de production plus performants, et tirer parti de l'énergie "gratuite" provenant des sources renouvelables.

Il existe plusieurs types d'énergie renouvelable qui peuvent être utilisées dans les bâtiments pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. L'énergie solaire, par exemple, permet de produire de l'électricité et de la chaleur grâce à des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques. L'énergie éolienne, quant à elle, utilise des éoliennes pour générer de l'électricité en exploitant la force du vent. Les bâtiments situés à proximité de cours d'eau peuvent tirer parti de l'énergie hydraulique pour produire de l'électricité. La biomasse offre une autre alternative, en permettant de produire chaleur et électricité à partir de matières organiques telles que les déchets de bois, de papier, de nourriture et d'autres matériaux. Enfin, la géothermie exploite la chaleur naturelle de la terre pour générer de la chaleur et de l'électricité dans les bâtiments.

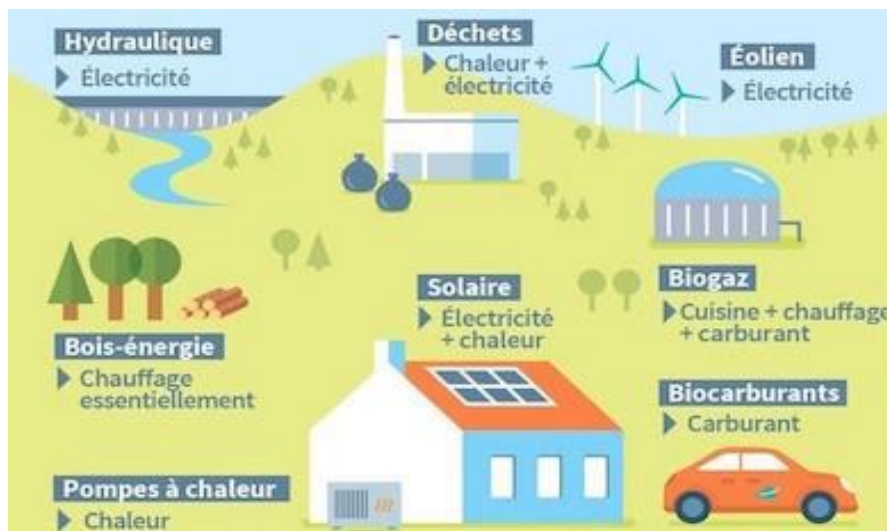


Figure (I.14) : Les énergies renouvelables intégrées dans le bâtiment [14]

Ainsi qu'à des panneaux solaires transparents intégrés aux fenêtres, qui génèrent de l'énergie toute en laissant passer la lumière naturelle. Les panneaux solaires transparents fonctionnent presque de la même manière que les panneaux photovoltaïques classiques. En effet, ils absorbent la lumière du soleil afin de la transformer en électricité.

Dans les maisons individuelles, ils pourraient être placés sur une véranda ou une pergola. Ainsi, les habitants pourraient profiter de la lumière du soleil tout en consommant une électricité verte produite sur place. Il pourrait également être envisageable de poser ce type de panneau à la place des fenêtres ou des baies vitrées les mieux exposées de la maison.

Les serres seraient également intéressantes pour les panneaux solaires transparents. En effet, il s'agit des grandes surfaces vitrées, généralement sans aucune ombre. Cela permettrait de laisser passer la lumière du soleil pour cultiver, mais aussi de produire de l'électricité [38].

D'autres options peuvent être envisagées : rooftop, pare-brise de voiture électrique, vitre de smartphone.



Figure (I.15) : Pergola



Figure (I.16) : Une serre solaire



Figure (I.17) : surfaces vitrées par les panneaux solaires transparents

I.7 état de l'art :

- **Les thèses de doctorat et Mémoire consulté :**

Mémoire 01 :

Amélioration de la performance énergétique du département des énergies renouvelables de l'université Blida

Souilah Dhiya Eddine, Halladj Mohamed Amine, université Blida01,2021/2022

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.

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, aussi encourageants et démontrent l'efficacité des stratégies de conception durables dans la réduction de la consommation énergétique et des coûts associés.

Mémoire 02 :

Étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment en R+1

Ahmed Oualid BETOUAF, Chakib Younes BENOSMAN, université de Tlemcen, 2022

Ce mémoire est une étude d'efficacité énergétique pour une habitation en R+1 située à Tlemcen afin de définir son bilan de puissance tout en introduisant les solutions adaptées pour satisfaire le client, c'est à dire déterminer la consommation d'électricité et du gaz pour la saison d'été et l'hiver pour ensuite estimer la facture trimestrielle et apporté des propositions pour réduire le cout de la consommation.

Les résultats obtenus lors de cette étude ont confirmé que les appareillages et l'éclairage sont les facteurs majeurs qui font augmenter la consommation énergétique. Donc pour cela il faut penser à bien isoler l'habitation, ensuite opter pour des matériaux de haute qualité et choisir des équipements à haute performance pour dépenser moins d'argent en énergie.

Thèse 01:

Evaluation et amélioration énergétiques des bâtiments dans le cadre du programme national d'efficacité énergétique

Dr Sofiane Rahmouni, université de Batna 2, 29/01/2020

Le présent travail a pour objectif l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment tertiaire conditionné par des données météorologique de trois villes algériennes ; Alger, Batna et Ouargla qui représente respectivement trois zones climatiques ; zone méditerranéenne, zone semi-aride et zone désertique, afin d'améliorer leur performance énergétique et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, en adaptant les mesures les plus appropriées pour chaque zone.

- **Les articles consulté :**

Article 01 :

L'investissement dans les énergies renouvelables en Algérie ; un pas vers la transition énergétique (Cas de l'énergie solaire)

Melle. ATMANIA Hanane, M. SALEM Abdelaziz

Revue Algérienne d'Economie de gestion Vol. 12, N° : 01 (2018)

Cette recherche de cet article a pour objectif de montrer la contribution des énergies renouvelables, notamment énergie solaire, dans la transition énergétique en Algérie.

La méthode utilise c'est basé sur une étude documentaire et une analyse des différentes Axes pour assurer une transition énergétique efficace à travers l'investissement dans le solaire en Algérie, les AXES :

- Axe 1 : Transition énergétique en Algérie ; préparer l'après pétrole
- Axe 2 : Programme algérien de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique
- Axe 3 : Economie de l'énergie à travers le solaire

Les résultats de l'article montrent que Les deux versions du programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique lancées en 2011 et en 2015, ont leurs contributions dans l'encouragement d'investi dans les Energie renouvelable et d'économiser plus d'énergie à travers l'utilisation des techniques spéciales et des nouveaux produits solaires pour assurer plus efficacité énergétique.

Article 02 :

Simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud algérien

A. DJELLOUL, B. DRAOUI, N. MOUMMI

Courrier du Savoir – N°17, Décembre 2013, pp.113-119

L'objectif de cet article est de contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels situés au climat chaud et sec, Le bâtiment en question est considéré comme une maison individuelle de 120 m², au Sud algérien a la ville de Biskra, la méthode utilise dans cet article :

Une étude documentaire sur le bilan de la consommation énergétique des bâtiments résidentiels et le l'indicateur pour l'évaluation et L'analyse de la performance Énergétique d'un bâtiment de cas étude.

Une étude de la simulation du comportement énergétique du bâtiment avec logiciel TRNSYS de deux types de bâtiment ont été simulés et comparés, l'un est considéré comme étant un bâtiment de référence BR et l'autre un bâtiment basse consommation BBC dont une enveloppe isolée (murs, terrasse et vitrage).

Les résultats de la simulation montrent que les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment BBC font quasiment le tier de ceux du bâtiment BR.

I.8 Conclusion :

L'Algérie a vu une grande augmentation de consommation énergétique dans le secteur de bâtiment pour cela plusieurs technologies ont été développées pour minimiser cette consommation et améliorer le confort des habitants le concept du bâtiment intelligent est l'un de ces technologies qui représente l'harmonie et l'équilibre entre l'énergie et l'environnement.

En effet, ce chapitre a été une initiation pour la réalisation d'un projet de bâtiment intelligent en appliquant le système domotique pour automatiser et optimiser les actions des appareils selon les besoins des habitants, ainsi que l'intégration des énergies renouvelables (solaire thermique et photovoltaïque) dans le but d'éviter l'utilisation des énergies fossiles.

CHAPITRE II

PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

II.1 Introduction :

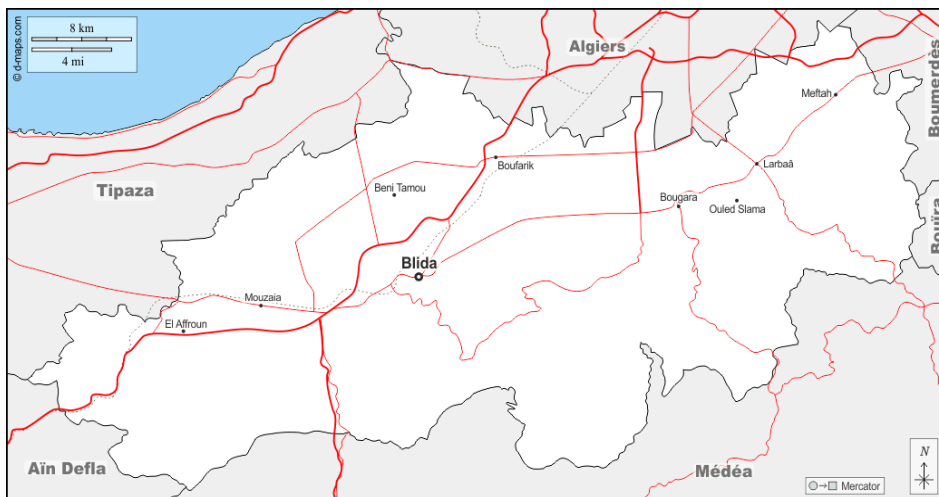
Dans ce chapitre, nous examinerons en profondeur ce cas d'étude en nous concentrant sur des aspects clés tels que la localisation géographique, les conditions climatiques, les caractéristiques architecturales et les stratégies de conception durable. Ces éléments sont essentiels pour la conception et la réalisation de bâtiments durables. Les connaissances acquises nous guideront dans la conception et la construction de notre maison bioclimatique à Blida, en offrant des idées novatrices et des solutions adaptées au contexte local.

II.2 Présentation du cas d'étude :

Un bâtiment pédagogique situé au sein de l'école technique de Sonelgaz à Blida représente une initiative innovante pour former les futurs professionnels du secteur énergétique. Conçu avec une approche bioclimatique, ce bâtiment utilise des technologies de pointe pour minimiser son empreinte écologique tout en offrant un environnement d'apprentissage optimal.

II.2.1 Présentation du site :

La commune de Blida est localisée au centre et à 47 km au sud-ouest d'Alger, La ville est située au nord du massif montagneux (l'Atlas Blidéen) et au centre de la plaine de la Mitidja.



Latitude : 36,42°

Longitude : 2,83°

Altitude : 256m

Figure (II.1) : Carte de la situation de Blida [25]

II.2.2 Présentation des caractéristiques climatiques :

Blida est caractérisée par un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs ainsi que des hivers froids. La température maximale annuelle moyenne est de 24°C. En hiver, les températures peuvent descendre jusqu'à 15°C en janvier, offrant des conditions froides. En revanche, les mois d'été, particulièrement juillet, voient les températures grimper jusqu'à 34°C, apportant une chaleur intense et sèche.

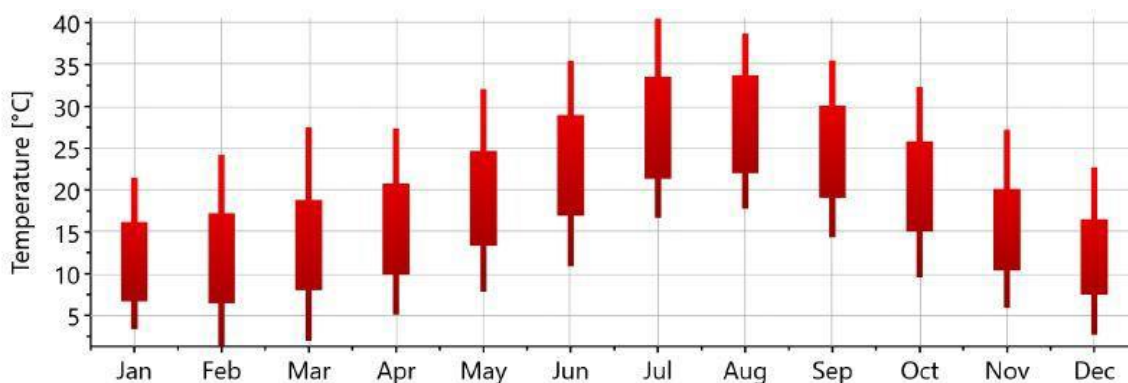


Figure (II.2) : la variation des températures mensuelles de Blida [26]

A Blida, le mois avec le plus d'ensoleillement quotidien est Juillet avec une moyenne de 12.54 heures d'ensoleillement. Au total, il y a 388.76 heures d'ensoleillement en Juillet.

Le mois avec le moins d'heures d'ensoleillement quotidien à Blida est Janvier avec une moyenne de 6.57 heures d'ensoleillement par jour. Au total, il y a 203.53 heures d'ensoleillement en Janvier.

Environ 3417.49 heures d'ensoleillement sont comptées à Blida tout au long de l'année. Il y a en moyenne 112.22 heures d'ensoleillement par mois.

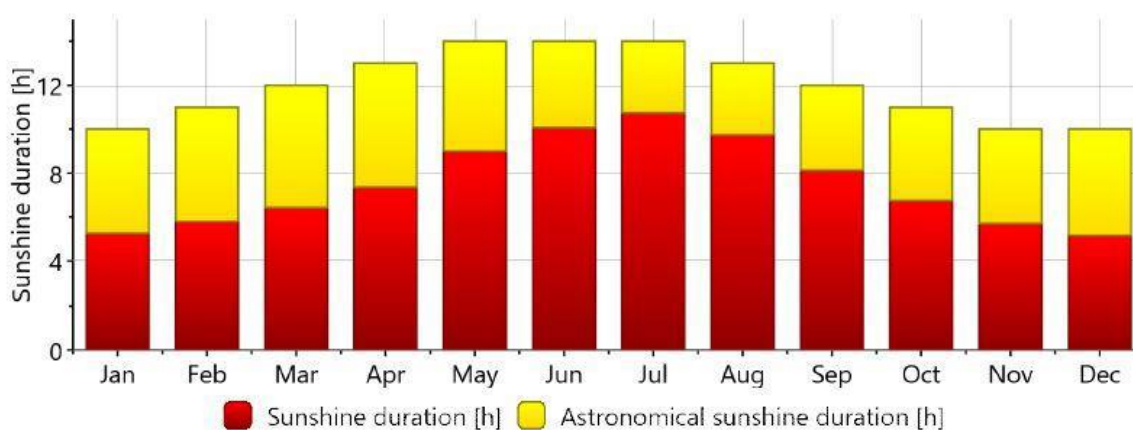


Figure (II.3) : les valeurs mensuelles de la durée d'ensoleillement Blida [26]

II.2.3 Localisation :

L'École Technique de Blida (ETB) est située en plein cœur de la ville de Blida, son adresse est : 02 rue Kacem Mohamed, BP 146, Blida.



Figure (II.4) : L'École Technique de Blida ETB.



Figure (II.5) : Image Satellitaire du terrain choisi

II.3 Description du projet :

Notre projet se distingue par son design moderne et fonctionnel, intégrant des éléments de durabilité et d'efficacité énergétique. Le bâtiment, réparti sur plusieurs niveaux, présente une façade en verre et en acier, favorisant la luminosité naturelle et offrant une vue panoramique sur la ville. Les toits végétalisés et les murs isolants garantissent une régulation thermique optimale, réduisant ainsi la consommation énergétique.

Notre projet c'est un bâtiment RDC d'une surface de 100m², se compose de :

- Une salle cour
- Une salle de réunion
- Un local technique
- Une kitchenette
- Des sanitaires

II.3.1 Plan architectural du cas d'étude :

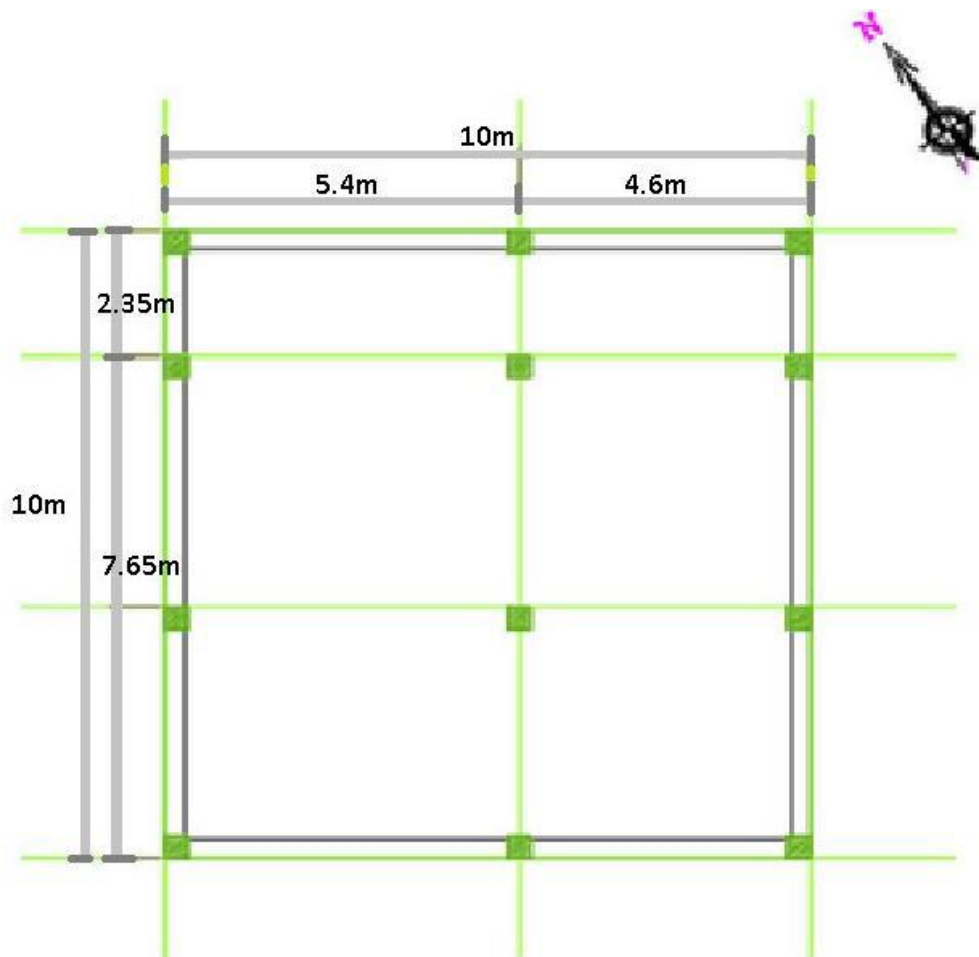
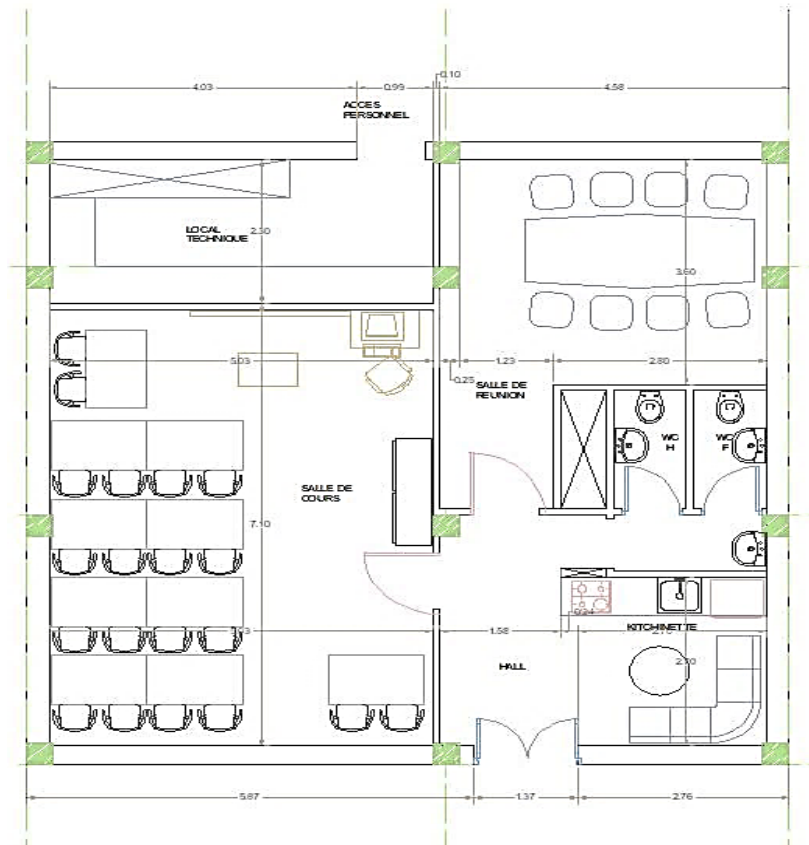


Figure (II.6) : Plan de structure [27]



Figure(II.7) : Plan [27]

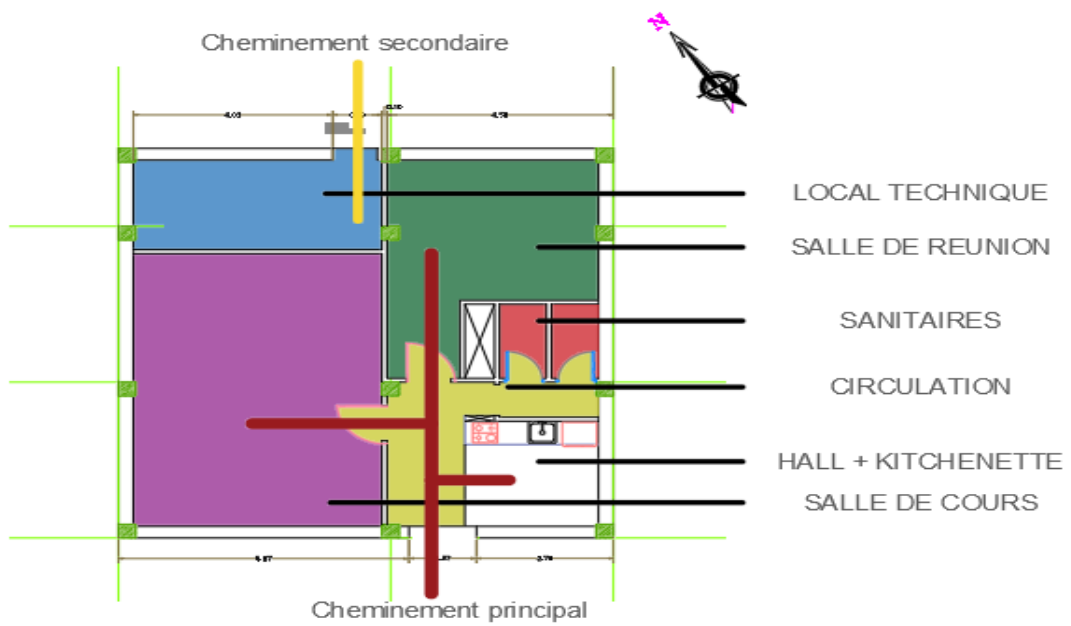


Figure (II.8) : Plan de calepinage [27]

Surface des pièces :

Tableau (II.1) : Surface des pièces

Pièces	Surface(m2)
Local technique	11.42
Salle de réunion	20.3
Sanitaires	5.84
Hall	6.61
Kitchenette	8.11
Salle de cours	39.24

II.3.2 En perspective :

- **En perspective extérieure :**

Grâce à l'utilisation de logiciels de modélisation, des visualisations en 3D du projet ont été créées en perspective.



Figure (II.9) : Visualisation 3D du projet en perspective [27]



Figure (II.10) : Visualisation 3D du projet en perspective [27]

- En perspective intérieure :



Figure (II.11) : Visualisation 3D du projet en perspective intérieure [27]

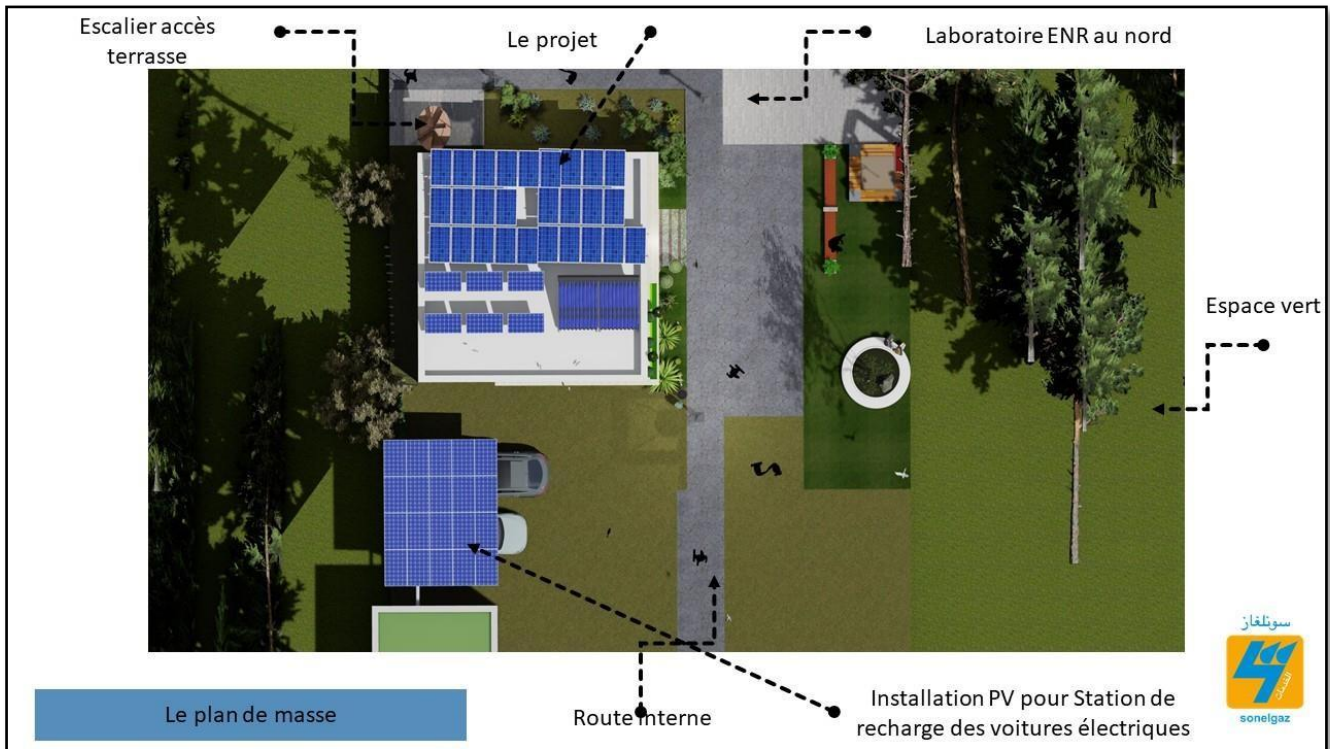


Figure (II.12) : Plan de masse [27]

II.4 Mesure d'efficacité énergétique proposée :

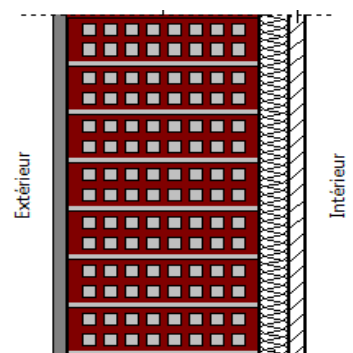
II.4.1 Mesure d'efficacité énergétique Passive :

II.4.1.1 Choix des matériaux de construction :

- Les murs extérieurs :

Tableau (II.2) : Compositions des murs extérieurs.

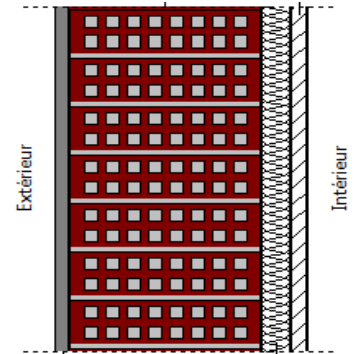
Composition	e (m)	ρ (Kg/m ³)	λ (W/m.C)	C (J /kg.°C)
Mortier en ciment	0.02	2200	1.15	1080
Brique mono mur	0.30	850	0.15	936
Laine de roche	0.06	25	0.041	612
Panneau HGP	0.025	1250	0.48	1000



- **Les murs intérieurs :**

Tableau (II.3): Compositions des murs intérieurs.

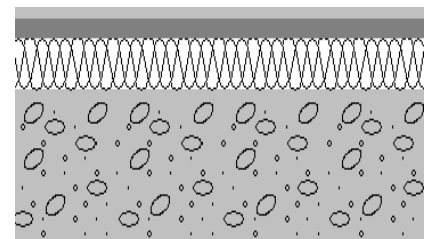
Composition	e (m)	ρ (Kg/m ³)	λ (W/m.C)	C (J /kg.°C)
Panneau HGP	0.025	2000	0.35	1000
Brique mono mur	0.30	850	0.15	936
Panneau HGP	0.025	2000	0.35	1000



- **Le plancher bas :**

Tableau (II.4) : Composition du plancher bas

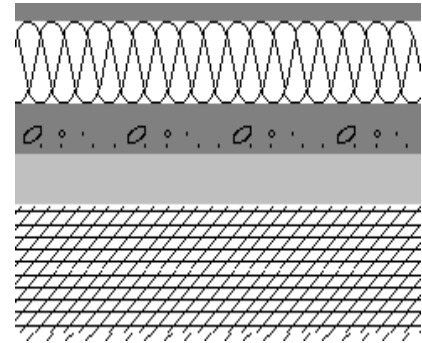
Composition	e (m)	ρ (Kg/m ³)	λ (W/m.C)	C (J /kg.°C)
Béton arme	0.15	2500	1.7	840
Mortier	0.02	2200	0.15	1080
Polystyrène	0.05	13	0.039	1224
Mortier	0.02	1250	1.15	1000
Carrelage	0.02	2000	1.7	940



- **Le plancher haut :**



Tableau (II.5) : Composition du plancher haut

Composition	e (m)	ρ (Kg/m ³)	λ (W/m.C)	C (J /kg.°C)
Mortier enciment	0.02	2000	1.8	1080
Polystyrène	0.10	13	0.046	1404
Isolant polytherme	0.06	312	0.11	936
Béton arme	0.06	1250	0.17	1000
Entrevous en polystyrène	0.15	1290	0.25	830
Faux plafond	0.013	-	0.054	-



- **La composition des ouvertures :**

Tableau (II.6): Composition des ouvertures

Menuiseries	Dimension	Type de vitrage	Nature de menuiserie	U (W /c°.m ²)
Port 	Longueur=2.04m Largeur=0.83m	Opaque	Bois	5
Fenêtre 	Longueur=1.15m Largeur=1 m	Double vitrage	Pvc	2.4

II.4.1.2 Le bilan thermique :

L'étude statique, dans le contexte du Document Technique Réglementaire (DTR), revêt une importance capitale pour évaluer la performance thermique des bâtiments. Le DTR fournit des méthodes d'évaluation thermique visant à résoudre spécifiquement les problèmes de déperditions de chaleur.

L'objectif de l'étude statique dans le cadre du DTR est de déterminer les déperditions calorifiques des logements et de fixer un seuil maximal à ne pas dépasser, appelé déperditions de référence

- **Calcul des déperditions de référence**

Les déperditions de référence $D_{réf}$ sont calculées par la formule suivante :

$$D_{réf} = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + e \times S5 \text{ [W/°C]}$$

Les S_i (en m^2) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur.

$S1$ la toiture, $S2$ le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés $S3$ les murs, $S4$ les portes. $S5$ les fenêtres et les portes-fenêtres.

les coefficients a , b , c , d et e , (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$), sont donnés dans le tableau. Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique [28], Selon le tableau suivant :

Tableau (II.7) : Les zones climatiques d'un logement individuel [28]

Zone	Logement individuel				
	a	b	c	d	e
A	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

- **Calcul des déperditions surfaciques par transmission à travers les parois :**

$$D_{\text{Surfaciques}} = K \times S$$

$$D_{\text{linéique}} = 20\% D_{\text{Surfaciques}}$$

Tableau (II.8) : Les déperditions surfaciques par transmission

Déperdition à travers les murs	$D_{\text{mur}} = K_{\text{mur}} \times S_{\text{mur}}$	17.70 W/°C
Déperdition à travers le plancher bas	$D_{\text{plancher bas}} = K_{\text{plancher bas}} \times S_{\text{plancher bas}}$	60 W/°C
Déperdition à travers le plancher haut	$D_{\text{plancher haut}} = K_{\text{plancher haut}} \times S_{\text{plancher haut}}$	23 W/°C
Déperditions à travers les fenêtres	$D_{\text{fenêtres}} = K_{\text{fenêtres}} \times S_{\text{fenêtres}}$	219.588 W/°C
Déperditions à travers les portes	$D_{\text{portes}} = K_{\text{portes}} \times S_{\text{portes}}$	14.35 W/°C

$$D_{\text{Surfaciques}} = 334.63 \text{ W/°C}$$

$$D_{\text{linéiques}} = 0.2 \times 334.63 = 66.92 \text{ W/°C}$$

$$D_{\text{totale}} = D_{\text{surfaciques}} + D_{\text{linéiques}}$$

$$D_{\text{totale}} = 401.55 \text{ W/°C}$$

- **Vérification de la conformité du bâtiment aux exigences de DTR**

$$1.05 \times D_{\text{référence}} = 610 \text{ W/°C}$$

$$D_{\text{totale}} < 1.05 \times D_{\text{référence}}$$

Donc ce bâtiment vérifie les exigences recommandées par le DTR

II.4.2 Mesure d'efficacité énergétique active :

II.4.2.1 Le bilan énergétique :

Ce bilan énergétique établi pour alimenter le matériel électrique du bâtiment avec un générateur PV.

Tableau (II.9) : Les besoins énergétique de notre Bâtiment

Matériels	Puissance (watt)	Nombre	Temps (heurs)	Energie (Wh)
Lamps	12	10	08	960
TV + PC	150	10	03	4500
Data Show	150	02	03	900
Four électrique	2500	01	01	2500
Plaque chauffante	1500	01	01	1500
Hotte cuisine d'aspiration	70	01	01	70
Réfrigérateur	/	01	/	600
Cafetière	600	01	01	600
			Total	11630

Dans le cadre de notre projet, nous intégrerons une station de recharge pour voitures électriques afin de promouvoir la mobilité durable et de répondre aux besoins croissants en infrastructures écologiques située à proximité immédiate du bâtiment principal.

La puissance correspond à une quantité d'énergie utilisée à un instant donné : plus elle est grande, plus une batterie est rechargée rapidement. En ce qui concerne la puissance de recharge de voiture électrique à la maison, les bornes domestiques se classent dans quatre catégories 3,7 kW ; 7,4 kW ; 11 kW ; 22 kW. Les deux premières puissances s'accommodent parfaitement d'un compteur électrique monophasé, mais les deux dernières nécessitent de passer en triphasé. [29]

Dans notre cas, on a une installation d'une borne de recharge à domicile d'une puissance de 7,4Kw.

Aussi nous avons présenté une installation chauffe-eau sanitaire pour produire l'eau chaude pour ce bâtiment.

- **Estimation des besoins en eau chaude sanitaire :**

Pour garantir la production d'eau chaude sanitaire on doit être déterminée les besoins en eau chaude à produire. En moyenne de la consommation d'eau chaude est 50L/jour/personne à 45°C. Alors le volume d'eau :

Volume = la moyenne de consommation * 8 = 400 L

II.5 Conclusion :

En conclusion, notre étude approfondie confirme la faisabilité d'un projet à haute efficacité énergétique dans la région de Blida. Les caractéristiques géographiques et climatiques locales offrent de nombreuses opportunités pour tirer parti des ressources naturelles renouvelables et mettre en œuvre des stratégies bioclimatiques performantes.

L'exploitation optimale de l'ensoleillement par des systèmes solaires passifs et actifs, associée à des techniques de ventilation et de rafraîchissement naturels, permettra de réduire considérablement les besoins en énergie pour le chauffage, la climatisation et l'eau chaude sanitaire. De plus, l'intégration de matériaux à haute inertie thermique et d'isolants biosourcés contribuera à améliorer le confort intérieur tout en limitant les déperditions.

CHAPITRE III

SIMULATION ET MODÉLISATION

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous explorerons le processus de simulation et de modélisation de notre projet, en mettant l'accent sur l'efficacité énergétique. Nous utiliserons les logiciels spécialisés Pleiades, PVSyst et TRNSYS pour effectuer des simulations détaillées. Pleiades nous permettra d'analyser la performance thermique et de simuler les conditions de confort à l'intérieur du bâtiment. PVSyst sera utilisé pour dimensionner et optimiser les systèmes photovoltaïques, garantissant une production d'énergie renouvelable adaptée à nos besoins. Enfin, TRNSYS nous aidera à modéliser les systèmes énergétiques dynamiques et à évaluer les interactions complexes entre les différents composants du bâtiment.

III.2 Les outils informatique utiliser :

III.2.1 Pléiades :

Pleiades est un logiciel de simulation énergétique et de conception bioclimatique utilisé principalement dans le secteur de la construction et de l'architecture pour évaluer et optimiser les performances énergétiques des bâtiments. Développé par la société Izuba Energies, Pleiades intègre plusieurs modules spécialisés pour effectuer des analyses détaillées de différents aspects de la conception et de l'exploitation des bâtiments. [30]



Figure (III.1) : logo pléiades [30]

III.2.2 PVSyst :

PVSyst est un logiciel de simulation et d'analyse de systèmes photovoltaïques (PV) utilisé pour la conception, la modélisation et l'optimisation des installations solaires. Développé par l'Université de Genève, PVSyst est largement reconnu dans le secteur de l'énergie solaire pour ses capacités à évaluer la performance et la rentabilité des projets photovoltaïques. [31]



Figure (III.2) : logo PVsyst [31]

III.2.3 TRNSYS :

TRNSYS est un logiciel de simulation, développé en 1975 par l'Université du Wisconsin, principalement destiné aux domaines des énergies renouvelables et du bâtiment. Il permet la simulation thermique dynamique des bâtiments en intégrant toutes leurs caractéristiques, telles que l'emplacement, les matériaux de construction, l'architecture globale et le concept énergétique choisi. De plus, TRNSYS modélise divers systèmes énergétiques, y compris le chauffage, la climatisation et les énergies renouvelables, pour une étude détaillée du comportement thermique des bâtiments. Grâce à TRNSYS, il est possible de simuler et de concevoir des projets performants et innovants.[32]



Figure (III.3) : logo TRNSYS [32]

III.3 Processus de modélisation et simulation:

III.3.1 Définition des compositions des éléments constructifs :

On définit les compositions des éléments constructifs et les différents ouvrants.

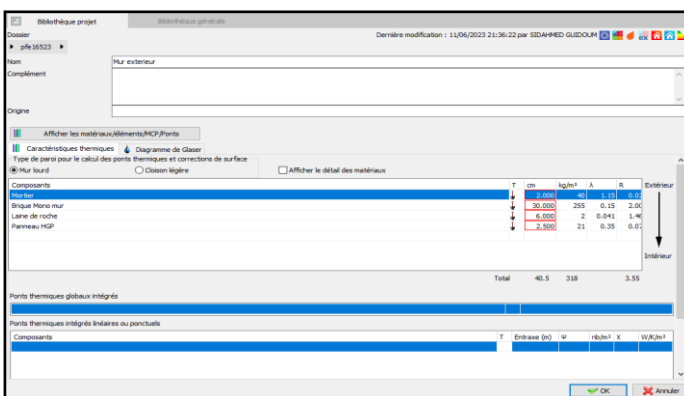


Figure (III.4) : La composition des murs extérieur

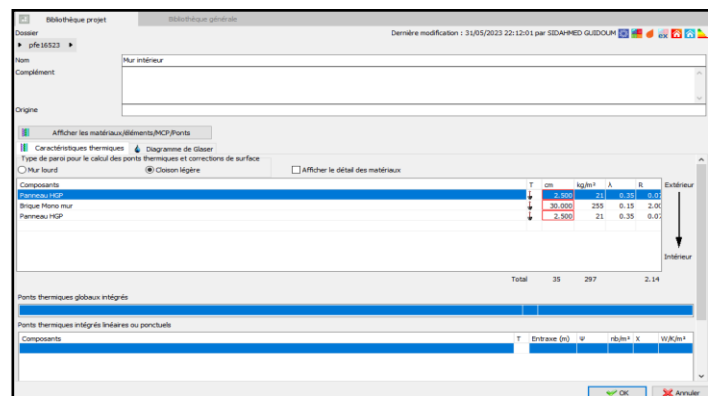


Figure (III.5) : La composition des murs intérieure

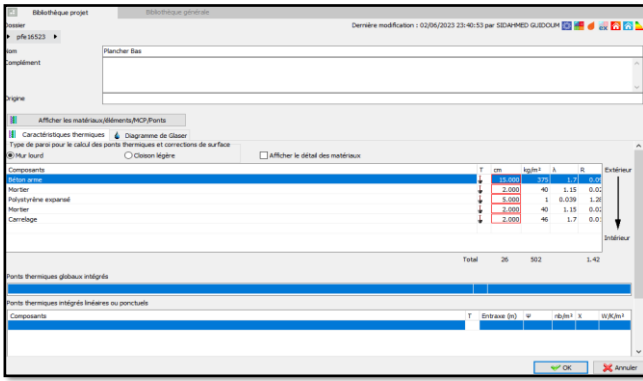


Figure (III.6) : La composition des Plancher Bas

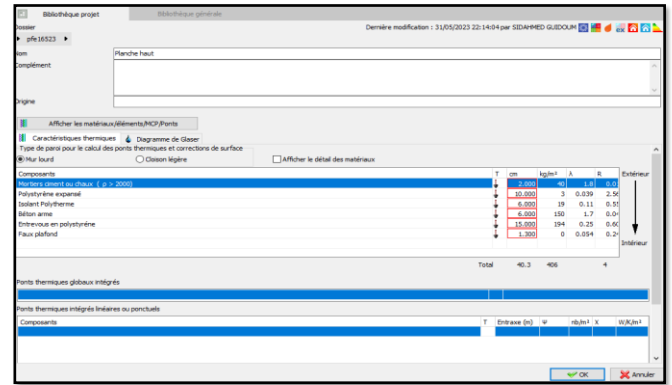


Figure (III.7) : La composition des Plancher Haut

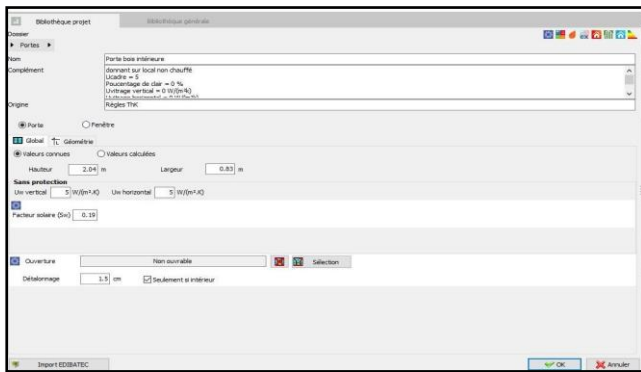


Figure (III.8) : La composition des Portes

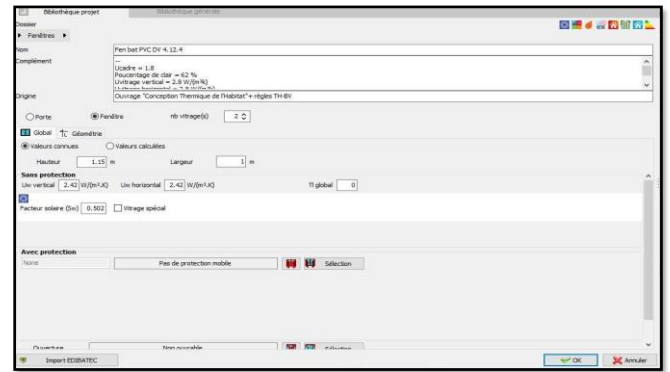


Figure (III.9) : La composition des Fenêtres

III.3.2 Définition des scénarios d'occupation :

Les scénarios d'occupation sont utilisés pour reproduire la chaleur émise par les occupants. L'objectif de ces scénarios est de déterminer les apports internes générés par les occupants.

- Pour la salle de cour : la salle est t'occupé par 12 personnes de 8h à 12h et de 13h jusqu'à 18h durant la semaine sauf les weekends.
- Pour la salle de réunion : on s'oppose que la salle est t'occupé par 8 personnes de 8h à 12h et de 13h jusqu'à 17h durant toute la semaine sauf les weekends
- Pour la kitchenette : on s'oppose que la kitchenette est t'occupé par 20 personnes à midi durant toute la semaine sauf les weekends donc si le cas le plus défavorable.

III.3.3 Définition des scénarios de chauffage et climatisation :

Dans ce contexte, on a proposé deux scénarios avec une température de 20°C pour le chauffage et 27 °C pour la climatisation.

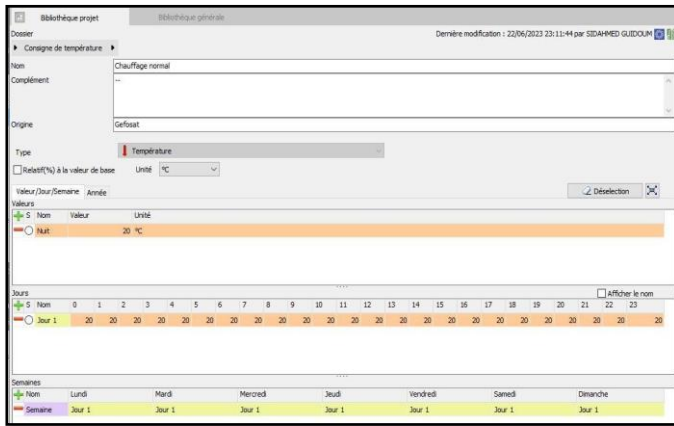


Figure (III.10) : scénario de consigné de chauffage

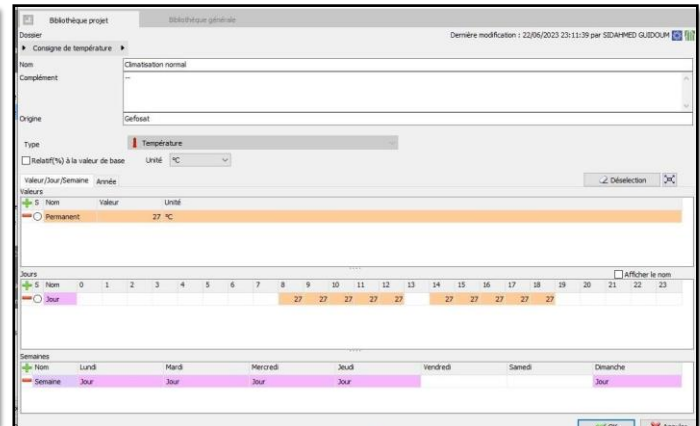


Figure (III.11) : scénario de consigné de climatisation

III.3.4 Définition des zones thermiques :

On dessin les plans et on définit les zones thermiques ainsi qu'affecte les scénarios.

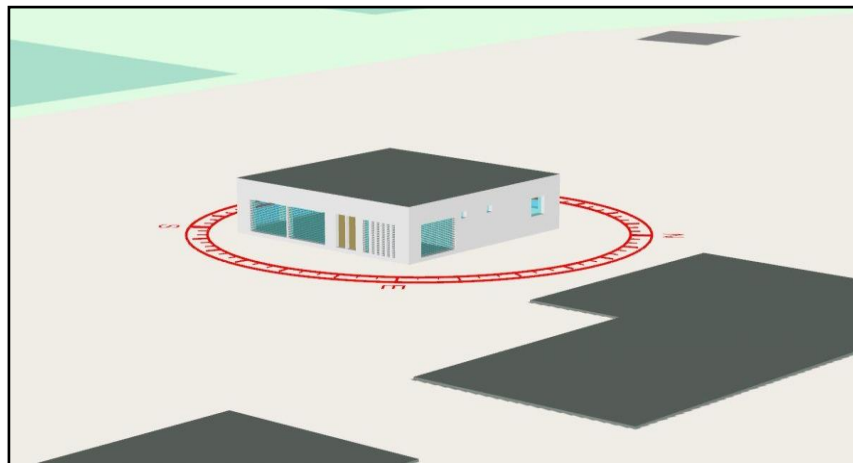


Figure (III.12) : vue de droit en 3d sous modeleur

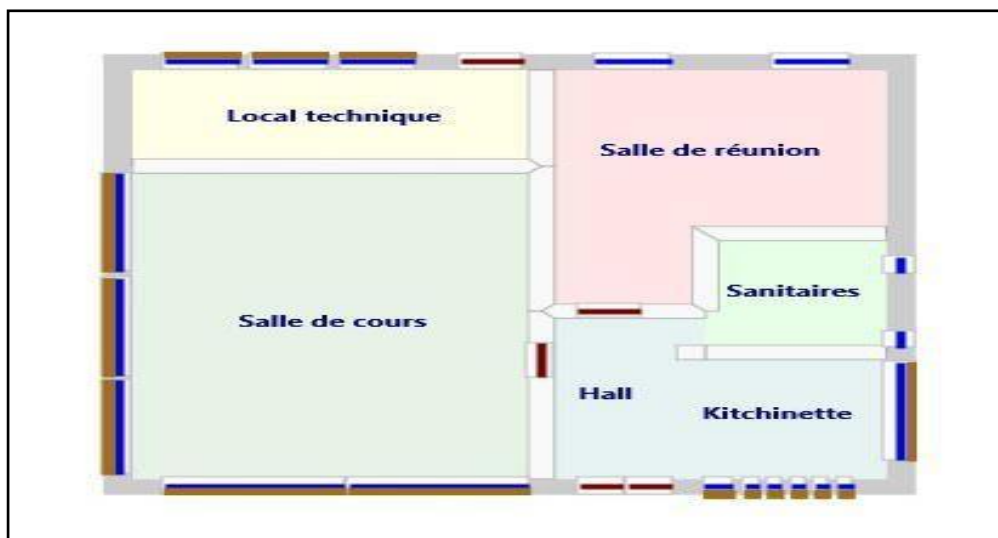


Figure (III.13) : les zones sous modeleur

On lance la simulation avec Pléiades pour les deux propositions :

- **Proposition 01** : réalisation du bâtiment selon les pratiques de construction ordinaire.

Tableau (III.1) : Compositions des murs du bâtiment selon les pratiques de construction ordinaire

Mur	Composition	e (m)
Mur extérieur	Mortier Brique creuse	0.02
	Lame d'air Brique creuse	0.1
	Enduit plâtre	0.017
		0.1
		0.013
Mur intérieur	Enduit plâtre	0.013
	Brique creuse	0.1
	Enduit plâtre	0.013
Plancher bas	Béton lourd	0.1
	Carrelage	0.02
Plancher Haut	Béton	0.5
	Hourdais	0.16
	Enduit plâtre	0.013

- **Proposition 02** : réalisation du bâtiment selon de construction durable avec isolation

Tableau (III.2) : Compositions des murs du bâtiment selon de construction durable avec isolation

Mur	Composition	e (m)
Mur extérieur	Mortier en ciment	0.02
	Brique mono mur	0.30
	Laine de roche	0.06
	Panneau HGP	0.025
Mur intérieur	Panneau HGP	0.025
	Brique mono mur	0.30
	Panneau HGP	0.025
Plancher bas	Béton arme	0.15
	Mortier	0.02
	Polystyrène	0.05
	Mortier	0.02
	Carrelage	0.02
Plancher Haut	Mortier en ciment	0.02
	Polystyrène Isolant polytherme	0.10
		0.06
	Béton arme Entrevous en polystyrène	0.06
		0.15
	Faux plafond	0.013

III.3.5 Processus de simulation PV :

Dans ce projet, nous allons faire un dimensionnement pour alimenter le bâtiment complètement par un système photovoltaïque autonome. Nous allons passer par les étapes suivantes :

- **L'importation du fichier météorologique de Bliida**

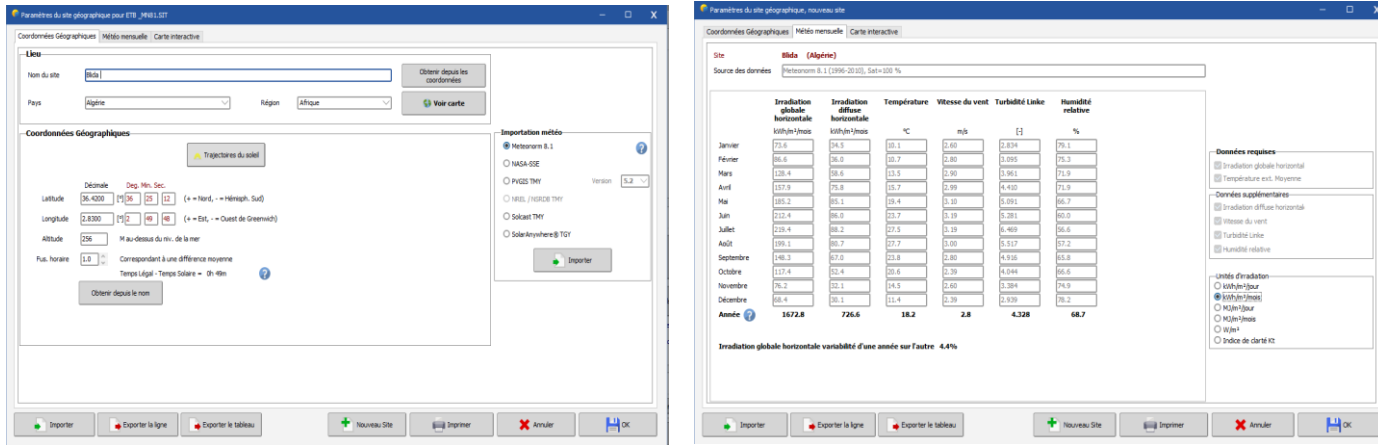


Figure (III.14) : L'importation du fichier météorologique de Bliida

- **Orientation :**

On choisit les caractéristiques du champ photovoltaïque type du champ (plan incliné fixe), paramètres du champ inclinaison plan 36° azimut 0.0° (l'inclinaison dépend de l'altitude de lieu et les panneaux sont orienté en plein sud)

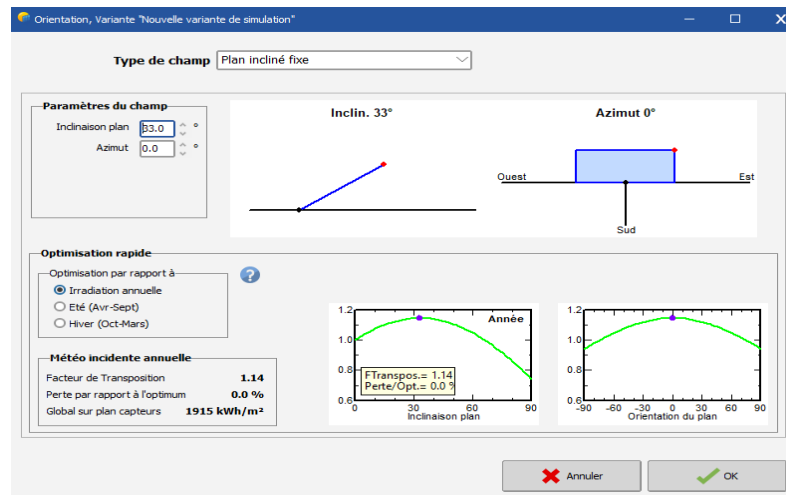


Figure (III.15) : L'orientation et l'inclinaison

- Définir la consommation énergétique

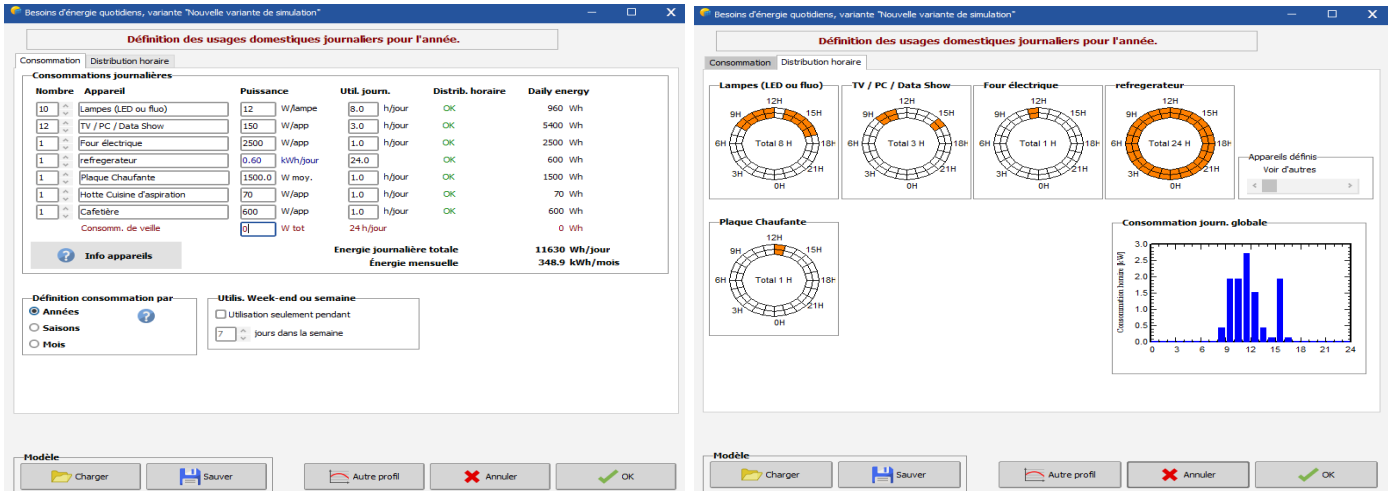


Figure (III.16) : La consommation énergétique de notre bâtiment

- Déterminer le système de stockage

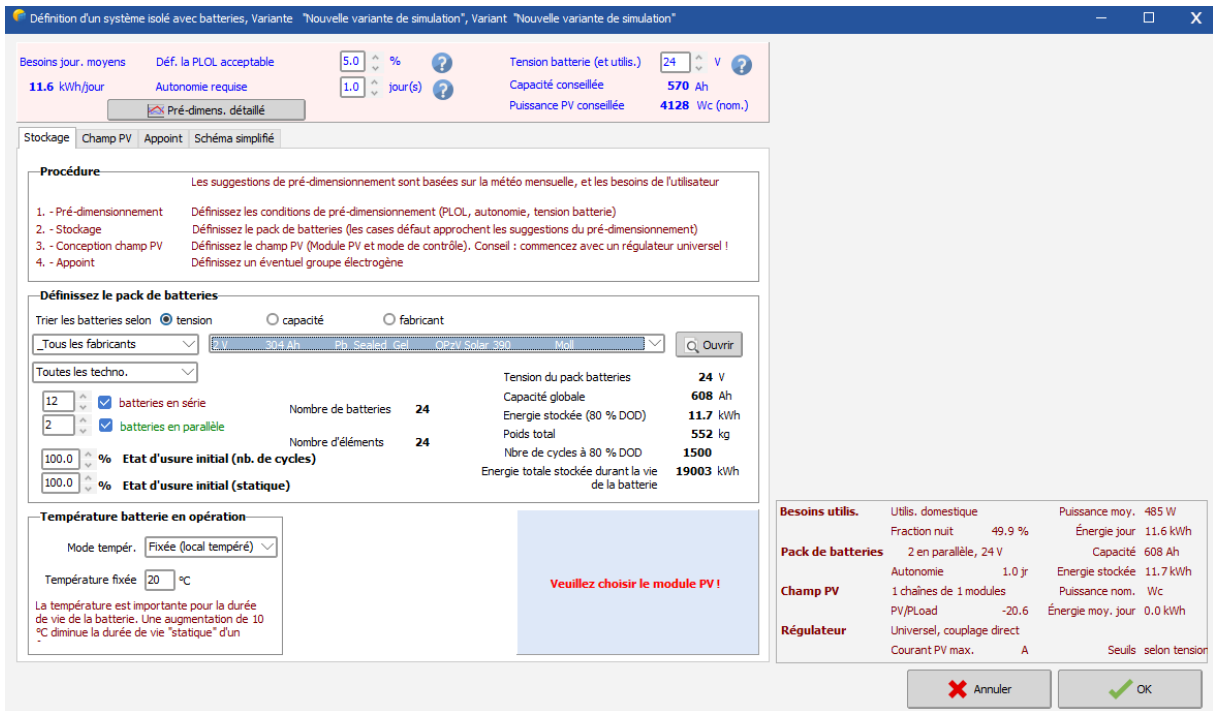


Figure (III.17) : Choix des Batteries

- Déterminer Le champs PV

Définition d'un système isolé avec batteries, Variante "Nouvelle variante de simulation", Variant "Nouvelle variante de simulation"

Besoins jour. moyens 11.6 kWh/jour Déf. la PLOL acceptable 5.0 % Tension batterie (et utilis.) 24 V
 Autonomie requise 1.0 jour(s) Capacité conseillée 570 Ah
 Puissance PV conseillée 4128 Wc (nom.)

Stockage Champ PV Appoint Schéma simplifié

Nom et orientation du sous-champ
 Nom: Champ PV Orient.: Plan incliné fixe Inclinaison: 33° Azimut: 0°

Aide au dimensionnement
 Pas de prédim. Entrez Pnom désirée: 4189 Wc
 Redimens. ... ou surface disponible: 0 m²

Sélection du module PV
 Tous les modules Tri modules par: Puissance Technologie: Puissance Technologie
 _Generic 300 Wp 27V Si-mono Mono 300 Wp 60 cells Depuis 20: O Ouvrir
 Dimens. des tensions: Vmp (60°C) 27.1 V Vco (-10°C) 42.3 V

Choisissez le mode de régulation et le régulateur
 Régulateur universel Convertisseur de puissance MPPT
 Couplage direct Courants max. de charge - décharge
 Convertisseur MPPT MPPT 1000 W 24 V 192 A 113 A Universal controller with MPPT conve
 Convertisseur DC-DC Les paramètres de fonctionnement du régulateur universel seront automatiquement ajustés selon les propriétés du système.

Conception champ PV
 Nombre de modules et chaînes doit être: Cond. de fonctionnement:
 Mod. en série 1 Pas de contrainte Vmp (60°C) 27 V
 Nb. chaînes 14 entre 12 et 17 Vmp (20°C) 32 V
 Irradiance plan 1000 W/m² Puisse. max. en fonctionnement (à irrad. max. et 50°C) 3.78 kW
 Iimp (60°C) 133 A Ipsc (60°C) 141 A Puiss. nom. champ (STC) 4.20 kWc
 Isc (aux STC) 140 A

Besoins utilis.	Utilis. domestique	Puissance moy. 485 W
	Fraction nuit 49.9 %	Énergie jour 11.6 kWh
Pack de batteries	2 en parallèle, 24 V	Capacité 608 Ah
	Autonomie 1.0 jr	Énergie stockée 11.7 kWh
Champ PV	14 chaînes de 1 modules	Puissance nom. 4.20 kWc
	PV/PLoad 8.7	Énergie moy. jour 15.5 kWh
Régulateur	MPPT universel	Puissance nom. 1000 W
	PV/PConv 4.20	Seuils selon SOC

Figure (III.18) : Choix du Champ PV

Configuration typique d'un système isolé

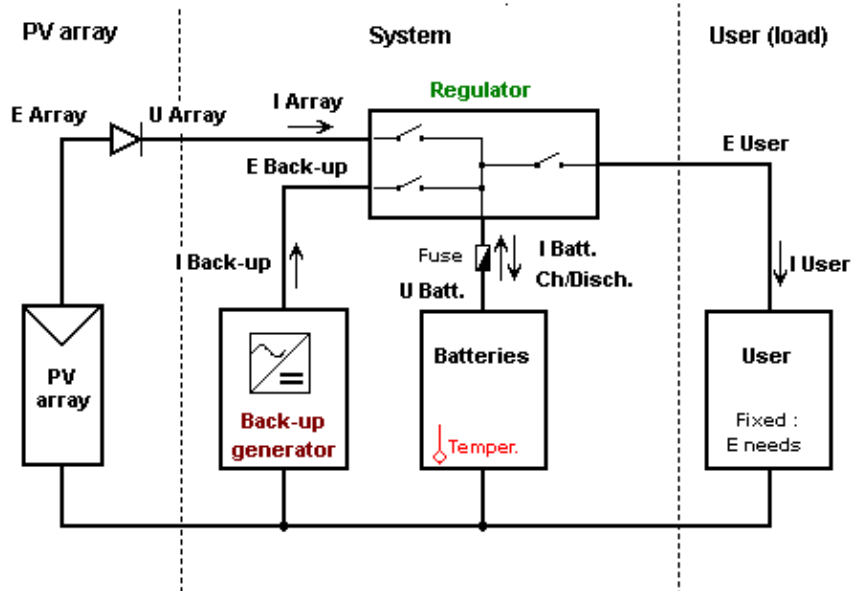


Figure (III.19) : schéma d'installation

La même chose concernant la station de recharge des voitures située au parking.

- Définir la consommation énergétique

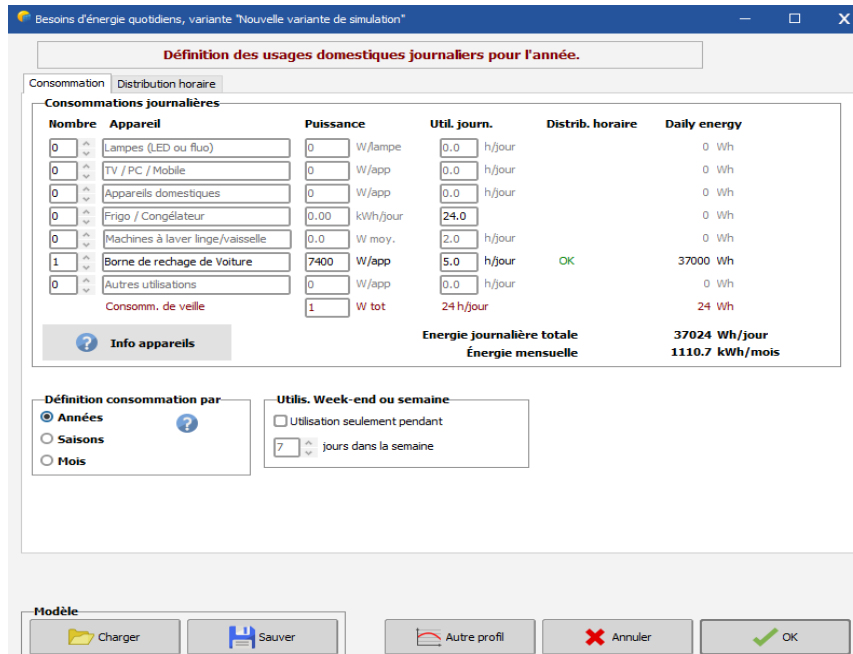


Figure (III.20) : La consommation énergétique de la station de recharge des voitures

- Déterminer le système de stockage

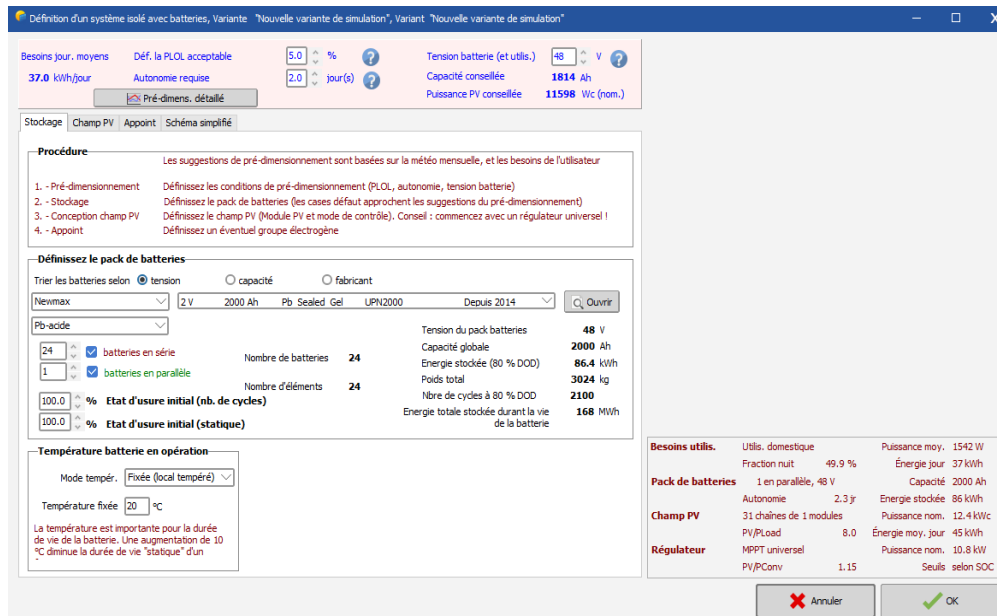


Figure (III.21) : Choix des Batteries

- Déterminer Le champs PV

Figure (III.22) : Choix du Champ PV

III.3.6 Processus de simulation thermique :

Pour garantir la production d'eau chaude sanitaire, il est nécessaire de déterminer les besoins en eau chaude à produire pour faire la simulation et déterminer les caractéristiques thermiques.

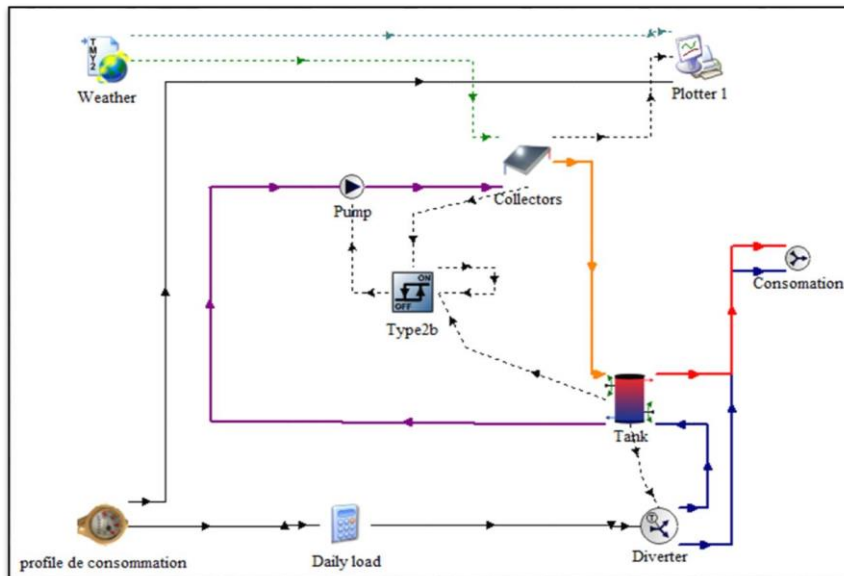


Figure (III.23) : schéma d'installation dans TRNSYS

- **La période choisie pour l'étude**

Le choix judicieux de la période va être calibrée sur les mois de pointe de consommation, dans ce cas on a choisi la période du 15 Janvier au 15 Mars

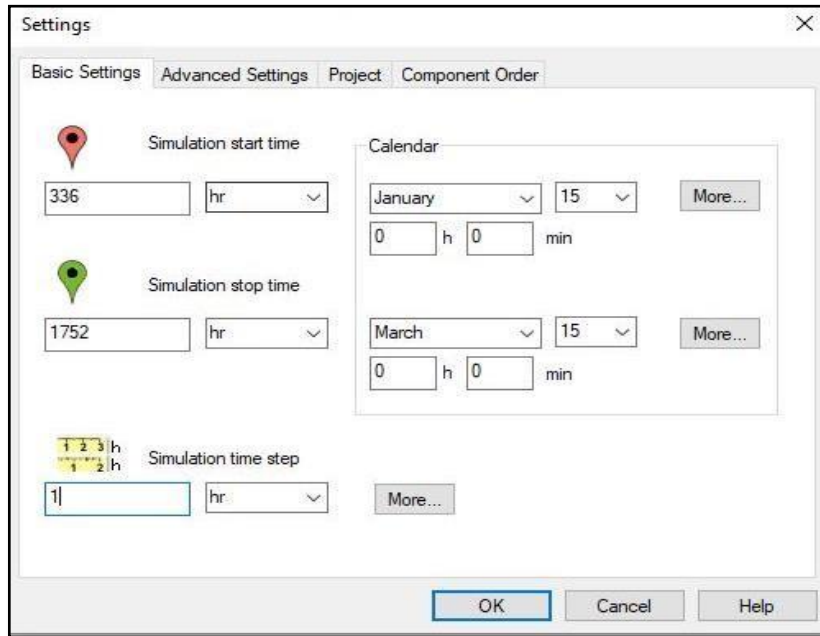


Figure (III.24) : la période choisie pour l'étude

- **Les caractéristiques du système thermique**

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Number in series		5	-			More...
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Collector area		10.15	m ²			More...
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fluid specific heat		4.190000	kJ/kg.K			More...
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Efficiency mode		1	-			More...
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tested flow rate		0.02	kg/s.m ²			More...
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intercept efficiency		0.77	-			More...
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Efficiency slope		4.63	W/m ² .K			More...
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Efficiency curvature		0.024	W/m ² .K ²			More...
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optical mode 2		2	-			More...

Figure (III.25) : les paramètres du capteur

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maximum flow rate		0.055556	kg/s			More...
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fluid specific heat		4.19	kJ/kg.K			More...
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maximum power		240	kJ/hr			More...
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conversion coefficient		0.05	-			More...
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Power coefficient		0.5	-			More...
1	How many coefficients in the polynomial relating pump power to fluid flow rate?					1

Figure (III.26) : les paramètres de la pompe

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	Variable inlet positions	2	-	More...		
2	Tank volume	500	l	More...		
3	Fluid specific heat	4.190	kJ/kg.K	More...		
4	Fluid density	1000.0	kg/m ³	More...		
5	Tank loss coefficient	2.5	kJ/hr.m ² .K	More...		
6	Height of node-1	0.3	m	More...		
7	Height of node-2	0.3	m	More...		
8	Height of node-3	0.3	m	More...		
9	Height of node-4	0.3	m	More...		
1	How many temperature levels (nodes) should be used in the tank?	6				
2	How many heating elements to be modeled in this tank?	2				

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	Initial value of time	0	hr	More...		
2	Initial value of function	0	kg/hr	More...		
3	Time at point-1	9	hr	More...		
4	Water draw at point -1	0	kg/hr	More...		
5	Time at point-2	9	hr	More...		
6	Water draw at point -2	50	kg/hr	More...		
7	Time at point-3	15	hr	More...		
8	Water draw at point -3	50	kg/hr	More...		
9	Time at point-4	15	hr	More...		
1	Besides the initial point, how many points make up the forcing function?	5				

Figure (III.27) : les paramètres de la cuve de stockage **Figure (III.28) :** les paramètres du profile de consommation

III.4 Conclusion :

Ce chapitre a permis de détailler la méthodologie employée, en décrivant le processus d'utilisation des différents logiciels mobilisés, ainsi que la définition des multiples scénarios étudiés. Les résultats issus de ces simulations et modélisations selon les différentes hypothèses posées seront présentés et analysés dans le prochain chapitre.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1 Introduction :

Le présent chapitre est dédié à la présentation, la discussion et l'analyse des résultats obtenus à l'issue des simulations réalisées au moyen des logiciels Pléiade, PVSyst et TRNSYS. Les sorties de ces différents outils de modélisation et de dimensionnement seront exposées, interprétées et mises en perspective dans cette section.

IV.2 Résultats obtenu du confort thermique du bâtiment :

IV.2.1 Simulation sans consigne :

La simulation sans régulation du thermostat (sans consigne) offre la possibilité d'analyser le comportement thermique intrinsèque du bâtiment, en l'absence de systèmes actifs de chauffage ou de climatisation. Cette approche permet d'évaluer les conditions de températures intérieures extrêmes, tant pour la saison hivernale que pour la période estivale.

Cette modélisation constitue un moyen d'apprécier la performance intrinsèque du concept architectural proposé, en termes de confort d'ambiance intérieure en régime naturel.

IV.2.1.1 Proposition 01 :

La première proposition on va faire la réalisation du bâtiment selon les pratiques de construction ordinaire.

Tableau (IV.1) : résultat de simulation sans consigne thermostat

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	0	0	0	0	0	0	9.5	24.1	43.0
salle de cours	0	0	0	0	0	0	9.9	24.4	43.0
salle de reunion	0	0	0	0	0	0	10.4	24.6	42.2
sanitaires	0	0	0	0	0	0	10.3	23.8	40.1
hall	0	0	0	0	0	0	9.5	23.7	41.0
local technique	0	0	0	0	0	0	9.5	23.3	40.1

Dans cette simulation sans consigne de régulation thermique, aucun besoin en chauffage ou climatisation n'a été pris en compte, les systèmes actifs étant considérés comme inexistant. Par conséquent, les températures intérieures fluctuent librement en fonction des charges thermiques internes et des conditions climatiques extérieures. Les résultats obtenus montrent des variations de température allant de 9,5°C à 43°C au sein du bâtiment, avec une moyenne annuelle de 24,6°C. Cette large amplitude thermique traduit les dérives de température susceptibles de se produire en l'absence de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement, mettant en évidence les périodes d'inconfort froid en hiver et de surchauffe en été.

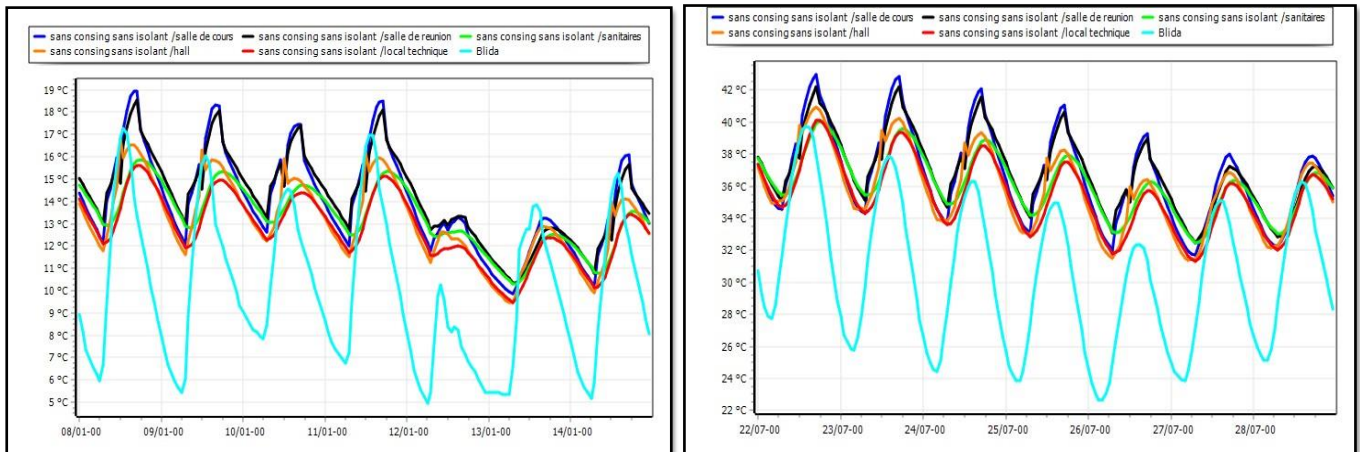


Figure (IV.1) : la variation de la température pendant la semaine la plus froide et la plus chaude

Interprétation :

Cette simulation révèle des variations thermiques significatives. Durant la semaine la plus froide, la température extérieure oscille entre 5°C et 17°C, tandis que les zones de confort maintiennent des températures de 9,2°C à 19°C, soit un écart de 2°C à 4,2°C par rapport à l'extérieur.

Pour la semaine la plus chaude, l'extérieur atteint 23°C à 40°C, alors que les zones intérieures enregistrent des températures de 31°C à 43°C. L'écart plus prononcé en période chaude (4°C à 9°C) s'explique par les apports thermiques internes provenant des appareils électriques et des occupants, contribuant à une élévation supplémentaire de la température intérieure.

IV.2.1.2 Proposition 02 :

Dans cette proposition on va faire la réalisation du bâtiment selon de construction durable avec isolation.

Tableau (IV.2) : résultat de simulation sans consigne thermostat

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	0	0	0	0	0	0	11,5	24,4	39,9
salle de cours	0	0	0	0	0	0	12,4	24,6	39,9
salle de reunion	0	0	0	0	0	0	15,7	25,9	39,1
sanitaires	0	0	0	0	0	0	14,6	23,6	33,9
hall	0	0	0	0	0	0	11,5	23,5	38,9
local technique	0	0	0	0	0	0	11,7	22,4	34,8

Dans cette simulation, aussi aucun besoin en chauffage ni climatisation n'est calculé. Les températures intérieures fluctuent librement entre 11,5°C et 39,9°C, avec une moyenne de 26°C, entraînant un taux d'inconfort élevé de 35%. Les apports solaires jouent un rôle crucial dans ces variations thermiques.

L'orientation plein sud du bâtiment et son exposition solaire importante contribuent à l'augmentation des températures intérieures, particulièrement en période estivale. Cette combinaison d'apports solaires élevés et de larges fluctuations thermiques compromet significativement le confort des occupants en l'absence de systèmes de régulation thermique.

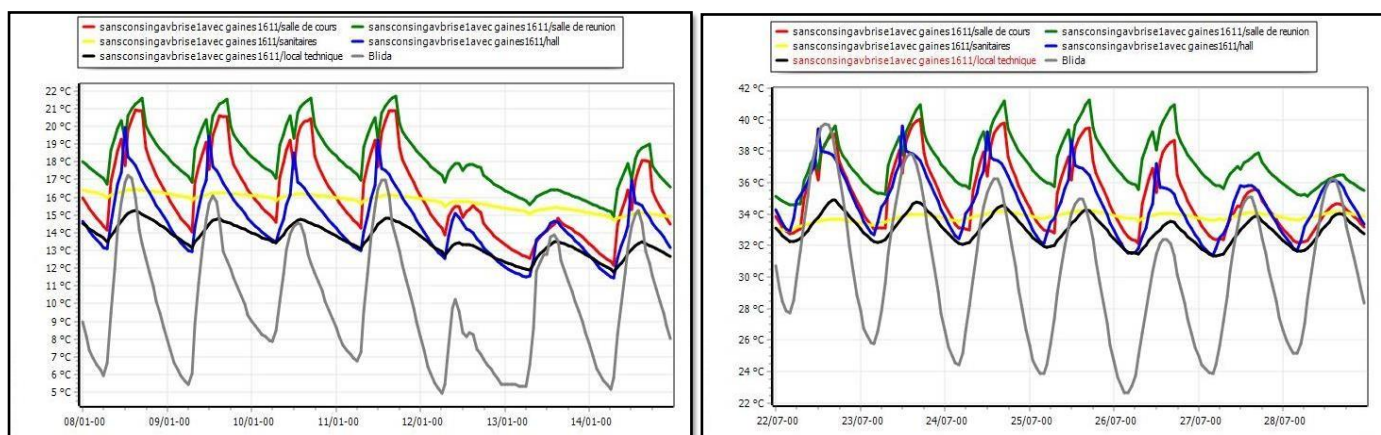


Figure (IV.2) : la variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude

Interprétation :

Durant la semaine la plus froide, les températures extérieures varient de 4°C à 17°C, tandis que l'intérieur maintient des températures entre 12°C et 22°C, soit un écart de 5°C à 8°C. Cette différence s'explique par l'inertie thermique et les apports internes.

Pour la semaine la plus chaude, l'extérieur atteint 23°C à 40°C, alors que les espaces intérieurs enregistrent des températures de 32°C à 40°C, avec un écart allant jusqu'à 17°C par rapport à l'extérieur. Cette surchauffe intérieure est attribuée à l'inertie thermique du bâtiment, aux apports solaires, ainsi qu'à la chaleur dégagée par les occupants et les équipements.

Ces résultats soulignent l'importance de l'inertie thermique et des apports internes dans le comportement thermique du bâtiment, tant en période froide que chaude.

IV.2.2 Simulation avec consigne :

La simulation intégrant des consignes de thermostat implique la définition de scénarios précis pour le chauffage hivernal et la climatisation estivale. Cette approche permet de quantifier les besoins énergétiques nécessaires pour garantir le confort thermique des occupants. En fixant des températures de consigne, on vise à éliminer les périodes d'inconfort et à réduire les pics de surchauffe ainsi que l'amplification des températures extérieures à l'intérieur du bâtiment. Cette méthode offre une évaluation plus réaliste des performances thermiques du bâtiment en conditions d'usage, en tenant compte des systèmes de régulation thermique. Elle permet ainsi d'estimer la consommation énergétique requise pour maintenir des conditions de confort optimales tout au long de l'année.

On applique le confort normal pour :

- Une consigne de chauffage = 20°C
- Une consigne de climatisation = 27°C

IV.2.2.1 Proposition 01 :

La réalisation du bâtiment selon les pratiques de construction ordinaire.

Tableau (IV.3) : résultat de simulation avec consigne thermostat

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	5 380	69	3 403	44	6 776	13 933	12.0	24.6	39.9
salle de cours	2 536	62	1 731	43	3 295	7 073	14.9	24.8	39.9
salle de reunion	1 245	57	964	45	1 735	3 930	15.5	24.9	39.0
sanitaires	0	0	0	0	0	0	14.3	24.1	38.8
hall	1 598	102	708	45	1 747	2 930	14.3	24.4	39.7
local technique	0	0	0	0	0	0	12.0	23.4	39.0

La simulation avec consigne de thermostat pour cette proposition a permis d'estimer les besoins énergétiques du bâtiment. Les résultats révèlent un besoin annuel en chauffage de 5380 kWh, soit 69 kWh/m², nécessitant une puissance de 6776 W. Pour la climatisation, les besoins s'élèvent à 3403 kWh, équivalant à 44 kWh/m², avec une puissance requise de 13933 W. Ces chiffres illustrent une demande énergétique plus importante pour le chauffage que pour la climatisation sur l'année, mais soulignent une puissance de climatisation nettement supérieure, probablement due à des pics de demande plus intenses durant les périodes chaudes.

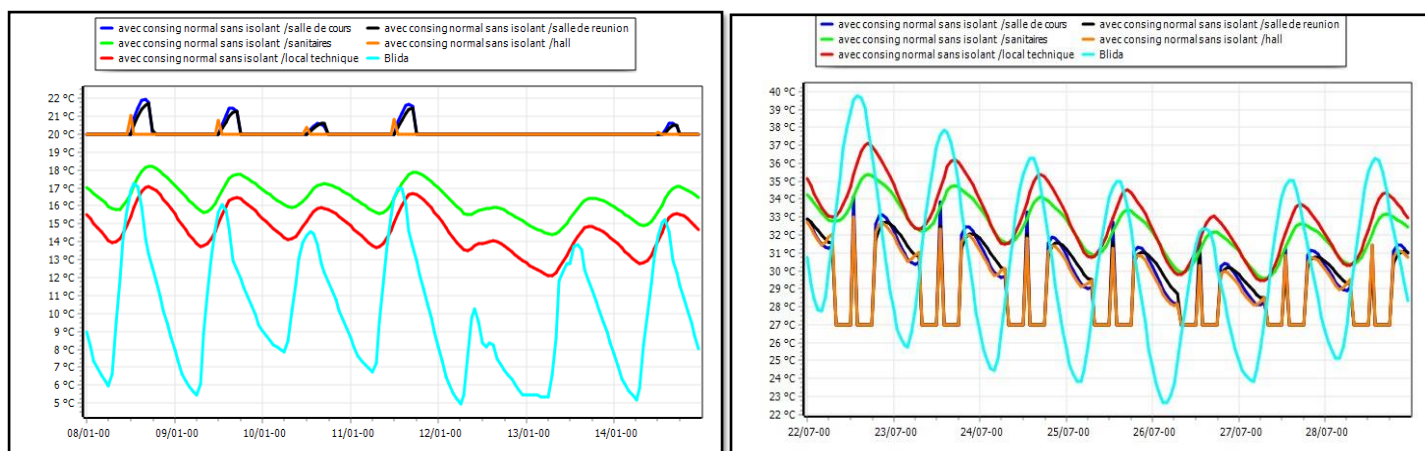


Figure (IV.3) : la variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude

Interprétation :

Les résultats de la simulation avec consigne de thermostat pour la semaine la plus froide de la proposition 01 montrent que, malgré des températures extérieures oscillant entre 5°C et 17°C, l'intérieur du bâtiment maintient des températures élevées, atteignant jusqu'à 22°C. L'écart thermique entre l'intérieur et l'extérieur varie considérablement, allant de 5°C à 16°C. Cette régulation thermique est assurée par une consigne de thermostat fixée à 20°C pour la salle de cours, la salle de réunion et le hall, permettant ainsi de maintenir un niveau de confort thermique stable malgré les fluctuations extérieures. Cette différence significative entre les températures intérieures et extérieures souligne l'efficacité du système de chauffage et de l'isolation du bâtiment dans la gestion des conditions thermiques intérieures durant la période hivernale.

Durant la semaine la plus chaude, les températures extérieures fluctuent entre 22°C et 40°C. Avec une consigne de climatisation fixée à 27°C pendant 8 heures quotidiennes, les températures intérieures varient selon les espaces. Dans la salle de cours et la salle de réunion, elles oscillent entre 27°C et 33°C, respectant ainsi la consigne pendant les heures d'utilisation. Le hall et la kitchenette, probablement moins régulés, peuvent atteindre des températures plus élevées, jusqu'à 34°C à midi. Ces résultats illustrent l'effet de la climatisation dans les espaces principaux, tout en montrant les limites de la régulation thermique dans les zones secondaires, notamment pendant les pics de chaleur extérieure.

IV.2.2.2 Proposition 02 :

La réalisation du bâtiment selon de construction durable avec isolation.

Tableau (IV.4) : résultat de simulation avec consigne thermostat

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²	W	W	°C	°C	°C
Total	1 452	20	1 427	19	2 115	6 706	12,7	24,5	36,2
salle de cours	736	19	737	19	1 125	3 301	17,2	24,6	35,4
salle de reunion	20	1	360	18	182	1 700	20,0	26,1	36,2
sanitaires	0	0	0	0	0	0	16,7	23,8	32,1
hall	696	47	330	22	809	1 705	15,9	24,1	36,2
local technique	0	0	0	0	0	0	12,7	22,4	34,5

Cette simulation révèle des besoins énergétiques équilibrés entre chauffage et climatisation. Les besoins annuels en chauffage s'élèvent à 1452 kWh, soit 20 kWh/m², nécessitant une puissance de 2115 W. Pour la climatisation, les besoins sont légèrement inférieurs, atteignant 1427 kWh, équivalant à 19 kWh/m², avec une puissance requise de 6706 W. Cette différence significative entre les puissances de chauffage et de climatisation suggère des pics de demande plus intenses pour le refroidissement, malgré des besoins annuels similaires. Ces résultats indiquent une performance énergétique relativement équilibrée du bâtiment entre les saisons chaudes et froides.

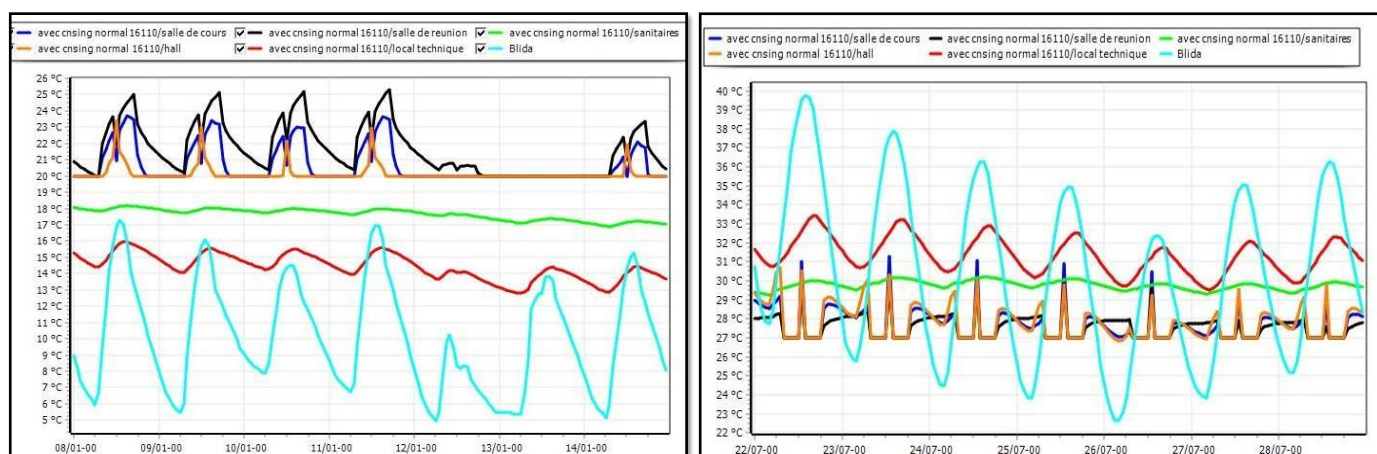


Figure (IV.4) : la variation de la température pendant la semaine la froide et la plus chaude

Interprétation :

Pour la semaine la plus froide de la proposition 02, avec une consigne de thermostat activée 8 heures par jour, les résultats montrent une régulation thermique efficace. Malgré des températures extérieures oscillant entre 4°C et 17°C, l'intérieur du bâtiment maintient des températures nettement plus élevées, atteignant jusqu'à 25,2°C. L'écart thermique entre l'intérieur et l'extérieur est considérable, variant de 8°C à 21°C. La consigne de 20°C, fixée pour la salle de cours, la salle de réunion et le hall, est globalement respectée, assurant un confort thermique stable dans ces espaces. Cette performance thermique souligne l'efficacité du système de chauffage et de l'isolation du bâtiment.

La simulation de la semaine la plus chaude, avec une consigne de climatisation à 27°C active 8 heures par jour, révèle une gestion thermique efficace malgré des conditions extérieures extrêmes. Alors que les températures extérieures fluctuent entre 22,5°C et 40°C, les espaces intérieurs maintiennent des conditions plus tempérées. Dans la salle de cours et la salle de réunion, les températures oscillent entre 27°C et 30°C, respectant ainsi la consigne pendant les heures d'utilisation. Le hall et la kitchenette, probablement moins régulés, connaissent des pics légèrement plus élevés, atteignant jusqu'à 31°C à midi. Ces résultats démontrent l'efficacité du système de climatisation dans les zones principales, tout en soulignant un léger écart dans les espaces secondaires, particulièrement durant les heures les plus chaudes de la journée.

IV.2.3 Evaluation énergétique de notre travail

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

Besoins totaux = Besoins de chauffage + Besoins de climatisation.

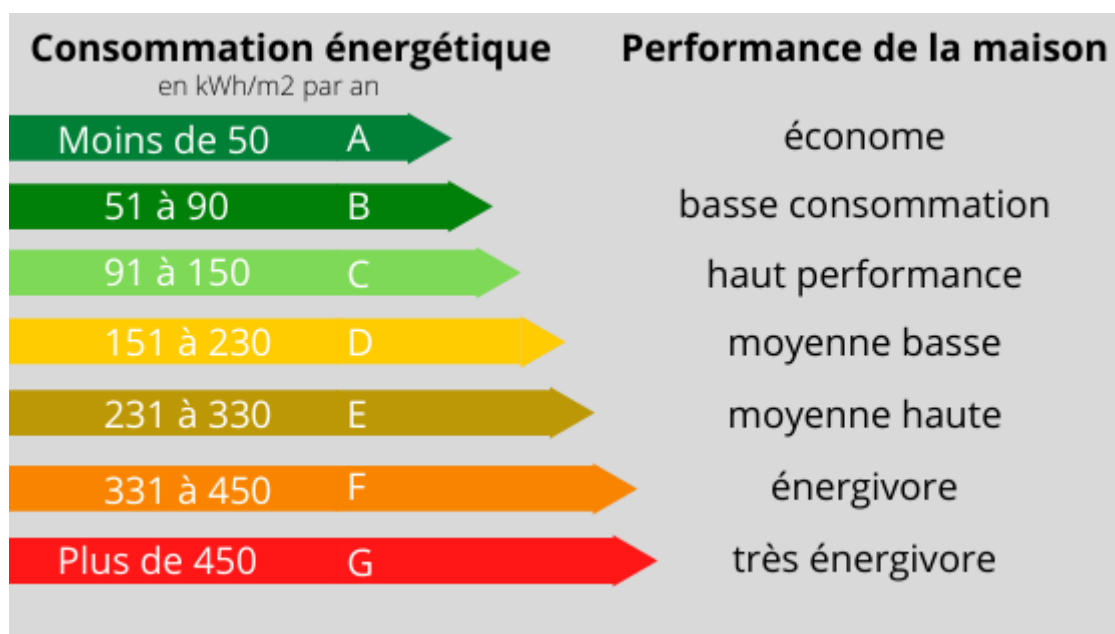


Figure (IV.5) : Classe énergétique dans l'étiquette énergétique [33]

- **Pour la Proposition 01 :**
Les besoins de chauffage sont de 69 kWh/m2
Les besoins de climatisation sont de 44 kWh/m2
Total 113 kWh/m2
La classe énergétique : C
- **Pour la Proposition 02 :**
Les besoins de chauffage sont de 20 kWh/m2
Les besoins de climatisation sont de 19 kWh/m2
Total 39 kWh/m2
La classe énergétique : A

IV.4 Résultats obtenu Pour la simulation PV :

IV.4.1 Pour le bâtiment :

Une fois l'ensemble des étapes de simulation paramétrées, le logiciel PVsyst génère automatiquement un rapport détaillé. Ce document synthétise tous les résultats pertinents sous forme de tableaux et de graphiques. La figure (IV.6) , présentée ci-dessous, offre une vue d'ensemble des principaux paramètres de l'installation, permettant ainsi une visualisation claire et concise des données essentielles issues de la simulation.

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
ETB		Latitude	36.42 °N	Albedo	0.20
Algérie		Longitude	2.83 °E		
		Altitude	256 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
ETB					
Meteonorm 8.1 (1996-2010), Sat=100 % - Synthétique					
System summary					
Standalone system			Standalone system with batteries		
PV Field Orientation			User's needs		
Fixed plane			Daily household consumers		
Tilt/Azimuth	33 / 0 °		Constant over the year		
			Average	11.6 kWh/Day	
System information					
PV Array					
Nb. of modules	14 units		Battery pack		
Pnom total	4200 Wp		Technology	Lead-acid, sealed, Gel	
			Nb. of units	24 units	
			Voltage	24 V	
			Capacity	608 Ah	
Results summary					
Available Energy	6639 kWh/year	Specific production	1581 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	51.61 %
Used Energy	4103 kWh/year			Solar Fraction SF	96.66 %

Figure (IV.6) : Les principaux paramètres du système.

La figure ci-dessous représente les caractéristiques clés du système photovoltaïque :

- Champ PV : Constitué de 14 modules (1 en série et 14 en parallèle), avec une surface de 22.8 m² et de puissance de 4200 Wc (la puissance du module et de 300 Wc) dans les conditions Standard.

- Batteries : Un local technique contient de batteries composé de 12 batteries en séries en 2 en parallèle, avec une tension de système de 24V (la tension de la batterie et de 2V) et de capacité nominale de 608Ah (C10).

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Eurener	Manufacturer	Moll
Model	Eurener MEPVTurbo/60 300w (Original PVsyst database)	Model	OPzV Solar 390
Unit Nom. Power	300 Wp	Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Number of PV modules	14 units	Nb. of units	2 in parallel x 12 in series
Nominal (STC)	4200 Wp	Discharging min. SOC	20.0 %
Modules	14 Strings x 1 In series	Stored energy	11.7 kWh
At operating cond. (50°C)		Battery Pack Characteristics	
Pmpp	3780 Wp	Voltage	24 V
U mpp	29 V	Nominal Capacity	608 Ah (C10)
I mpp	131 A	Temperature	Fixed 20 °C
Controller		Battery Management control	
Universal controller		Threshold commands as	SOC calculation
Technology	MPPT converter	Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	approx.	27.0 / 24.8 V
Converter		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	approx.	23.0 / 24.1 V
Total PV power			
Nominal (STC)	4.20 kWp		
Total	14 modules		
Module area	22.8 m ²		

Figure (IV.7) : Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie.

La consommation de chaque appareil électrique de la maison, l'énergie totale journalière de l'installation est de 11.63 kWh avec un pic journalier de 2700W ainsi que d'autres informations relatives au système étudié sont détaillées dans le tableau de (la figure 80).

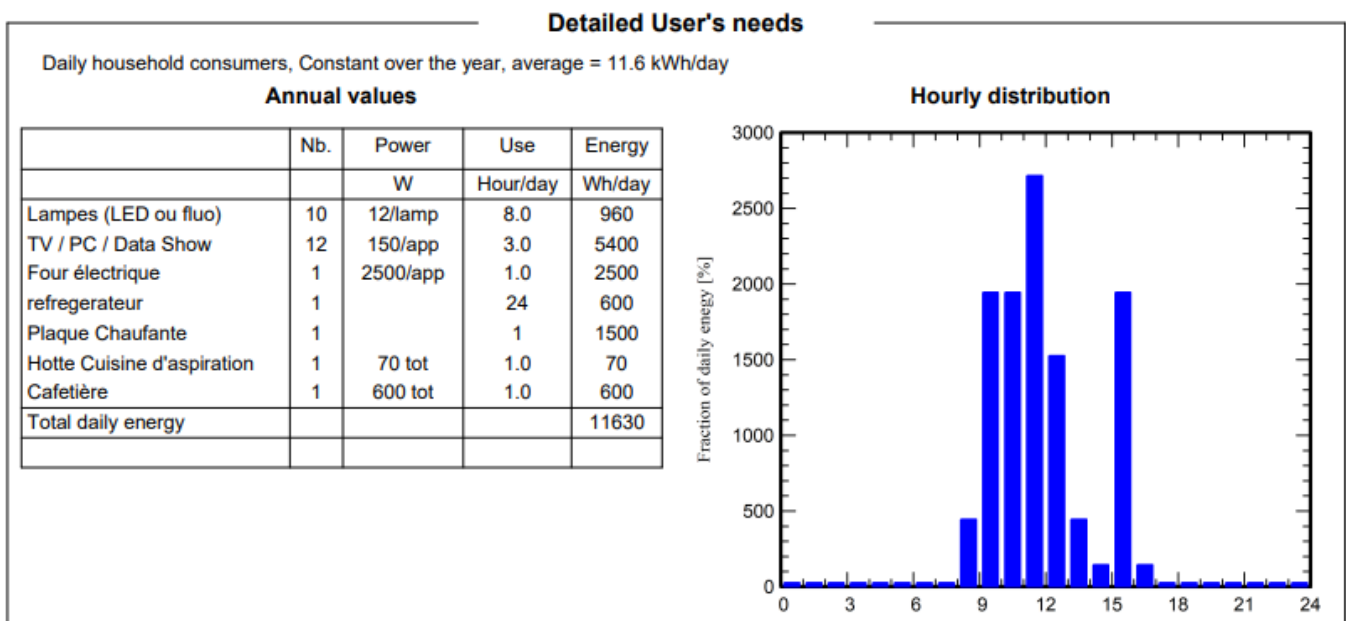


Figure (IV.8) : La consommation journalière est le profil horaire.

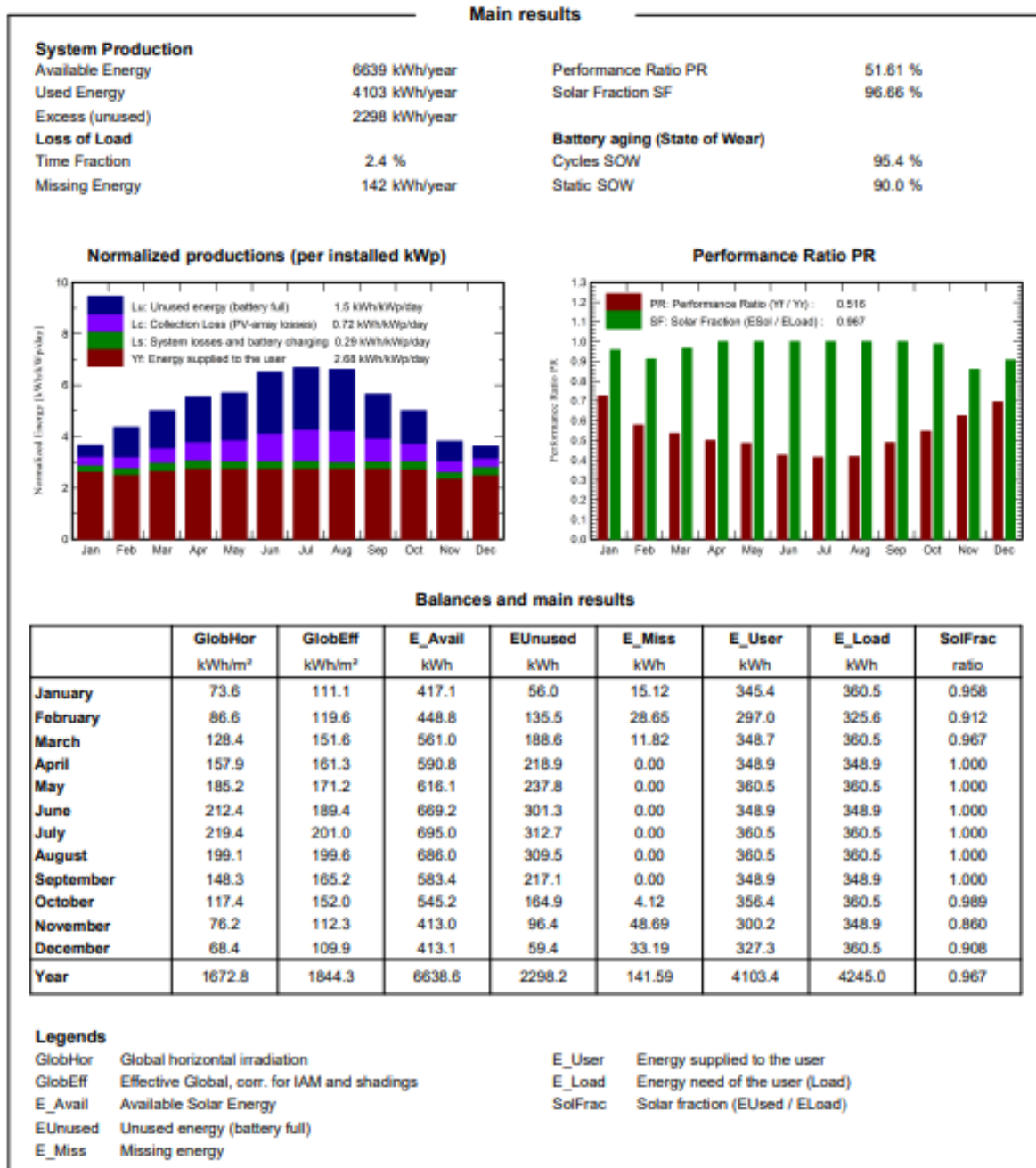


Figure (IV.9) : Rapport de résultats principaux.

D'après les résultats du tableau de la figure (IV.9) on voit bien l'énergie produite par du champ PV, l'énergie totale du besoin et l'excès d'énergie.

Les graphiques présentent la production énergétique mensuelle normalisée par kW installé. Ils révèlent les variations saisonnières typiques des systèmes solaires : pics de production en été et baisse en hiver, illustrant l'impact direct de l'ensoleillement sur le rendement du système photovoltaïque au cours de l'année.

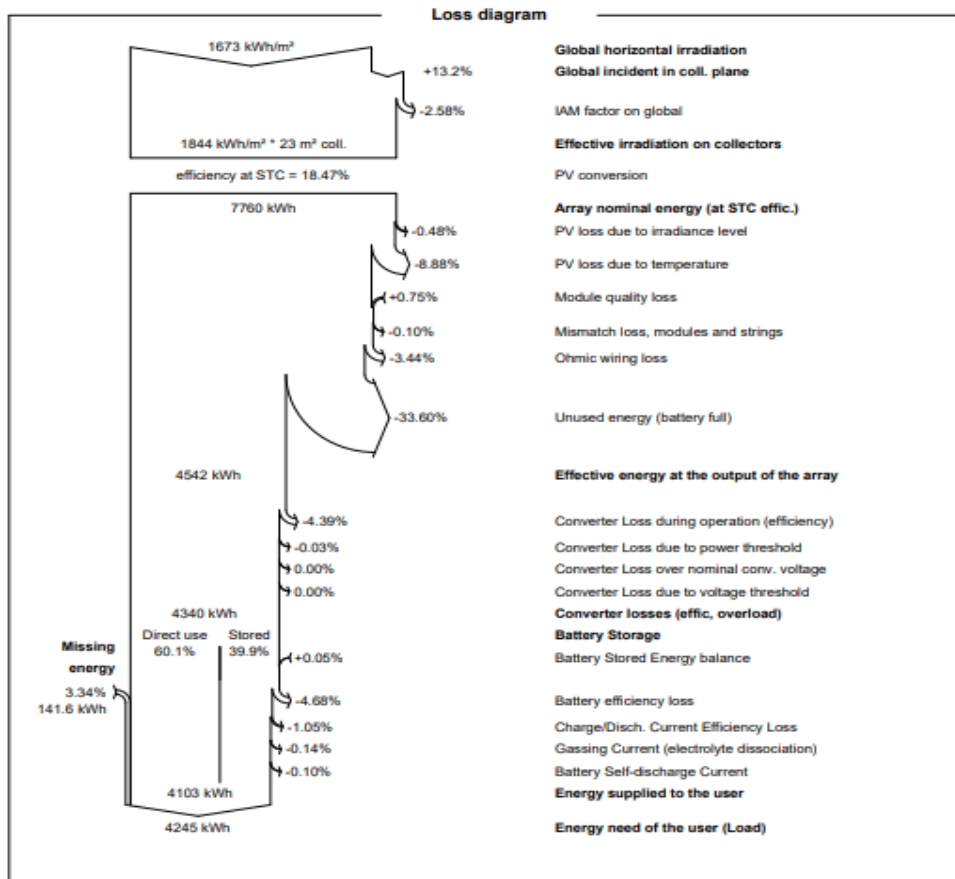


Figure (IV.10) : Diagramme des pertes sur toute l'année.

À partir de la figure (IV.10), nous constatons les différentes pertes d'énergies, résumées sous forme d'un diagramme, sont très importantes dans le système photovoltaïque. Ceci est justifié par le fait que le système photovoltaïque est exposé à plusieurs paramètres de dégradation qui est interprété par des facteurs de pertes :

- Pertes champs (Température, qualité des modules, résistance, ... etc).
- Pertes Onduleur globales.
- Pertes système de stockage
- Le besoin d'utilisation : charge avec système de stockage.

Nous observons sur le diagramme des pertes sur l'année entière que l'irradiation globale incidente n'est pas complètement exploitable à cause des facteurs et pertes sur les différentes parties du système, on obtient une énergie totale de 4245 kWh.

IV.4.2 Pour la station de recharge des voitures :

Les principaux paramètres de l'installation

Project summary				
Geographical Site	Situation	Project settings		
Blida	Latitude	36.42 °N	Albedo	0.20
Algérie	Longitude	2.83 °E		
	Altitude	256 m		
	Time zone	UTC+1		
Meteo data				
ETB				
Meteonorm 8.1 (1996-2010), Sat=100 % - Synthétique				

System summary			
Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation		User's needs	
Fixed plane		Daily household consumers	
Tilt/Azimuth	33 / 0 °	Constant over the year	
		Average	37.0 kWh/Day
System information			
PV Array		Battery pack	
Nb. of modules	31 units	Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Pnom total	12.40 kWp	Nb. of units	24 units
		Voltage	48 V
		Capacity	2000 Ah

Figure (IV.11) : Les principaux paramètres du système.

La figure ci-dessous représente les caractéristiques clés du système photovoltaïque :

- Champ PV : Constitué de 31 modules (1 en série et 31 en parallèle), avec une surface de 69.5 m² et de puissance de 12 KWc (la puissance du module et de 400 Wc) dans les conditions Standard.
- Batteries : Un local technique contient de batteries composées de 12 batteries en séries en 2 en parallèle, avec une tension de système de 24V (la tension de la batterie et de 2V) et de capacité nominale de 608Ah (C10).

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Newmax
Model	Mono 400 Wp 72 cells	Model	UPN2000
(Original PVsyst database)			
Unit Nom. Power	400 Wp	Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Number of PV modules	31 units	Nb. of units	24 in series
Nominal (STC)	12.40 kWp	Discharging min. SOC	10.0 %
Modules	31 Strings x 1 In series	Stored energy	87.3 kWh
At operating cond. (50°C)		Battery Pack Characteristics	
Pmpp	11.24 kWp	Voltage	48 V
U mpp	34 V	Nominal Capacity	2000 Ah (C10)
I mpp	326 A	Temperature	Fixed 20 °C
Controller		Battery Management control	
Universal controller		Threshold commands as	SOC calculation
Technology	MPPT converter	Charging	SOC = 0.96 / 0.80
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	approx.	59.5 / 49.8 V
Converter		Discharging	SOC = 0.10 / 0.35
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	approx.	44.2 / 47.8 V
Total PV power			
Nominal (STC)	12 kWp		
Total	31 modules		
Module area	69.5 m ²		
Cell area	61.6 m ²		

Figure (IV.12) : Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie.

Le tableau et le graphique ci-dessus fournissent des informations détaillées sur les besoins énergétiques quotidiens pour la borne de recharge de voiture électrique. La borne, d'une puissance de 7400 W, est utilisée 5 heures par jour, entraînant une consommation quotidienne de 37 kWh.

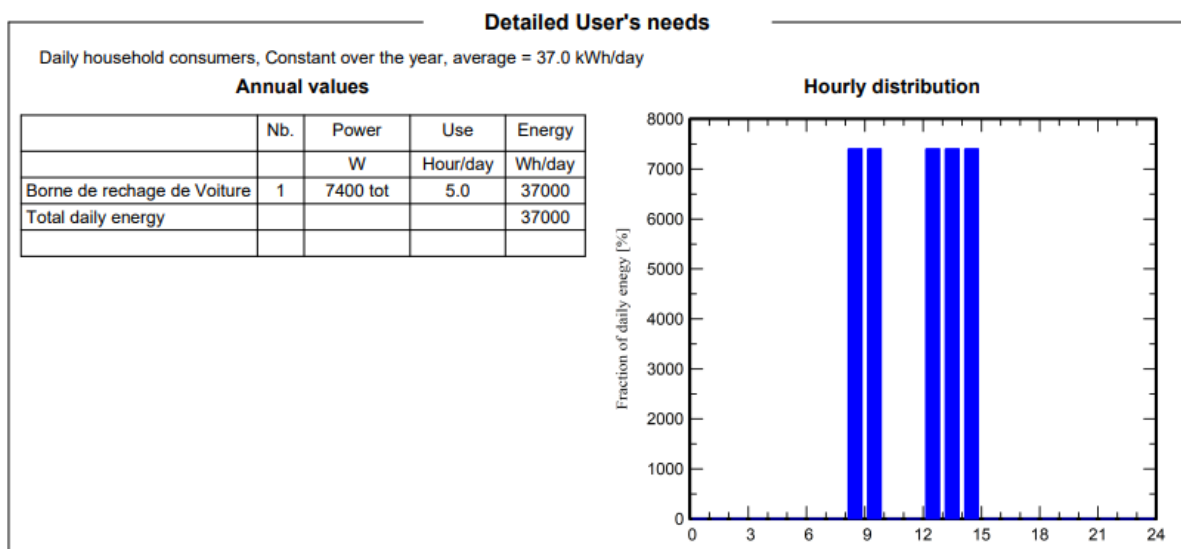
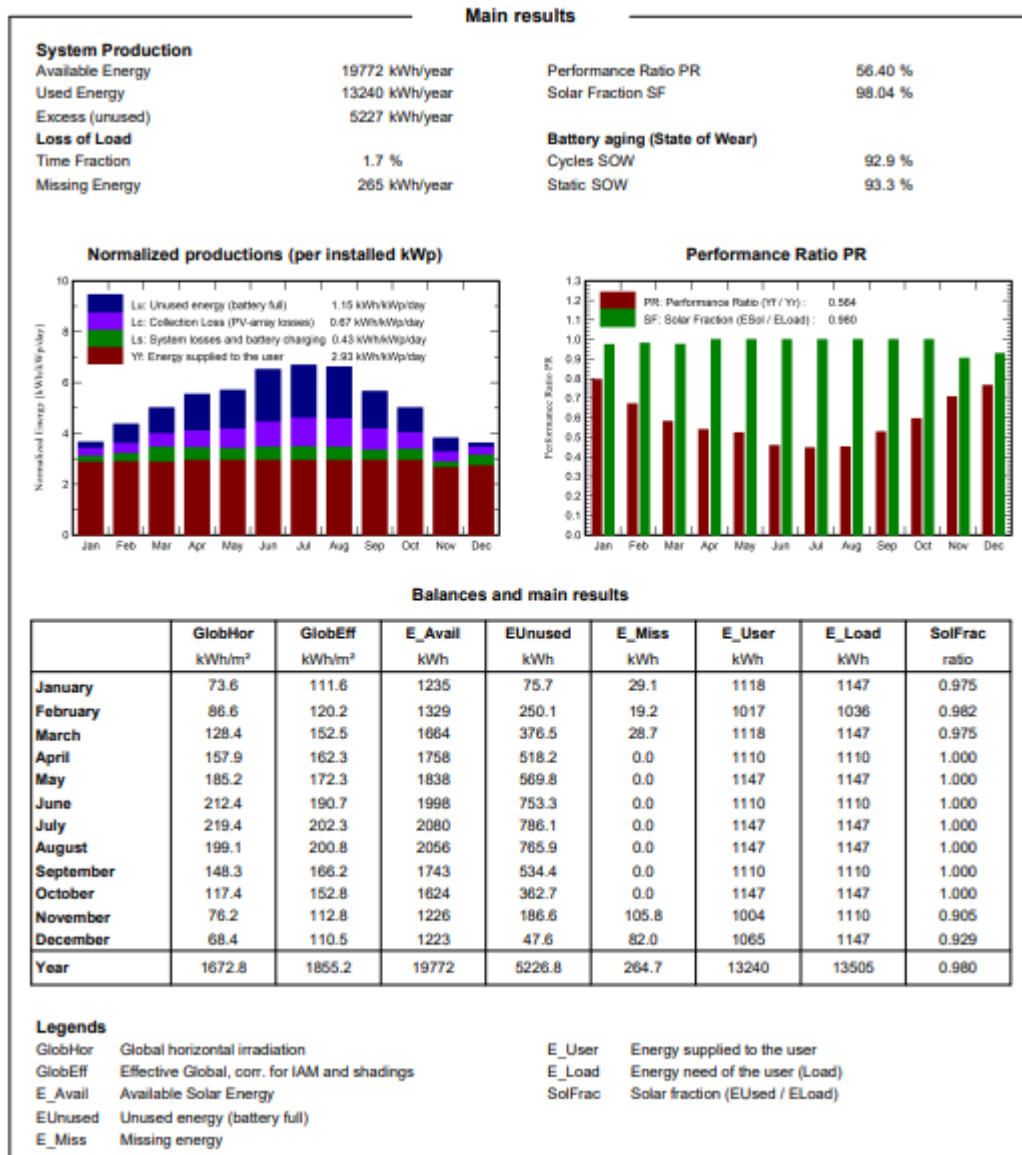


Figure (IV.13) : La consommation journalière est le profil horaire.



C

Figure (IV.15) : Rapport de résultats principaux.

D'après les résultats du tableau de la figure (IV.15) on voit bien l'énergie produite par du champ PV, l'énergie totale du besoin et l'excès d'énergie.

Les graphiques présentent la production énergétique mensuelle normalisée par kW installé. Ils révèlent les variations saisonnières typiques des systèmes solaires : pics de production en été et baisse en hiver, illustrant l'impact direct de l'ensoleillement sur le rendement du système photovoltaïque au cours de l'année.

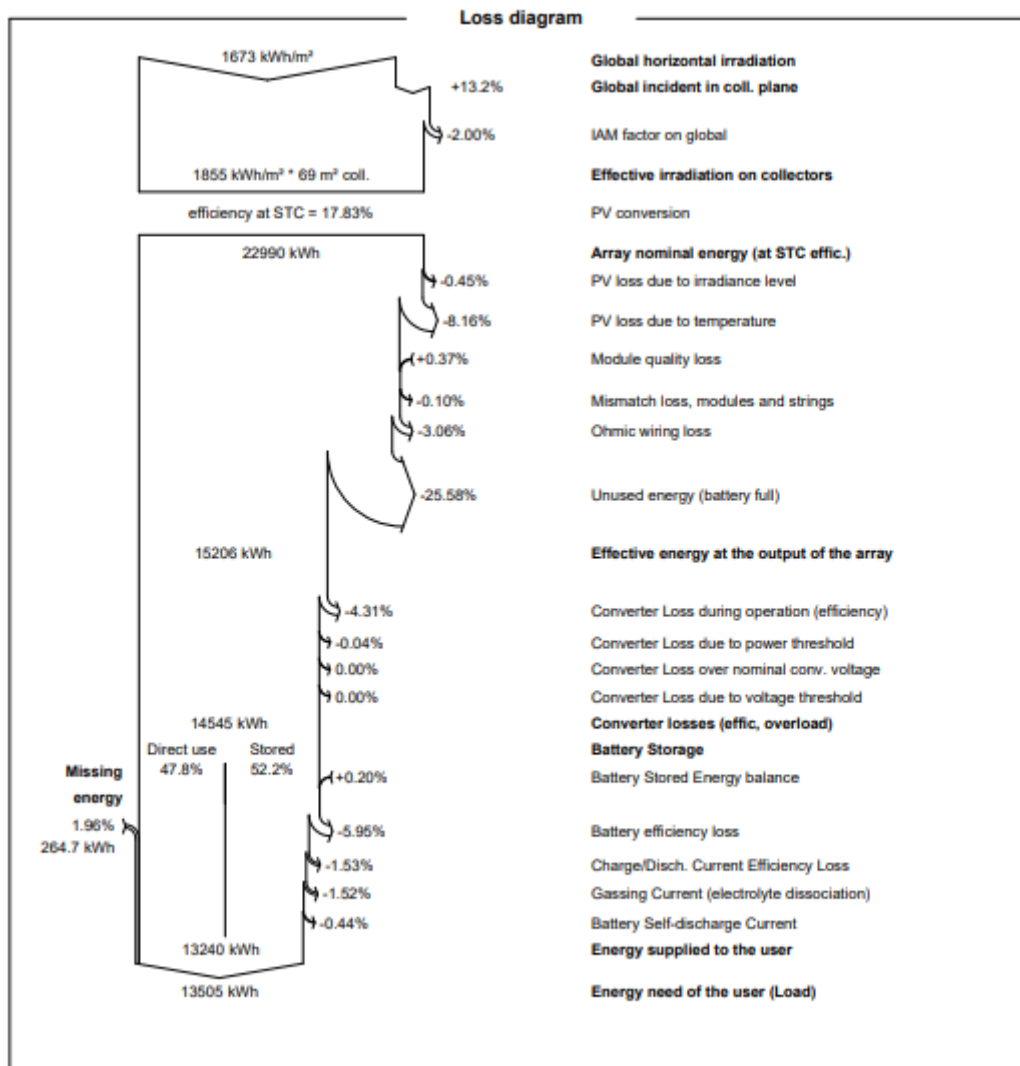


Figure (IV.16) : Diagramme des pertes sur toute l'année.

Nous observons sur le diagramme des pertes sur l'année entière que l'irradiation globale incidente n'est pas complètement exploitable à cause des facteurs et pertes sur les différentes parties du système, on obtient une énergie totale de 13505 kWh.

IV.5 Résultats obtenu Pour la simulation thermique :

Après la simulation, on visualise les variations des températures de sortie de capteur par rapport l'éclairement.

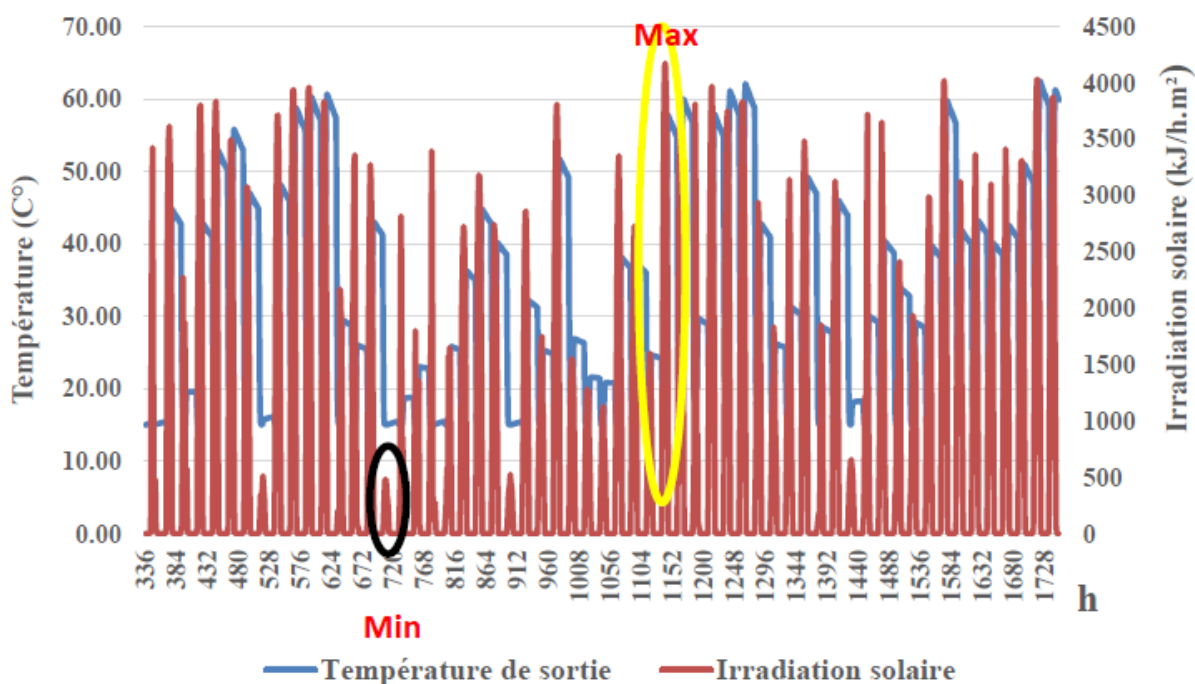


Figure (IV.17) : la variation des températures de sortie du capteur par rapport l'éclairement

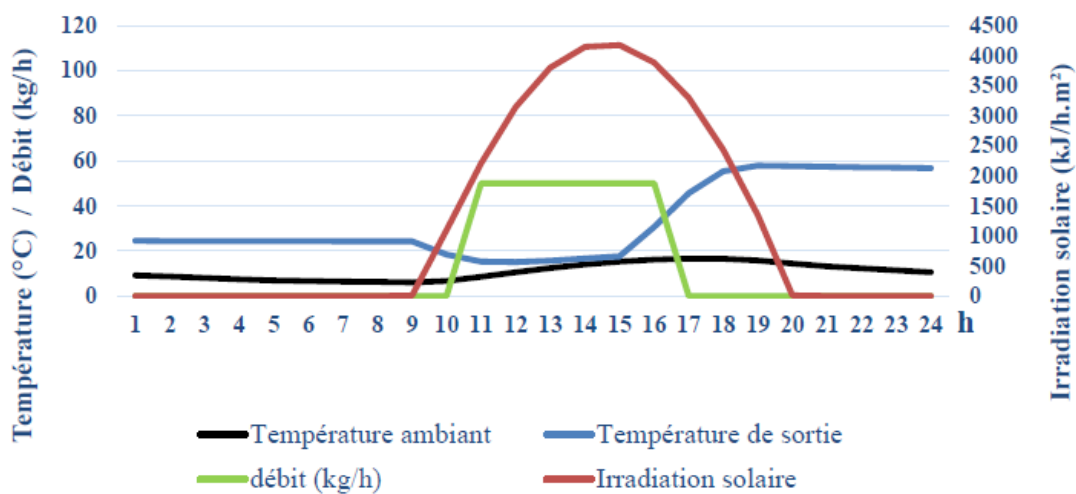


Figure (IV.18) : la variation des températures de sortie maximale du capteur

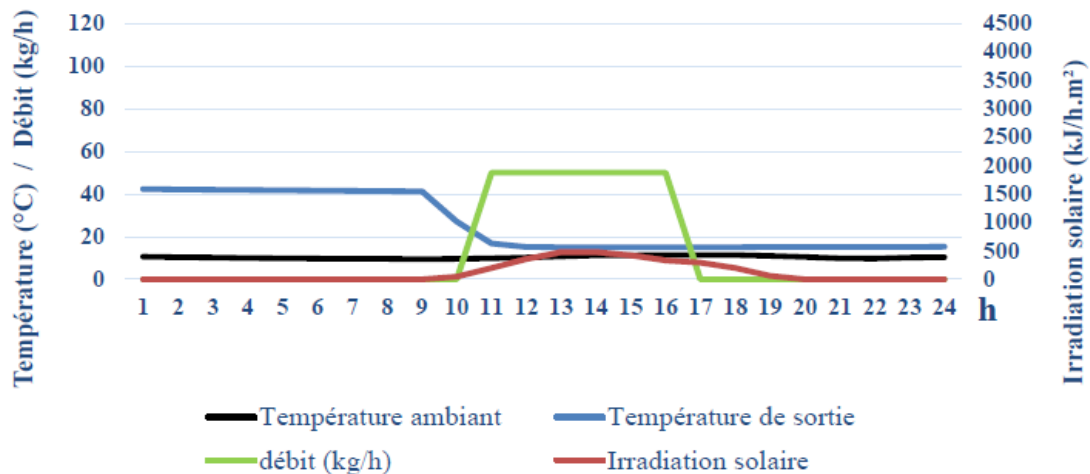


Figure (IV.19) : la variation la température de sortie minimale du capteur

Interprétation :

L'analyse des variations de températures de sortie du capteur en fonction de l'éclairement, du 15 janvier au 15 mars, met en évidence deux scénarios contrastés. Lors des journées à fort éclairement, la température de la cuve atteint son maximum, mais diminue pendant les périodes de consommation due au puisage, avant de remonter et se stabiliser la nuit grâce à une isolation efficace. Par contre, les journées à faible éclairement montrent une température de cuve constante autour de 16°C, en l'absence de puisage. Ces observations soulignent l'influence directe de l'intensité de l'éclairement solaire et du profil de consommation sur les performances thermiques du système, tout en mettant en lumière l'importance de l'isolation pour maintenir la température nocturne

IV.6 Conclusion :

Ce chapitre a présenté les résultats des simulations et calculs réalisés pour notre projet d'optimisation énergétique. Les logiciels Pleiade, PVSyst et TRNSYS, combinés aux calculs analytiques, ont fourni des données essentielles sur les performances thermiques du bâtiment et le dimensionnement du système photovoltaïque.

Les simulations thermiques ont démontré l'importance des consignes de thermostat pour optimiser le confort et réduire la consommation énergétique. Pour le système photovoltaïque, les résultats du logiciel PVSyst ont permis de définir une configuration adaptée aux besoins énergétiques identifiés, incluant la recharge des véhicules électriques.

Ces résultats confirment l'efficacité des stratégies d'optimisation énergétique envisagées, combinant performance thermique, régulation intelligente et production d'énergie renouvelable sur site.

CHAPITRE V

APPROCHES TECHNOLOGIQUES POUR L'INTÉGRATION DU SYSTEME SMART

V.1 Introduction :

Le concept de bâtiment intelligent se développe rapidement. Nous utilisons la domotique dans nos maisons et l'immotique pour les grandes infrastructures afin d'améliorer le confort thermique des occupants et de réduire la consommation d'énergie.

V.2 Les systèmes intelligents :

On a deux concepts englobent les systèmes intelligents dans un bâtiment sont : la domotique et l'immotique.

V.2.1 La domotique :

La domotique combine l'informatique et les télécommunications pour optimiser la consommation de chauffage et d'électricité dans la maison grâce à une interface connectée. Elle regroupe l'ensemble des techniques permettant d'intégrer tous les automatismes relatifs à la sécurité, à la gestion de l'énergie, à la communication, au divertissement, et à l'éducation dans un habitat [34].

L'objectif est de gérer intelligemment toutes les fonctions électriques du bâtiment, telles que le chauffage, l'éclairage, et les systèmes de surveillance, à l'aide d'appareils connectés. La domotique permet d'interagir entre un contrôleur (comme un programmeur ou une télécommande) et un actionneur (comme une prise ou un relais). Le consommateur peut utiliser des capteurs (détecteurs de présence, interrupteurs, etc.) pour réagir automatiquement en fonction de la température, de la luminosité, et de scénarios définis par l'utilisateur, ou activer les dispositifs directement avec une télécommande [35].

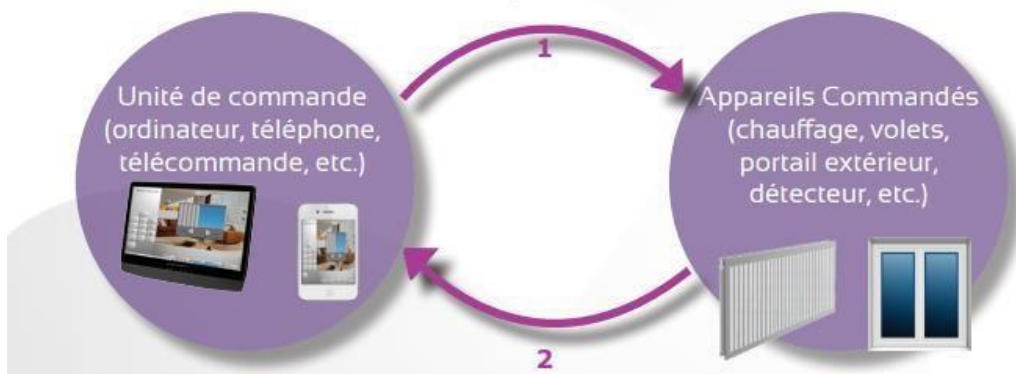


Figure (V.1) : Fonctionnement de la domotique [36]

V.2.1.1 Fonctionnement de la domotique :

Grace au développement de l'informatique et l'Internet et des réseaux connectés nos maisons sont capables d'être aujourd'hui plus en plus automatisé pour mieux gérer la gestion d'énergie.

Pour contrôler et minimiser les travaux de tous les appareils radio de logement, il s'agit de tous les relier entre eux avec un contrôleur central (boitier fixée au mur, Smartphone ou une tablette pour les piloter à distance) connecté à un box domotique qui forment un réseau maillé qui permet d'augmenter la portée.

La domotique comporte trois caractéristiques :

- La surveillance : grâce à des réseaux de capteurs permettant de recueillir des données sur l'énergie, les performances et le comportement des occupants.
- Le contrôle : en utilisant la communication entre les appareils pour l'accès à distance et l'automatisation.
- Interfaces utilisateur : via des écrans à domicile, des PC, des tablettes et des Smartphones grâce à des services basés sur le Cloud [37].

Pour cela, la domotique a plusieurs utilisations, dont :

- **Pour le chauffage**

Dans ce système, tout passe par des ondes radio. Le message est adressé au responsable de la température, le thermostat, qui est un autre boîtier présent dans chaque pièce de la maison. Il sert à mesurer et à réguler la température grâce à des accessoires intelligents comme le capteur de température et le détecteur de présence.

Ces capteurs détectent les habitudes des occupants, comme leurs départs et retours à la maison. Le thermostat enregistre ces mouvements et intègre ces informations dans son calendrier horaire. Ensuite, il envoie les données à ses coéquipiers, comme les radiateurs, pour arrêter ou redémarrer le chauffage en conséquence [34].

- **Pour l'éclairage**

L'éclairage intelligent repose sur une technologie innovante, voire révolutionnaire, qui simplifie votre quotidien et optimise l'efficacité énergétique de votre maison. Grâce à de simples commandes, il est possible d'allumer ou d'éteindre les lumières à distance. Ces réglages peuvent même être programmés à des heures prédéfinies, selon les préférences des utilisateurs.

Le système d'éclairage intelligent permet également de créer des scénarios de lumière pour simuler la présence des occupants dans la maison. L'installation d'un tel système nécessite un logiciel adapté ou une application pour faciliter les commandes [34].

- **Pour la ventilation et la climatisation**

Grâce à une application qui permet de piloter un appareil de climatisation. Si la fonction de contrôle à distance permet déjà une grande liberté d'utilisation, l'application en elle-même est une véritable télécommande intuitive, très pratique à utiliser aussi à domicile ! Bien sûr, ces systèmes sont aussi équipés de télécommandes classiques.

L'application propose ainsi plusieurs programmes de ventilation comme un mode vacances, invités, cuisine ou encore quotidien. De même, un bouton au centre de l'application permet de programmer une purification de l'air personnalisée [34].

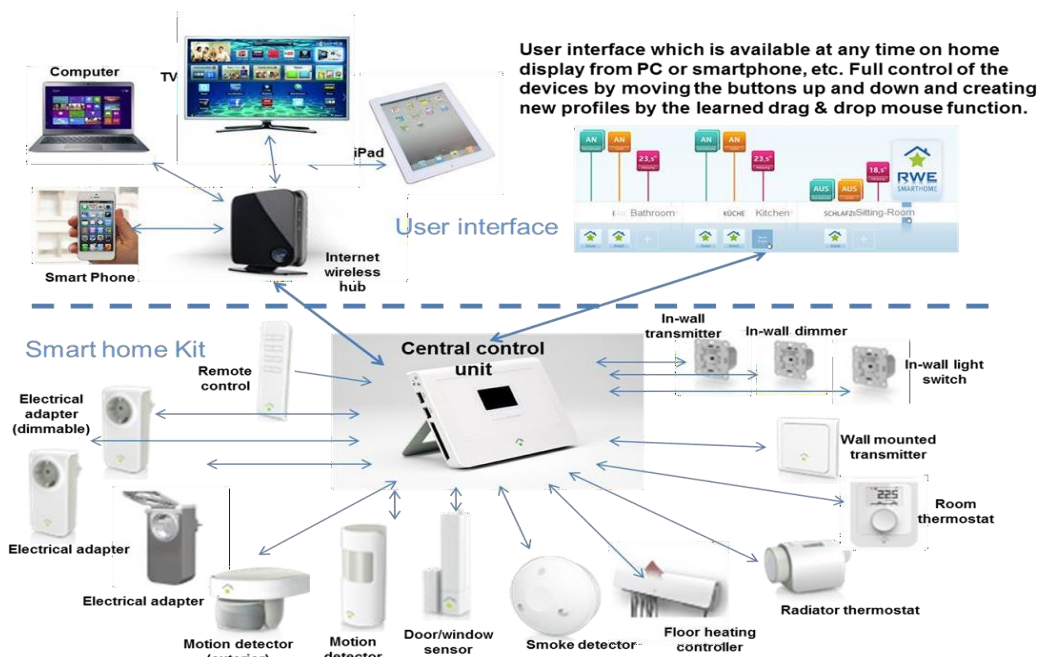


Figure (V.2) : Principe de fonctionnement de la domotique sans fil [34]

V.2.1.2 Constitution de la domotique :

Le fonctionnement d'un système domotique se repose sur plusieurs éléments communicants comportant au minimum les composants suivants :

- **L'unité de gestion**

Joue le rôle d'une intelligence centralisée, elle contient assez peu d'objets, mais qui peuvent être sophistiqués. Elle est composée de deux principaux éléments :

- Unité centrale : c'est une carte de développement, qui ressemble en réalité à un microordinateur avec des connecteurs.
- Le logiciel domotique : il faudra un logiciel sur un smart phone ou une tablette de traitement des tâches. [34]

- **Les capteurs**

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans les systèmes domotiques il permet de convertir une grandeur physique (température, luminosité, humidité, débit, présence d'objet, etc.) en un signal analogique, radio ou électrique. Cette conversion de grandeur physique permet un traitement du signal électrique par des structures électroniques à des fins de mesures et/ou de commandes, et/ou d'alarmes [34].



Figure (V.3) : les différents capteurs domotiques sans fil [37]

❖ Capteur de température

Les capteurs de température mesurent la quantité d'énergie thermique ou même froide générée par un objet ou un système, ce qui permet de sentir ou de détecter tout changement physique de température grâce à des semi-conducteurs très sensibles. Il peut être utilisé pour baisser les stores de terrasse ou ouvrir une fenêtre de toit quand la température augmente. Ou pour fermer des volets roulants quand la température descend trop [34].



Figure (V.4) : capteur de température [34]

❖ Thermostat

Le thermostat connecté analyse la performance énergétique de l'habitat, les conditions climatiques ainsi que les habitudes d'utilisation. Il prend en compte à la fois la température et le taux d'humidité de l'habitation, pour être au plus proche de la température ressentie et vous apporter un maximum de confort [34].



Figure (V.5) : Un exemple de thermostat connecté et sa mise en place [34]

❖ Détecteurs d'ouverture

Les capteurs Reed installés sur les portes et les fenêtres servent à détecter les intrusions. Les capteurs sont situés sur les portes et les fenêtres constituent l'épine dorsale de tout système de sécurité domestique. La plupart des systèmes sont livrés avec un nombre défini de capteurs [34].

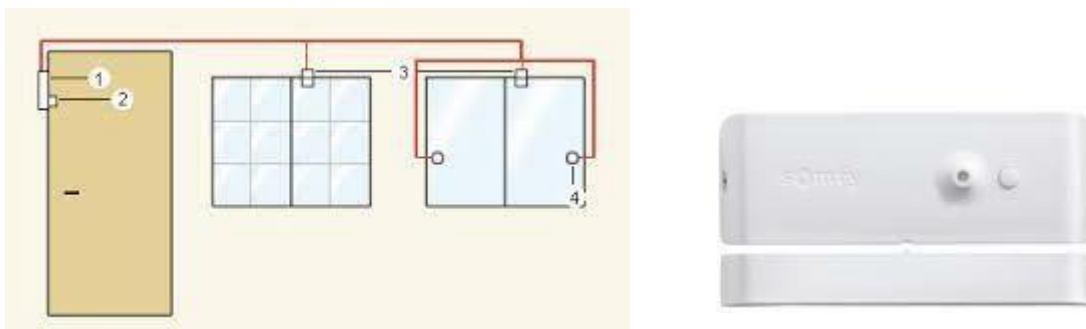


Figure (V.6) : Mise en place de Détecteurs d'ouverture [34]

D'autres exemples pour rendre la maison plus intelligente

- ❖ L'interrupteur sans fil : plus simples et plus pratiques, les interrupteurs connectés sans fil contrôlent à distance les différentes prises connectées via un mobile
- ❖ L'interrupteur connecté : permet de contrôler les différents éclairages de la maison via un Smartphone

- ❖ Prises communicantes : pour communiquer des informations via votre Smartphone, par exemple : le démarrage d'un appareil électroménager aux heures creuses (lave-linge, lave-vaisselle).
- ❖ Ampoules connectées : on peut en régler l'allumage et l'intensité via un interrupteur connecté, généralement livré avec une application.

V.2.2 L'immotique :

C'est la domotique à l'échelle d'un grand bâtiment, immeuble ou grand site industriel ou tertiaire. Elle est plus complexe que la domotique, car elle doit gérer un plus grand nombre d'appareils [34].

Les solutions d'immotique se divisent en deux grandes catégories

- **Les solutions GTC, Gestion Technique Centralisée**

Servent à optimiser la qualité des services de maintenance et de sécurité concernant un domaine technique (par exemple la climatisation, l'éclairage ou l'électricité). Ils s'appliquent à un seul site et sont en cela plus proches des solutions de domotique que de l'immotique [34].

- **Les solutions GTB, la gestion technique des bâtiments**

La Gestion Technique du Bâtiment désigne les services de maintenance informatisés destinés à superviser l'ensemble des services techniques nécessaires au fonctionnement d'un grand bâtiment ou de plusieurs lots de bâtiments [34].



Figure (V.7) : Schéma explicatif des solutions GTC et GTB [34]

V.3 conclusion :

En conclusion, l'intégration de systèmes intelligents dans nos bâtiments, qu'il s'agisse de domotique pour les maisons ou d'immoctique pour les grandes infrastructures, représente une avancée technologique majeure. Ces technologies innovantes simplifient notre quotidien tout en optimisant l'efficacité énergétique de nos habitations et infrastructures. Grâce à des commandes à distance et des programmations personnalisées, elles offrent une flexibilité et un confort inégalés, que ce soit pour l'éclairage, la gestion de la température, ou la sécurité.

CONCLUSION GENERALE

L'Algérie a lancé un ambitieux programme de construction pour combler son retard en infrastructures, faisant appel à des experts locaux et étrangers dans les domaines du logement et des équipements publics. Toutefois, on déplore que l'isolation thermique des bâtiments ait été négligée, ce qui résulte en des espaces mal adaptés au confort des occupants. Dans ce contexte, la diminution de la consommation d'énergie dans le secteur tertiaire, connu pour sa forte demande énergétique, s'impose comme une priorité nationale.

Notre projet se focalise sur la conception d'un bâtiment énergétiquement efficient à Blida. Nous avons développé deux approches : une solution passive et une solution active en intégrant des technologies intelligentes et des matériaux de construction durables, nous visons à réduire significativement la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Ce projet démontre l'importance des rénovations énergétiques à l'échelle locale et leur potentiel d'extension à des niveaux régional et national.

Grâce à l'utilisation des logiciels de simulation et de modélisation thermique dynamique, nous avons analysé le comportement thermique du bâtiment, ce qui a permis d'évaluer divers paramètres et caractéristiques tels que l'enveloppe du bâtiment et les gains de chaleur internes. Cette analyse a fourni des informations précieuses sur la performance énergétique et le confort thermique de l'habitat bioclimatique. De plus, en utilisant des logiciels spécialisés pour le dimensionnement des systèmes photovoltaïques (PV), nous avons pu intégrer des systèmes PV optimaux. Les résultats montrent une réduction significative de la consommation énergétique globale, contribuant ainsi à une amélioration notable de l'efficacité énergétique et à une diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Il est donc plus judicieux et efficace, plutôt que de subventionner massivement le prix de l'énergie fossile, de promouvoir les conceptions bioclimatiques, l'isolation, la domotique, les énergies renouvelables, ainsi que la sensibilisation des personnes pour qu'elles consomment moins et utilisent des dispositifs moins énergivores.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] «Clima MAISON,» [En ligne]. Available: <https://www.climamaison.com/lexique/energie.htm>
- [2] «Planète energies» [En ligne]. Available: <https://www.planete-energies.com/fr/media/article/energies-fossiles>
- [3] «IAEA , Agence internationale de l'énergie atomique » [En ligne]. Available: <https://www.iaea.org/fr/newscenter/news/quest-ce-que-lenergie-nucleaire-la-science-de-lelectronucleaire>
- [4] «youmatter,» [En ligne]. Available: <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition>
- [5] «futura-sciences» [En ligne]. Available: <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-solaire-6679>
- [6] «actu-environnement» [En ligne]. Available: <https://www.actu-environnement.com>
- [7] «edf» [En ligne]. Available: <https://www.edf.fr/>
- [8] «Agence Internationale de l'Énergie (AIE)» Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- [9] « Bilan Energétique National Année 2021 (edition 2022) » ministère de l'énergie et des mines
- [10] Chiffres clés, [En ligne]. Available: <https://www.sonelgaz.dz>
- [11] « APRUE » [En ligne]. Available: www.aprue.org.dz
- [12] «CEREFÉ » Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Energétique (2020) Transition Energétique en Algérie: Leçons, Etat des Lieux et Perspectives pour un Développement Accéléré des Energies Renouvelables.
- [13] Tahar Hamaz, Abdelhamid Ait Taleb (2020), « La transition énergétique en Algérie : Stratégie et enjeux », Journal of Business Administration and Economic Studies, Vol (06), Issue (01), BIS, PP : 257-272

- [14] Sofiane rahmouni, Evaluation et Amélioration Energétiques des Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique, université de Batna 2, Thèse de doctorat,2020
- [15] « ministère de l'énergie et des mines » [En ligne] Available: <https://www.energy.gov.dz/>
- [16] c.ngo (2008), « l'énergie ressources technologie et environnement » 3 éd. Paris : Dunod
- [17] « Rénovation énergétique des bâtiments ». Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, France.
- [18] « quelle énergie » [En ligne] Available : <https://www.quelleenergie.fr>
- [19] « hello watt » [En ligne] Available : <https://www.hellowatt.fr/>
- [20] Javier Carrasco, Elisa Peñalvo López, José Ramón Albiol Ibáñez, José Manuel Ganda Romero « L1 Efficacité énergétique et construction durable ». Project CONDAP.
- [21] Dutreix Armand. Bioclimatisme et performances énergétique des bâtiments, Editeur: Eyrolles, Parution 2011, ISBN13978-2-212-12702-7
- [22]« Les bonnes pratiques de l'efficacité énergétique dans le bâtiment » .Agence Marocaine pour l'efficacité énergétique.
- [23] BENBOUABDELLAH Daouia ZERARI Fadia. « Evaluation des performances énergétiques d'un bâtiment intelligent », Université Blida1, Mémoire de master 2, 2021.
- [25]] « d-maps.com » [En ligne] Available : https://d-maps.com/carte.php?num_car=177702&lang=fr
- [26] meteonorm V7.1.3.19872
- [27] Bureau d'étude Eco désigne dirigé par l'architecte Sedira Rabab
- [28] Document Technique Réglementaire (D.T.R. C 3-2)
- [29] « choisir » [En ligne] Available : <https://www.choisir.com/energie/articles/199396/borne-de-recharge-pour-vehicule-electrique-quelle-puissance-choisir>
- [30] « IZUBA Energies » [En ligne] Available : <https://www.izuba.fr/>

- [31] « PVSyst » [En ligne] Available : <https://www.pvsyst.com/>
- [32] « TRNSYS » [En ligne] Available : <https://www.trnsys.com/>
- [33] « maison sur » [En ligne] Available : <https://www.maisonsur.com/blog/trucs-astuces/comprendre-la-classe-energetique-de-sa-maison/>
- [34] BENBOUABDELLAH Daouia. ZERARI Fadia. « Evaluation des performances énergétiques d'un bâtiment intelligent », université de Blida 1, mémoire de Master,2021
- [35] K. BEDDIAR, J. LEMALE (octobre2016) « Bâtiment intelligent et efficacité énergétique, Optimisation, nouvelles technologies et BIM », Dunod.
- [36] SIRLAN Technologies, « Les automatismes du bâtiment la domotique le maintien à domicile. »
- [37] « refit smart homes » [En ligne] Available : <https://www.refitsmarthomes.org/>
- [38] BEN AHMED MEBARKI Nour El Houda, MAMMERI Fatima Zahra « Accompagnement de l'Administration Algérienne Vers Les Energies Renouvelables », université de Blida 1, mémoire de Master,2023.