



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Saad DAHLAB Blida1  
Faculté de technologie



Département des énergies renouvelables

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER ACADEMIQUE**

Filière :

**Energies renouvelables**

Spécialité :

**Habitat bioclimatique**

Présenté par :

Melle. BENBOUABDELLAH Daouia.

Et Melle. ZERARI Fadia.

Thème

**Evaluation des performances énergétiques d'un  
bâtiment intelligent**

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. HAMID Abdelkader, Professeur, Saad Dahled Blida 1. Président.

Mr. DERRADJI Lotfi, MRA, CNERIB. Promoteur.

Mr. LAFRI Djamel, Docteur, Saad Dahleb Blida 1. Examineur.

**Année Universitaire : 2020/2021**



## *Remerciement*

Avant tout, nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté et la patience qui nous ont permis de continuer le parcours scolaire de master malgré toutes les difficultés.

Ce travail de mémoire a été effectué au sein de l'Université **Saad DAHLAB Blida** dans le cadre de la préparation du mémoire de fin d'études en **énergies renouvelables et habitat bioclimatique**, sous la direction du professeur **L. DERRADJI**.

Nous tenons à remercier comme il se doit le professeur **L. DERRADJI** pour son savoir-faire, sa disponibilité, sa compréhension et sa patience tout au long de notre parcours. Il trouve ici toute notre gratitude et notre reconnaissance profonde.

Par ailleurs, nous exprimons aussi nos vifs remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner et corriger ce mémoire.

Bien évidemment, nous voudrions remercier l'ensemble des professeurs qu'on a eu durant tout notre parcours universitaire, car sans eux nous ne serions pas là où nous sommes aujourd'hui.

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 nos familles et nos amis qui n'ont pas cessé de croire en nous, de nous encourager et de nous soutenir pendant toutes nos années d'études et d'ailleurs toute notre vie.



## *Dédicace*

*On dédie ce modeste travail*

*A nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous, et qui nous ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que nous avons toujours eu pour vous. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toutes nos reconnaissances.*

*A nos frères et sœurs : Lounes, Ines, Narimene et Amina.*

*A notre encadreur et aux membres du jury.*

*A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.*

*A nos meilleures amies Anfal et Chaima et tous nos chers et collègues*

*Et en fin on dédie ce modeste travail à nos grands-parents ALLAH yarhamhoum.*

## *Résumé*

Actuellement, et avec le grand développement technologique dans le monde, le besoin en énergie s'est augmenté notamment dans le secteur du bâtiment qui est considéré comme l'un des facteurs principaux qui affectent la dépense énergétique. L'efficacité énergétique dans les bâtiments représente un moyen indispensable afin de réduire les consommations énergétiques.

Dans le cadre de cette étude, l'intérêt s'est porté sur le rôle des solutions intelligentes et les matériaux innovants dans le bâtiment pour une meilleure gestion d'énergie. Une étude a été faite au sein du centre de recherche « CNERIB » sur un bâtiment qui est au cours de construction par le logiciel TRNSYS pour évaluer les performances énergétiques (consommation du chauffage et climatisation) de ce bâtiment. Et remplacer les énergies fossiles par des énergies renouvelables pour la production d'électricité en utilisant le logiciel PVSYST pour le dimensionnement de l'installation des panneaux solaires.

**Mot clés :** Bâtiment intelligent, domotique, efficacité énergétique, consommation d'énergie, simulation, performances énergétiques et dimensionnement.

## *Abstract*

Currently, and with the great technological development in the world, the need for energy has increased particularly in the building sector which is considered to be one of the main factors affecting energy expenditure. Energy efficiency in buildings represents an essential means to reduce energy consumption.

As part of this study, interest was focused on the role of smart solutions and innovative materials in buildings for better energy management. A study was carried out within the “CNERIB” research center on a building which during construction by the TRNSYS software to assess the energy performance of this building. And replace fossil fuels with renewable energies for the production of electricity by using the PVSYST software for the sizing of the installation of solar panels.

**Keywords :** Smart building, domotique, energy efficiency, energy consumption, simulation, energy performance.

## ملخص

في الوقت الحالي، ومع التطور التكنولوجي الكبير في العالم، ازدادت الحاجة إلى الطاقة خاصة في قطاع البناء الذي يعتبر أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على إنفاق الطاقة. تمثل كفاءة الطاقة في المباني وسيلة أساسية لتقليل استهلاك الطاقة.

كجزء من هذه الدراسة، تركز الاهتمام على دور الحلول الذكية والمواد المبتكرة في المباني من أجل إدارة أفضل للطاقة. تم إجراء دراسة داخل مركز الأبحاث CNERIB على مبنى طور الإنشاء بواسطة برنامج TRNSYS لتقييم كمية استهلاك طاقة المبنى. واستبدال الطاقة المحروقات بالطاقات المتجددة لإنتاج الكهرباء باستخدام برنامج PVSYST لتحجيم تركيب الألواح الشمسية.

الكلمات المفتاحية: المباني الذكية، التشغيل الآلي للمنزل، كفاءة الطاقة، استهلاك الطاقة، المحاكاة، أداء

## Nomenclature

EEA : efficacité énergétique active

CPE : Contrats de Performance Energétique.

CPL : courant porteur en ligne

$\lambda$  : La Conductivité thermique Exprimé en watt par mètre kelvin (en  $W/m \cdot ^\circ C$ )

e : l'épaisseur du matériau en (m)

R : La Résistance thermique du matériau au passage de la chaleur. ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

U : Le coefficient de transmission ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

C : capacité thermique de matériaux en ( $W/m^2 \cdot C^\circ$ )

$\rho$  : masse volumique sèche en ( $Kg/m^3$ )

P : puissance des appareils en (W)

PC : puissance crete en (Wc)

Eb : l'énergie consommée (besoin) par jour [kWh/J].

Ei : l'énergie journalière [kWh/m<sup>2</sup>/J]

Pi : puissance d'éclairément dans les conditions STC ( $P_i = 1 \text{ kW}/m^2$ ).

PR : ratio performance %.

VMCH : tension PV maximale total du champ.

VOC : la tension de circuit ouvert délivrée par un seul panneau photovoltaïque.

ICHN : courant de charge nominale.

ISC : courant de court-circuit

VCH : tension du champ.

VBATT : la tension de la batterie.

CCH : capacité totale du champ de batteries.

CBATT : capacité d'une batterie.

## *Sommaire*

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Résumé**

**Nomenclature**

**Introduction générale ..... - 2 -**

***Chapitre 01 : Consommation énergétique des bâtiments et les solutions intelligentes pour la gestion d'énergie.***

**1. Introduction : ..... - 5 -**

**2. L'état de l'art ..... - 5 -**

2.1. A travers le monde ..... - 5 -

2.2. En Algérie ..... - 6 -

**3. Consommation énergétique en Algérie ..... - 7 -**

3.1. La consommation énergétique par secteurs ..... - 7 -

3.2. La consommation énergétique dans le secteur de bâtiment ..... - 8 -

3.2.1. Le besoin d'énergie dans le bâtiment ..... - 8 -

**4. L'efficacité énergétique ..... - 9 -**

4.1. Définition ..... - 9 -

4.2. L'efficacité énergétique dans le bâtiment ..... - 9 -

4.3. Les solutions d'efficacité énergétique ..... - 10 -

4.3.1 Les solutions d'efficacité énergétique passive ..... - 10 -

4.3.2 Les solutions d'efficacité énergétique actives ..... - 15 -

**5. Le bâtiment intelligent ..... - 16 -**

5.1. Aperçu historique ..... - 16 -

5.2. Définition ..... - 16 -

**6. Les composants conceptuels d'un bâtiment intelligent ..... - 16 -**

6.1. Les matériaux intelligents ..... - 16 -

6.2. Les façades intelligentes ..... - 17 -

6.3. Les systèmes intelligents ..... - 19 -

6.3.1. La domotique ..... - 19 -

6.3.2. L'immotique ..... - 31 -

**7. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment ..... - 32 -**

7.1. L'énergie solaire ..... - 33 -

7.2. L'énergie du vent (l'éolien) ..... - 34 -

7.3. L'énergie de la terre (la géothermie) ..... - 34 -



7.4. L'hydraulique.....	- 34 -
<b>8. Conclusion.....</b>	<b>- 34 -</b>

*Chapitre 02: Simulation thermique en régime dynamique par le logiciel TRNSYS et une interprétation des résultats de la simulation.*

<b>1. Introduction .....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>2. Présentation de cas d'étude.....</b>	<b>- 36 -</b>
2.1. Présentation de site.....	- 36 -
2.2. Présentation des caractéristiques climatique.....	- 36 -
2.3. Description du logement .....	- 38 -
3.1. Composition des parois .....	- 39 -
3.1.1. Cas d'un bâtiment intelligent .....	- 39 -
3.1.2. Cas d'un bâtiment classique.....	- 40 -
<b>3. Présentation générale de l'outil de simulation « TRNSYS ».....</b>	<b>- 41 -</b>
3.1. Les données météorologiques .....	- 42 -
3.2. TRNBUILD (Type 56) .....	- 42 -
<b>4. Les scénarios proposés pour la simulation .....</b>	<b>- 43 -</b>
4.1. Scénarios d'occupation.....	- 43 -
4.2. Les scénarios de chauffage .....	- 44 -
4.3. Les scénarios de climatisation.....	- 44 -
4.4. Les gains thermiques .....	- 44 -
4.5. Scénario d'occultation .....	- 45 -
<b>5. Résultats de la simulation .....</b>	<b>- 46 -</b>
<b>6. Interprétations et discussion des résultats.....</b>	<b>- 54 -</b>

*Chapitre 03: Intégration des panneaux photovoltaïques et dimensionnement*

<b>1. Introduction .....</b>	<b>- 58 -</b>
<b>2. Dimensionnement d'un système photovoltaïque .....</b>	<b>- 58 -</b>
2.1. Présentation de logiciel PVsyst .....	- 58 -
<b>3. Cas d'étude (dimensionnement avec PVSYST).....</b>	<b>- 61 -</b>
3.2. Données géographique.....	- 61 -
3.3. Orientation :.....	- 62 -
3.4. Besoin d'utilisateur.....	- 63 -
3.4.1. Choix des appareils .....	- 63 -
3.5. Système de stockage .....	- 66 -

3.6.	Le champ photovoltaïque .....	- 66 -
3.7.	Lancement de la simulation .....	- 68 -
<b>4.</b>	<b>Résultats et discussion de la simulation .....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>5.</b>	<b>Dimensionnement avec le calcul analytique .....</b>	<b>- 72 -</b>
5.1.	Calcul de la puissance crête .....	- 72 -
5.2.	Calcul du nombre de panneaux.....	- 73 -
5.3.	Calcul de nombre de batterie .....	- 74 -
6.	Discussion des résultats.....	- 75 -
<b>7.</b>	<b>Alimentation des lampes et téléphones .....</b>	<b>- 75 -</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>- 76 -</b>
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>- 78 -</b>
	<b>Références bibliographiques</b>	
	<b>Annexe</b>	

**Liste des figures**  
**Chapitre 01**

<b>Figure 1</b> Tours Al bahr Abu Dhabi. [1].....	- 5 -
<b>Figure 2</b> Bâtiment The Edge Amsterdam. [2].....	- 6 -
<b>Figure 3</b> Bâtiment de la société de communications mobiles Intel à Bangalore Inde. [2] .....	- 6 -
<b>Figure 4</b> Répartition de la consommation énergétique finale par secteurs en 2017 [3] .....	- 7 -
<b>Figure 5</b> Répartition de la consommation finale par forme d'énergie. [3].....	- 7 -
<b>Figure 6</b> Répartition de la consommation du secteur tertiaire par type d'énergie. [3].....	- 8 -
<b>Figure 7</b> Répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche. [3].....	- 8 -
<b>Figure 8</b> Répartition de la consommation du secteur résidentiel par type d'énergie. [3].....	- 9 -
<b>Figure 9</b> Répartition de la consommation du secteur résidentiel par type de logement. [3] .....	- 9 -
<b>Figure 10</b> La compacité de l'enveloppe thermique de votre bâtiment. [8] .....	- 10 -
<b>Figure 11</b> Course du soleil l'hiver. [6].....	-11-
<b>Figure 12</b> Course du soleil l'été. [6].....	- 11 -
<b>Figure 13</b> Une orientation Sud/Nord. [7].....	- 11 -
<b>Figure 14</b> Meilleure répartition des pièces. [6].....	- 12 -
<b>Figure 15</b> Ombrage végétal selon l'orientation. [6] .....	- 13 -
<b>Figure 16</b> Ventilation naturelle. [10].....	- 14 -
<b>Figure 17</b> Cube Berlin façade double peau.....	-18-
<b>Figure 18</b> Exemple d'une façade double [2].....	- 18 -
<b>Figure 19</b> Exemples des façades interactives [13] .....	- 18 -
<b>Figure 20</b> Agence Ernst Gisel Brecht.....	-18-
<b>Figure 21</b> Arène-royale Copenhague Danemark [13] .....	- 18 -
<b>Figure 22</b> Exemples des façades solaires. [14] .....	- 19 -
<b>Figure 23</b> Fonctionnement de la domotique. [17] .....	- 20 -
<b>Figure 24</b> Exemple d'une installation bus filaires. [17].....	- 20 -
<b>Figure 25</b> exemple d'une installation avec prise CPL. [17].....	- 21 -
<b>Figure 26</b> Principe de fonctionnement de la domotique sans fil. [22] .....	- 23 -
<b>Figure 27</b> les différents capteurs domotiques sans fil [22] .....	- 24 -
<b>Figure 28</b> Exemple d'un capteur de température.[24] .....	- 24 -
<b>Figure 29</b> Un exemple de thermostat connecté et sa mise en place .[25].....	- 25 -
<b>Figure 30</b> Une vanne thermostatique et son emplacement .[24] .....	- 25 -
<b>Figure 31</b> Mise en place du détecteur de mouvement(PIR). [25].....	- 26 -
<b>Figure 32</b> Mise en place de détecteur de fumé. [23] .....	- 27 -
<b>Figure 33</b> Mise en place de Détecteurs d'ouverture .[26].....	- 28 -
<b>Figure 34</b> Détecteur d'ouverture pour portes garage. [27].....	- 28 -
<b>Figure 35</b> Schéma explicatif d'un volet roulant connecté. [31] .....	- 31 -
<b>Figure 36</b> Fonctionnement des stores et l'éclairage artificiel connectés. [24].....	- 31 -
<b>Figure 37</b> Schéma explicatif des solutions GTC et GTB. [2] .....	- 32 -
<b>Figure 38</b> L'intégration idéal des capteurs solaires. [30].....	- 33 -

**Chapitre 02**

<b>Figure 39</b> Situation géographique de site. ....	- 36 -
<b>Figure 40</b> La température annuelle à soudania.....	- 37 -
<b>Figure 41</b> La température journalière à soudania. ....	- 37 -
<b>Figure 42</b> L'ensellement annuelle a soudania.....	- 37 -
<b>Figure 43</b> Le rayonnement annuelle à soudania.....	- 38 -
<b>Figure 44</b> Plan intérieure du bâtiment. ....	- 38 -
<b>Figure 45</b> La vue du bâtiment en 3D.....	- 39 -

<b>Figure 46</b> Interface TRNSYS. ....	- 42 -
<b>Figure 47</b> Interface TRNBUILD. ....	- 43 -
<b>Figure 48</b> La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment classique. ....	- 46 -
<b>Figure 49</b> La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation cste. ....	- 47 -
<b>Figure 50</b> La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable sans isolant. ....	- 47 -
<b>Figure 51</b> La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable avec isolant de 5cm. ....	- 48 -
<b>Figure 52</b> La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable avec isolant de 8cm. ....	- 48 -
<b>Figure 53</b> La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm en triple vitrage. ....	- 49 -
<b>Figure 54</b> La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm et en double vitrage. ....	- 49 -
<b>Figure 55</b> La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm et en simple vitrage. ....	- 50 -
<b>Figure 56</b> La consommation annuelle du chauffage et climatisation pour les différents types. ....	- 50 -
<b>Figure 57</b> La consommation annuelle totale du chauffage et climatisation. ....	- 51 -
<b>Figure 58</b> La température de la semaine la plus froide pour les trois types des bâtiments. ....	- 51 -
<b>Figure 59</b> La température de la semaine la plus chaude pour les trois types des bâtiments. ....	- 52 -
<b>Figure 60</b> La température de la semaine la plus froide pour le bâtiment intelligent avec les différentes épaisseurs d'isolant. ....	- 52 -
<b>Figure 61</b> La température de la semaine la plus chaude pour le bâtiment intelligent avec les différentes épaisseurs d'isolant. ....	- 53 -
<b>Figure 62</b> La température de la semaine la plus froide pour le bâtiment intelligent avec un isolant de 10cm et des différents types de vitrage. ....	- 53 -
<b>Figure 63</b> La température de la semaine la plus chaude pour le bâtiment intelligent avec un isolant de 10cm et des différents types de vitrage. ....	- 54 -

### *Chapitre 03*

<b>Figure 64</b> interface de logiciel PVsys (V6.81). ....	- 58 -
<b>Figure 65</b> Fenêtre centrale d'accueil d'option « prés-dimensionnement d'un système isolé avec batteries ». ....	- 59 -
<b>Figure 66</b> Fenêtre centrale accueil d'option « Conception de projet isolée avec batteries ». ....	- 60 -
<b>Figure 67</b> Fenêtre centrale accueil d'option «base des données». ....	- 60 -
<b>Figure 68</b> Données géographiques du site Souidania. ....	- 61 -
<b>Figure 69</b> Fenêtre centrale d'accueil « isolation avec batterie ». ....	- 62 -
<b>Figure 70</b> Angle d'orientation des panneaux. ....	- 62 -
<b>Figure 71</b> Présentation de la puissance des différentes lampes. ....	- 63 -
<b>Figure 72</b> La consommation énergétique des appareils. ....	- 65 -
<b>Figure 73</b> L'utilisation horaire de chaque appareils. ....	- 65 -
<b>Figure 74</b> Paramètres de choix de batterie et le nombre nécessaire. ....	- 66 -
<b>Figure 75</b> Choix du module PV et le nombre nécessaire pour l'installation. ....	- 67 -
<b>Figure 76</b> Un schéma simplifié de l'installation. ....	- 68 -
<b>Figure 77</b> Le lancement de la simulation. ....	- 68 -
<b>Figure 78</b> Les principaux paramètres du systèmes. ....	- 69 -
<b>Figure 79</b> Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie. ....	- 69 -
<b>Figure 80</b> La consommation journalière est le profil horaire. ....	- 70 -
<b>Figure 81</b> Rapport de résultats principaux. ....	- 71 -
<b>Figure 82</b> Diagramme des pertes sur toute l'année. ....	- 72 -
<b>Figure 83</b> Les principaux paramètres du systèmes. ....	- 75 -
<b>Figure 84</b> Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie. ....	- 76 -

*Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> Type de détecteur de mouvement.[24].....	- 27 -
<b>Tableau 2</b> Composition des parois du bâtiment intelligent. ....	- 40 -
<b>Tableau 3</b> Composition des parois du bâtiment classique.....	- 41 -
<b>Tableau 4</b> Scénario d’occupation journalière. ....	- 43 -
<b>Tableau 5</b> Occupation par semaine. ....	- 44 -
<b>Tableau 6</b> Scénario de chauffage. ....	- 44 -
<b>Tableau 7</b> Scenarios de climatisation.....	- 44 -
<b>Tableau 8</b> Les gains thermiques pour la Salle de conférence. ....	- 45 -
<b>Tableau 9</b> Les gains thermique pour le bureau.....	- 45 -
<b>Tableau 10</b> Scenario occultation journalière pour le bâtiment intelligent.....	- 45 -
<b>Tableau 11</b> Scenario d’occultation de semaine pour le bâtiment intelligent. ....	- 46 -
<b>Tableau 12</b> Puissance des moteurs des volets roulants. ....	- 64 -
<b>Tableau 13</b> Besoins des utilisateurs.....	- 64 -

# **Introduction générale**

## Introduction générale

La consommation énergétique mondiale a vu une augmentation pendant ces dernières années. Cette augmentation viendra principalement des pays en développement, touchés par leur croissance économique et démographique qui a poussé le monde à développer des technologies dans tous les secteurs pour minimiser la consommation énergétique.

Le secteur du bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie en Algérie, la question concernant la réduction de la consommation d'énergie est d'actualité dans notre pays, la négligence des paramètres climatiques lors de la conception entraîne une augmentation cruciale de la consommation énergétique. Par conséquent, il faut explorer des méthodes et des systèmes innovants qui réduisent la consommation d'énergie dans les bâtiments.

Pour atteindre ce but il faut adapter les nouvelles techniques et exploiter les nouvelles technologies actuelles qui reflètent l'esprit du siècle, permet d'inventer un nouveau concept appelé sous le nom du « bâtiment intelligent », qui représente l'harmonie et l'équilibre entre l'énergie et l'environnement. Il est axé sur plusieurs fonctions, et là plus demander actuellement est la gestion de l'énergie dans un bâtiment.

Cependant, le concept du bâtiment intelligent est en cours du développement en Algérie. Puis automatisé nos maisons qui utilisent la domotique dans les maisons à petit échelle et l'immatique pour les équipements à grand échelle pour le but d'améliorer les conditions de confort thermique aux occupants et de minimiser la consommation énergétique (Chauffage, climatisation et éclairage...).

L'objectif de ce projet est d'évaluer les performances énergétiques d'un bâtiment intelligent implanté dans la région d'Alger, dans la commune de Soudania. Et pour atteindre ce but, certains principes sont appliqués :

- Des briques mono-mur et toiture isolée avec des entrevous en polystyrène sont utilisées pour l'isolation thermique des parois extérieures.
- Intégrer des solutions intelligentes pour une meilleure gestion d'énergie.
- Maximiser l'exploitation des apports solaires réaliser en utilisant des grandes fenêtres en triple vitrage.
- L'utilisation des énergies renouvelables pour la production d'électricité.

Ce travail va s'articuler autour de ces différentes approches et est organisé en trois chapitres.

Dans le premier qui est un chapitre introductif nous avons commencé une présentation concernant la consommation énergiques en Algérie par secteur généralement et le secteur du bâtiment précisément, puis on a définit l'efficacité énergétique et ses solutions passives et actives et le concept de maison intelligente, ses composants (matériaux , façades et systèmes intelligents ) ainsi que l' intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments et les solutions intelligentes pour la gestion de l'énergie focaliser sur la domotique.

Le deuxième consiste à faire une simulation thermique en régime dynamique par le logiciel TRNSYS en prenant en considération les solutions intelligentes et l'utilisation des matériaux innovants pour une bonne gestion d'énergie ainsi que les interprétations des résultats obtenus de la simulation effectuée sur le bâtiment intelligent.

Le troisième et dernier chapitre est consacré sur les étapes de dimensionnement de system PV autonome pour l'alimentation de la maison intelligente en électricité solaire par le calcul théorique et par le logiciel PVSYST. Finalement une conclusion générale et perspective.



# **Chapitre 01 : Consommation énergétique des bâtiments et les solutions intelligentes pour la gestion d'énergie.**

## 1. Introduction :

L'énergie est une source de bien-être, de développement social et économique, elle est essentiel aux activités journalières. Actuellement, et avec le grand développement technologique dans le monde, le besoin en énergie s'est augmenté notamment dans le secteur du bâtiment qui est l'un des plus gros consommateurs d'énergie au niveau mondial, est une cible de choix dans la réduction des consommations, vu que la cause de ce résultat est due à la forte demande de logement qui résulte d'une grande augmentation démographique. Cependant pour remédier à cette situation, une nouvelle discipline en architecture a vu le jour sous l'appellation de bâtiment intelligent qui était développé grâce aux nouvelles technologies de l'informatique et la communication. Pour ce but la recherche présentée en ce chapitre prend en considération la consommation énergétique des bâtiments, le concept du bâtiment intelligent, on passe en revue les concepts du bâtiment intelligent et son évolution à travers le temps, ainsi que ses composants et ses objectifs les plus importants à rechercher.

## 2. L'état de l'art

### 2.1. A travers le monde

- **Tours Al-bahr à Abu Dhabi**

Ce projet se situe au nord de Abu-Dhabi dans l'Emirats Arabes Unis Ce projet est réalisé par le concepteur AEDAS Architectes en Juin 2012. [1]

Les aspects du bâtiment intelligent de ce bâtiment se sont reflétés au niveau de sa façade dynamique qui répond aux conditions environnementales et climatique, grâce à l'utilisation de des capteurs photovoltaïques exploitant l'énergie solaire et éolienne pour produire l'énergie nécessaire à la gestion de la façade afin d'assurer un confort aux occupants, 50% d'économie d'énergie réduite pour les seuls bureaux et jusqu'à 20% pour l'ensemble du bâtiment. [1]



**Figure 1** Tours Al bahr Abu Dhabi. [1]

- **Le bâtiment « The Edge »**

C'est le bâtiment le plus intelligent du monde et l'un des plus écologiques situé à Amsterdam (Hollande) et construit en 2014 par son concepteur Ron Bakker.

Cet immeuble dispose les dernières innovations en matière de développement durable et de technologie et l'information ; grâce à ses systèmes intelligents et à ses matériaux de construction intelligents qui gèrent la consommation d'énergie ainsi qu'à l'exploitation de l'énergie solaire. Il consomme l'électricité de 70 % moins d'un bâtiment d'immeuble idéal. [2]



**Figure 2** Bâtiment The Edge Amsterdam. [2]

- **La société de communications mobiles Intel**

C'est le premier bâtiment intelligent à Bangalore, en Inde créé en 2016. Ce projet vise à réduire l'utilisation des ressources, et améliorer les systèmes de contrôle de l'alimentation et à accroître l'efficacité opérationnelle il a permis de fournir environ 40% de la consommation par l'application des techniques intelligentes dans le bâtiment. [2]



**Figure 3** Bâtiment de la société de communications mobiles Intel à Bangalore Inde. [2]

## 2.2. En Algérie

L'Algérie est un pays riche et qui se base sur les énergies fossiles dans la production d'électricité et gaz pour cela l'architecture bioclimatique et intelligente n'a pas été proposée comme une solution pour réduire la consommation énergétique mais ces dernières années à

cause de la crise économique mondial l'économie d'énergie est devenue un enjeu majeur à la fin du XXème siècle, lorsqu'un double constat a été fait : les sources d'énergie fossiles ne sont pas renouvelables à l'échelle du temps humain et la combustion issue des énergies fossiles dégage du CO2 dans l'atmosphère provoquant un réchauffement rapide de la planète. Pour ces raisons on a commencé à investir dans le domaine des énergies renouvelables et la conception bioclimatique.

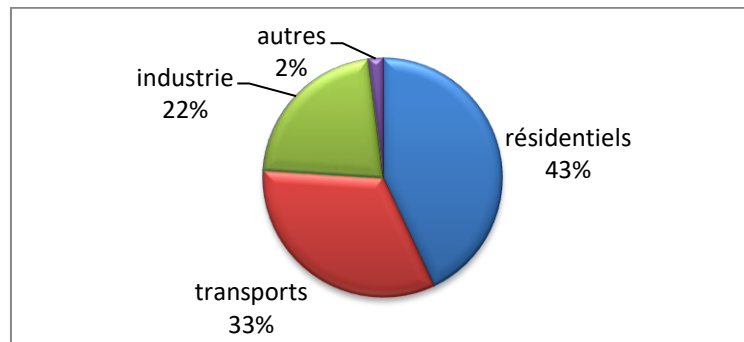
Actuellement l'Algérie est en cours de développée le concept du bâtiment intelligent, qui représente l'harmonie et l'équilibre entre l'énergie et l'environnement.

Cependant, dans le centre national d'études de recherches intégrées du bâtiment « CNERIB », les concepteurs ont commencé à améliorer la maison à HPE et à réaliser une maison intelligente pour une meilleure gestion et confort énergétique.

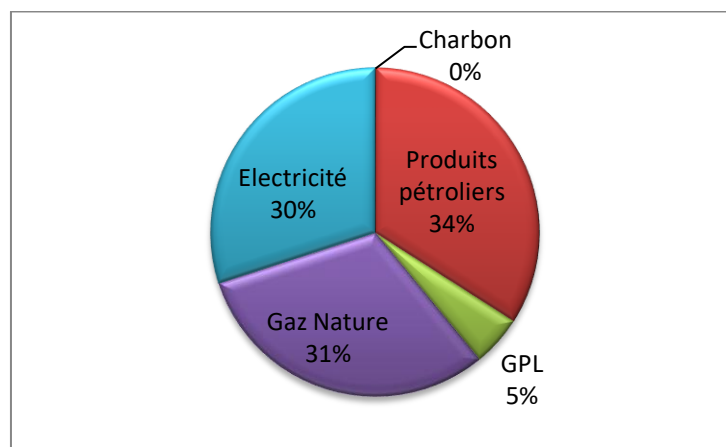
### 3. Consommation énergétique en Algérie

#### 3.1. La consommation énergétique par secteurs

Selon le bilan énergétique national la consommation d'énergie finale a atteint 44.65 millions de Tep (Tonne équivalent pétrole). [3]



**Figure 4** Répartition de la consommation énergétique finale par secteurs en 2017 [3]



**Figure 5** Répartition de la consommation finale par forme d'énergie. [3]

Le secteur résidentiel est responsable de 43% de la consommation énergétique en Algérie, entre 2007-2017, la consommation d'énergie du secteur a progressé de %8.3/an. Ce sont les produits : l'électricité, le gaz naturel, le GPL, le fuel domestique qui ont contribué à cette croissance avec des TCAM respectifs de : %10.5/an ; %11/an ; %0.7-/an ; %14.3-/an.[3]

### 3.2. La consommation énergétique dans le secteur de bâtiment

#### 3.2.1. Le besoin d'énergie dans le bâtiment

C'est la quantité d'énergie nécessaire pour obtenir un confort thermique, pendant une période de temps donné.

Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment :

- Le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable ;
- La circulation de fluides tels que l'air, l'eau.
- Les transports.
- L'éclairage.
- Les communications.

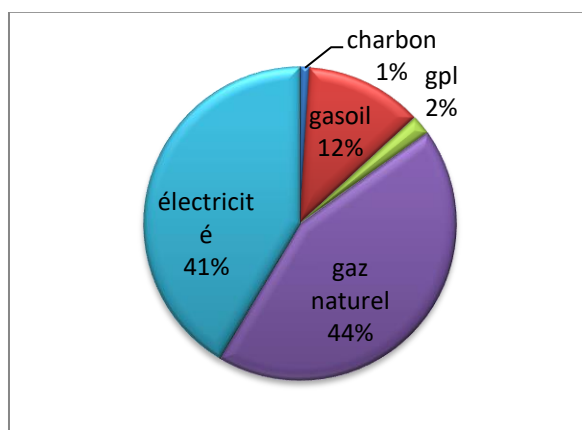


Figure 6 Répartition de la consommation du secteur tertiaire par type d'énergie. [3]

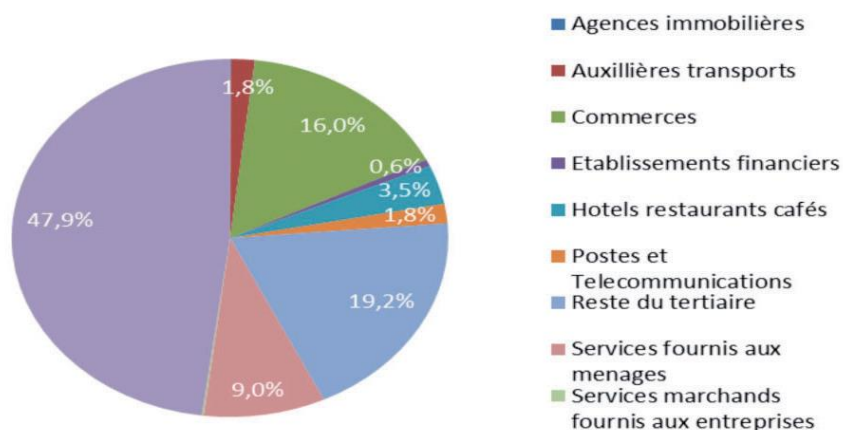


Figure 7 Répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche. [3]

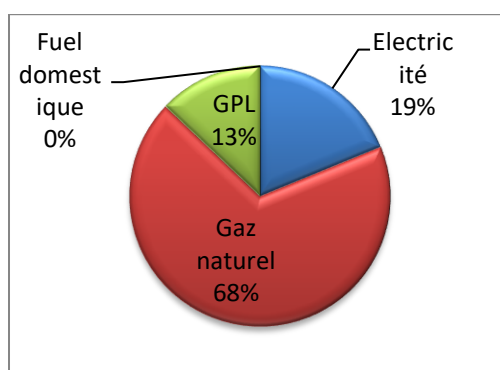


Figure 8 Répartition de la consommation du secteur résidentiel par type d'énergie. [3]

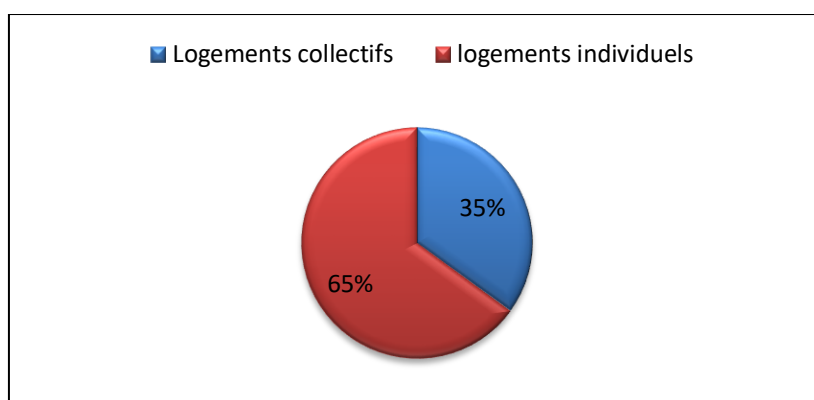


Figure 9 Répartition de la consommation du secteur résidentiel par type de logement. [3]

## 4. L'efficacité énergétique

### 4.1. Définition

L'efficacité énergétique n'as pas une seule définition, mais on a pu reteindre que c'est le rapport entre ce que produit le dispositif ou le système, et ce qu'il absorbe comme énergie. Elle est d'autant meilleure que le système énergétique utilise le moins d'énergie possible, que cela soit le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage ou toute sorte de besoin énergétique. Consommer moins et mieux pour le même confort thermique, tel est l'objectif de tout concept d'efficacité énergétique. [4]

### 4.2. L'efficacité énergétique dans le bâtiment

L'efficacité énergétique d'un bâtiment est influencée par divers facteurs : orientation, forme, qualité de l'isolation thermique, choix des fenêtres, utilisation de protections solaires, etc. Pour limiter les besoins en chauffage et en climatisation, et par là même les rejets polluants dans l'atmosphère, les communes pourront veiller à ce que tous ces aspects soient optimisés dès le stade de la construction.

L'amélioration de l'efficacité énergétique consiste donc, par rapport à une situation de référence, soit à :

- Augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie constante.
- Économiser l'énergie à service rendu égal.

- Réaliser les deux simultanément.

Ainsi, les solutions d'efficacité énergétique visent à améliorer la performance délivrée avec une moindre consommation d'énergie. L'efficacité énergétique est d'autant meilleure que l'on peut faire la même chose, ou plus, avec moins d'énergie. [5]

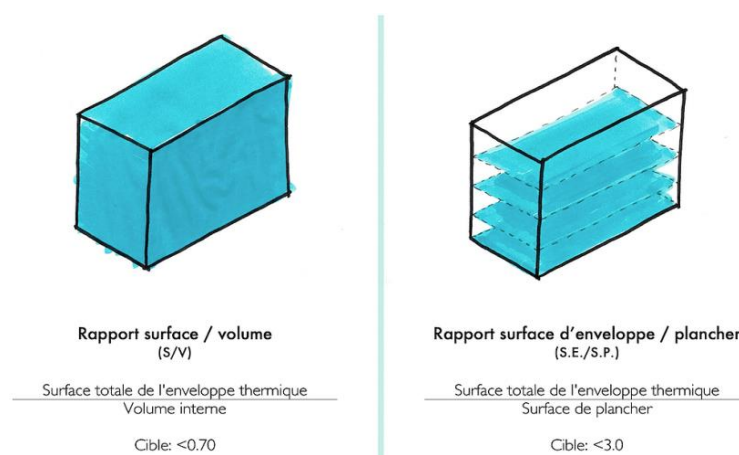
### 4.3. Les solutions d'efficacité énergétique

#### 4.3.1 Les solutions d'efficacité énergétique passive

- Compacité du bâtiment :

Le choix de la compacité du bâtiment est une source très importante d'économie aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes de chaleur sont en fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie. [6]

Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Sans brider la conception architecturale, il est plus économique et bénéfique pour l'efficacité thermique de retenir des formes plutôt compactes. Les pertes sont donc d'autant plus réduites que ces surfaces sont optimisées par rapport au volume habitable. [7]



**Figure 10** La compacité de l'enveloppe thermique de votre bâtiment. [8]

- L'orientation

Pour avoir une bonne orientation il faut voir la course du soleil suivant la saison

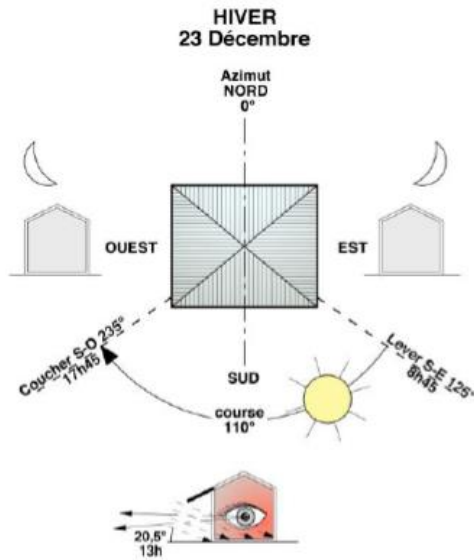


Figure 11 Course du soleil l'hiver. [6]

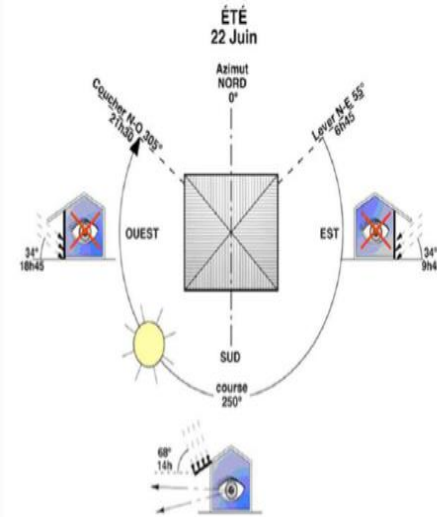


Figure 12 Course du soleil l'été. [6]

- En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.
- L'été, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute. Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection. [6]

Il est préférable d'avoir une orientation Nord/Sud (une plus grande façade au sud), pour profiter aux maximums des apports de chaleur et apports lumineux en toute saison (apports solaires d'hiver facilement maîtrisables par rapport à l'été). L'est et l'ouest auront des vitrages, mais il faudra impérativement pouvoir les occulter dans la saison chaude donc mieux vaut éviter les expositions directes qui suivent la courbe du soleil qui occasionne des surchauffes et un inconfort visuel.

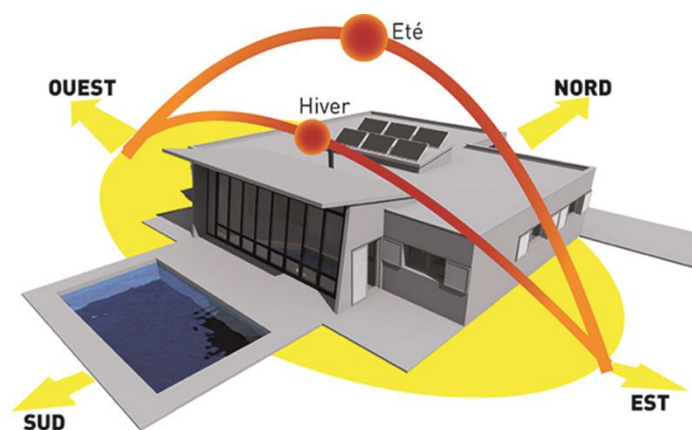


Figure 13 Une orientation Sud/Nord. [7]



### ➤ Répartition des pièces

Le zonage d'un habitat permet d'adapter des ambiances thermiques appropriées à l'occupation et l'utilisation des divers espaces. Il est préférable d'aménager les locaux à faibles besoins thermique et lumineux comme la buanderie, entrée, escalier intérieur, au nord permet de réduire l'impact du froid et contribuera directement aux économies d'énergies et au confort des occupants. Le côté sud d'un bâtiment est un bon emplacement pour les pièces occupées en permanence pendant le jour et les ouvertures permettront aux pièces de vie de profiter au maximum des apports passifs.

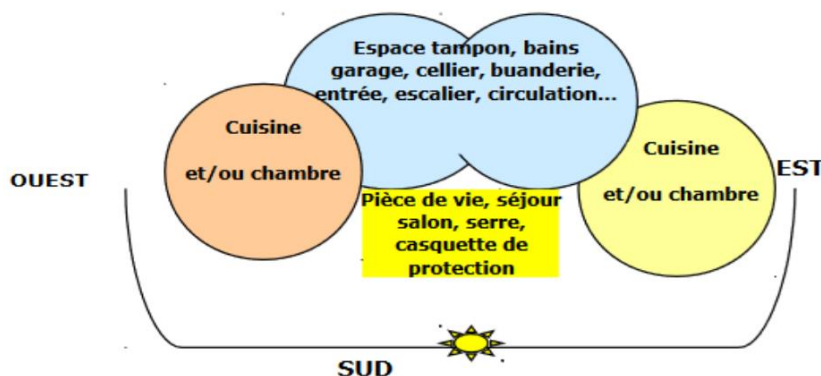


Figure 14 Meilleure répartition des pièces. [6]

### ➤ 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.

Exploiter le rayonnement solaire pour l'éclairage naturel, ce qui requiert une distribution efficace dans les pièces ou sur les plans de travail, tout en évitant l'effet d'éblouissement. [6]

- 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. Ceci est particulièrement important lorsque l'éclairage artificiel représente (par ses pertes thermiques) une des principales charges de climatisation. [9]

- ✓ 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 L'éclairage est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres.

➤ 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 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.

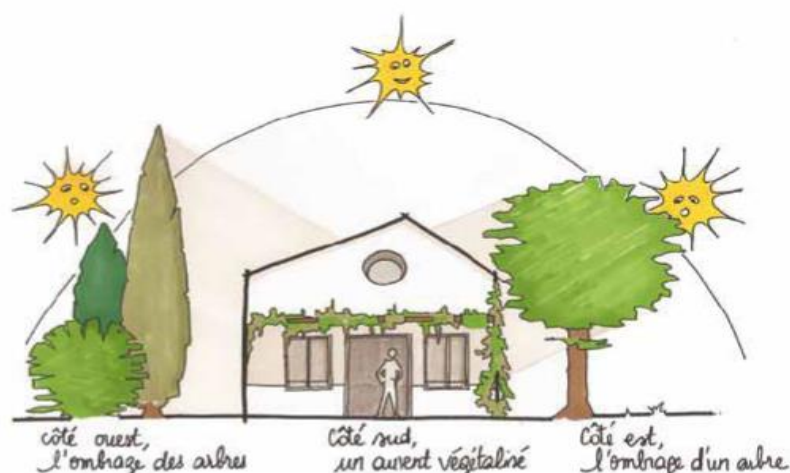
Généralement pour une bonne maîtrise des apports solaires Il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20 % de la surface habitable, répartie comme suit : 50 % au sud, 20 à 30 % à l'Est, 20% à l'ouest et 0 à 10% au nord. En appliquant cette règle 15 à 20 % de consommations énergétiques sera réduites. [6]

➤ Protection solaire

De nombreux types de protections solaires existent fixes (auvents, Vitrages solaires ou films autocollants sur les vitrages) et mobiles (Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants). Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante.

- La protection végétale

La végétation offre une aide précieuse pour se protéger des ardeurs d'un soleil estival, autant pour créer une ombre saisonnière que pour en limiter les rayonnements indirects mais il est indispensable que ces ombrages soient adaptés aux orientations concernées pour offrir une protection optimale en été sans réduire l'apport de chaleur hivernal. [7]



**Figure 15** Ombrage végétal selon l'orientation. [6]

### ➤ 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.

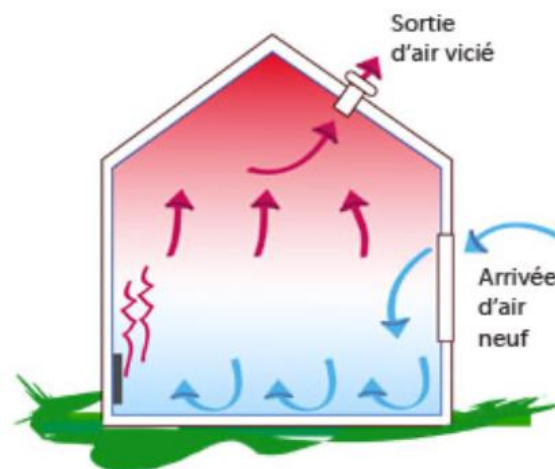
La qualité thermique d'un isolant peut-être exprimée par différents critères et unités physiques on cite les plus nécessaires

- La Conductivité thermique  $\lambda$  : c'est la propriété qu'ont les corps de transmettre la chaleur par conduction, convection et rayonnement. Plus le  $\lambda$  est petit, plus le matériau est isolant. Exprimé en watt par mètre kelvin (en  $W/m \cdot ^\circ C$ )
- La Résistance thermique (R) : C'est la résistance du matériau au passage de la chaleur. Exprimé en m2 kelvin par watt,  $R = e / \lambda (m^2 \cdot ^\circ C / W)$
- Le coefficient de transmission thermique U : Exprimé en watt par m2 kelvin,  $U = 1 / R (W/m^2 \cdot ^\circ C)$  Plus U est faible, plus la paroi est performante
- L'inertie : c'est la capacité de stockage thermique des matériaux, les matériaux lourds ont beaucoup d'inertie comme la pierre, le béton...

### ➤ Ventilation

La ventilation d'un logement est donc absolument impérative pour maintenir une ambiance intérieure confortable. Or en hiver, lorsque la température est basse, le réchauffement de l'air froid entrant dans le logement représente une part très importante des besoins de chauffage

Renouveler l'air a également pour fonction d'évacuer la vapeur d'eau et d'éviter ainsi des condensations et dégradations. Cela permet enfin un fonctionnement normal et sans danger des appareils de combustion. [10]



**Figure 16** Ventilation naturelle. [10]

### 4.3.2 Les solutions d'efficacité énergétique actives

L'efficacité énergétique active EEA. Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure. Elle permet de réduire la facture énergétique et les consommations d'énergie et d'améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.

Ces solutions peuvent être mises en place rapidement et présentent des temps de retour sur investissement particulièrement courts, alors que les solutions passives, s'inscrivent dans des stratégies à plus long terme.

L'EEA nécessite une approche sur mesure prenant en compte les besoins et les objectifs spécifiques des occupants. Elle se décline en une large gamme de solutions, allant du produit performant (moteurs à haut rendement, lampe basse consommation, etc.) au contrat de performance globale et durable.

Les actions actives qui permettent de réduire la consommation énergétique :

- La Mesure des consommations : La mise en place de systèmes électriques et de services associés peut générer directement jusqu'à 30 % d'économies d'énergie grâce à Des systèmes de pilotage et d'automatisation, des unités de production thermique (chaude et froide), une régulation de l'éclairage, des entraînements à vitesse variable appliquées aux pompes et ventilateurs. Et des Contrats de Performance Energétique (CPE).
- Systèmes de régulation et d'automatisme utilisés pour les équipements de chauffage, de ventilation ou d'éclairage qui permettent d'adapter la consommation aux conditions extérieures et en fonction de la présence de personnes. En outre, ces systèmes fournissent l'information aux occupants sur leur propre consommation c'est à dire consommer ce qui est nécessaire, quand et où c'est nécessaire. [7]
- La Gestion de la protection solaire avec Des installations de protection solaire comme les volets roulants, stores ...de préférence variables, motorisées et automatisées, rendent dynamique le rayonnement solaire à travers les vitrages et régularisent le climat intérieur en fonction du climat extérieur.
- La Production de l'énergie renouvelable comme l'énergie solaire thermique et photovoltaïque ...
- L'Installation des équipements performants comme les systèmes de ventilation, pompe à chaleur, chaudière...
- La domotique. [6]

## 5. Le bâtiment intelligent

### 5.1. Aperçu historique

Les années de 1980 témoignent de l'avènement de l'architecture intelligente et son histoire est passée sur 3 étapes essentielles.

- 1981-1985 Les bâtiments automatisés de cette période ont été définis comme "un ensemble de technologies innovantes, dont les plus importantes sont les éléments de la communication sans fil"
- 1986-1991 Les bâtiments responsifs de cette période étaient connus comme "un ensemble de techniques capables de modifier le système à travers le temps".
- À partir de l'année 1992 le concept de bâtiment intelligent était radicalement différent des concepts précédents « Bâtiment effectif » et visait vers les occupants du bâtiment et leurs fonctions plutôt que les systèmes informatiques. [11]

### 5.2. Définition

Le terme `` bâtiments intelligents " a été utilisé pour la première fois aux États-Unis au début des années 80, un bâtiment intelligent est celui qui intègre divers systèmes pour gérer les ressources de manière coordonnée pour maximiser : les performances techniques ; économies d'investissement, le coût d'exploitation et la flexibilité. [11]

Un bâtiment intelligent est une architecture dynamique et réactive qui offre chaque occupant avec des produits productifs, rentables et approuvés pour l'environnement.

On peut aussi le définir comme un bâtiment à haute efficacité énergétique, intégrant dans la gestion intelligente du bâtiment les équipements consommateurs, les équipements producteurs et les équipements de stockage, tels que les véhicules électriques. Le concept de bâtiment intelligent correspond à l'intégration de solutions de gestion énergétique dans l'habitat et les bâtiments. Il répond aux exigences des occupants, des organisations et de la société. Il est durable en termes de consommation d'énergie et d'eau, en plus d'être peu polluant en termes d'émissions et de déchets : sain pour le bien-être des personnes qui y vivent et y travaillent ; et fonctionnel selon les besoins des utilisateurs. [12]

## 6. Les composants conceptuels d'un bâtiment intelligent

### 6.1. Les matériaux intelligents

Un matériau intelligent est sensible, adaptatif et évolutif. Ils possèdent des fonctions qui lui permettent de se comporter comme un capteur, un actionneur ou parfois comme un processeur. Ce matériau est capable de modifier spontanément ses propriétés physiques,

sa forme, sa connectivité, sa viscoélasticité ou sa couleur, en réponse à des excitations naturelles ou provoquées venant de l'extérieur ou de l'intérieur du matériau.

On peut grouper les matériaux intelligents selon les catégories

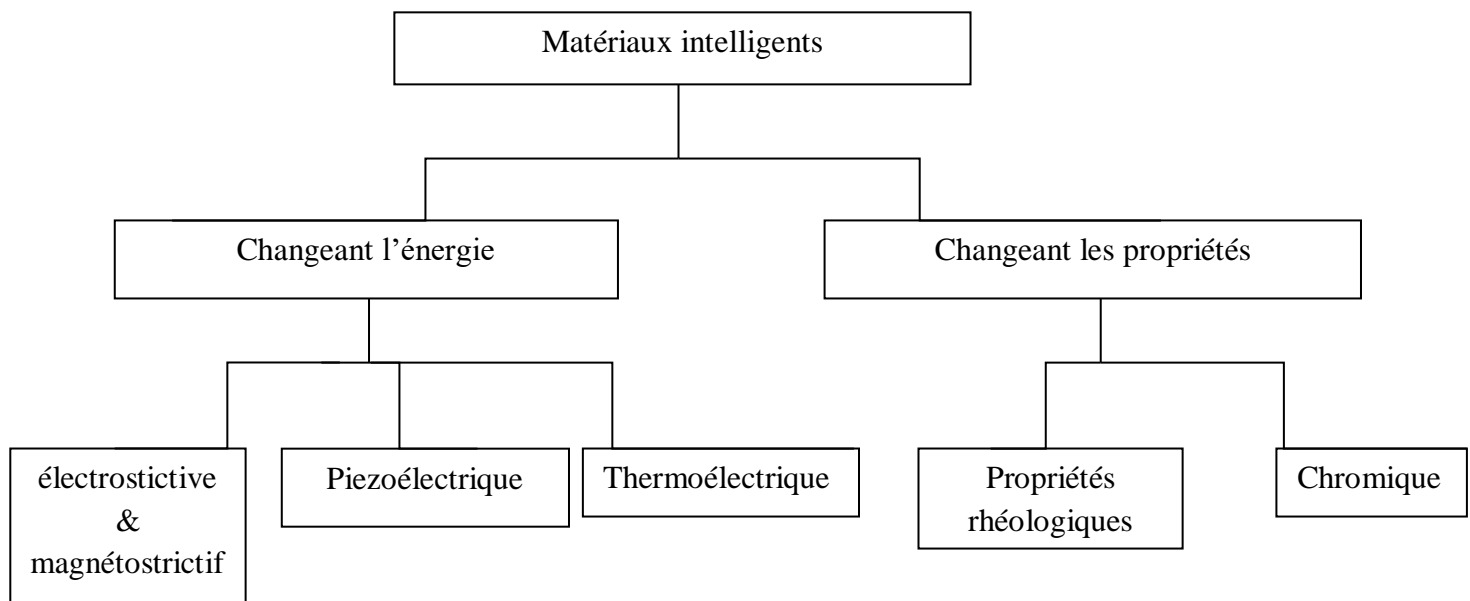


Schéma 01 Type des matériaux intelligents [13]

## 6.2. Les façades intelligentes

La « façade intelligente » fait partie intégrante de la nouvelle conception intelligente, elle permet de réduire immédiatement et durablement la consommation d'énergie, tout en répondant aux exigences réglementaires. La façade intelligente renvoie une grande variété de choix de décors, de textures, de principes constructifs, de formes et de formats. Ce vaste choix permet une création de systèmes et possibilités d'isolation à l'infini. [2]

### ➤ Type des façades intelligentes

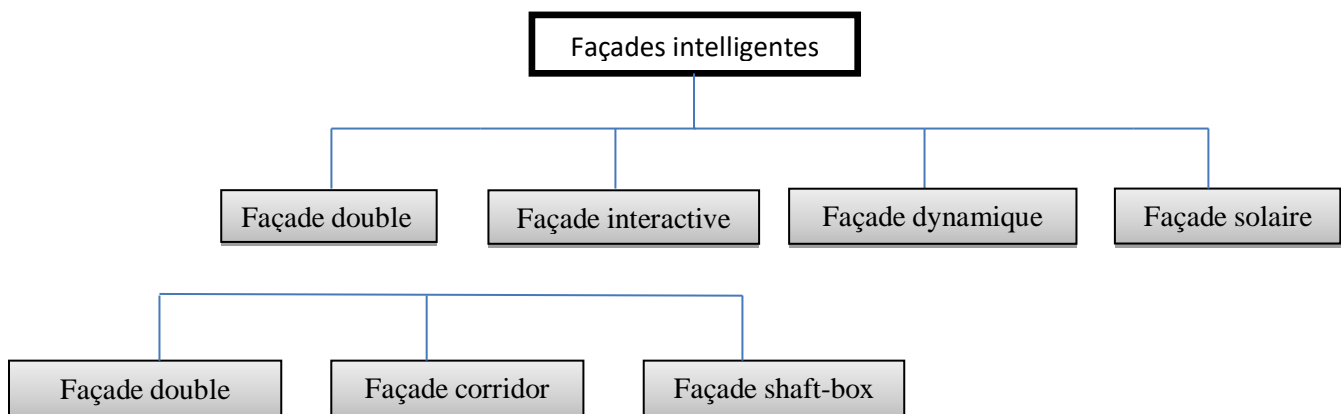


Schéma 02 Type des façades intelligentes. [13]

- Double façade : elles isolent les fonctions intérieures derrière la double façade, et une double interface est obtenue en ajoutant une couche de verre à l'extérieur de la façade pour fournir des bâtiments ventilés et insonorisés.

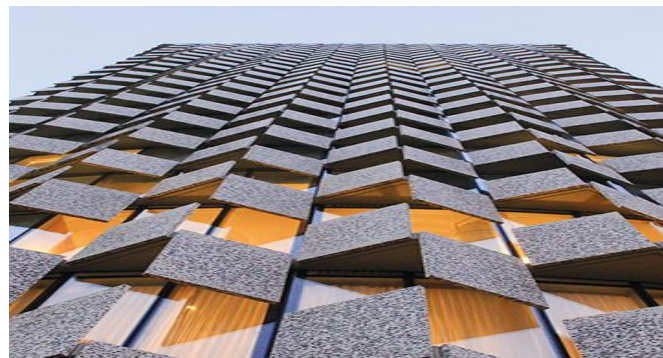


**Figure 17** Cube Berlin façade double peau



**Figure 18** Exemple d'une façade double [2]

- Façades interactives : elles répondent aux différentes conditions environnementales par l'introduction d'une approche de conception complexe telle que l'utilisation de verre à haute performance et l'amélioration des systèmes de contrôle et des processus d'automatisation afin de garantir l'utilisation optimale de l'énergie naturelle disponible. Éclairage et ventilation à haute efficacité.



**Figure 19** Exemples des façades interactives [13]

- Façades dynamiques : capables de modifier la forme, l'autoguidage, le contrôle du nombre d'ouvertures en fonction de facteurs environnementaux externes, notamment la température, l'humidité et le vent, ont un impact significatif sur la réduction de la consommation d'énergie.

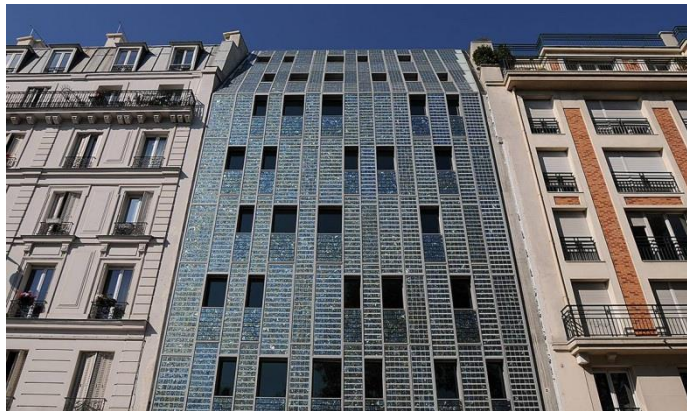


**Figure 20** Agence Ernst Gisel Brecht



**Figure 21** Arène-royale Copenhague Danemark [13]

- **Façades solaires** : Contribuent à réduire la consommation d'énergie et à utiliser l'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable, car elle repose sur l'utilisation de panneaux solaires et photovoltaïques dans les façades, pour générer et utiliser de l'électricité à des fins de chauffage, de refroidissement et d'éclairage.



**Figure 22** Exemples des façades solaires. [14]

### 6.3. Les systèmes intelligents

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

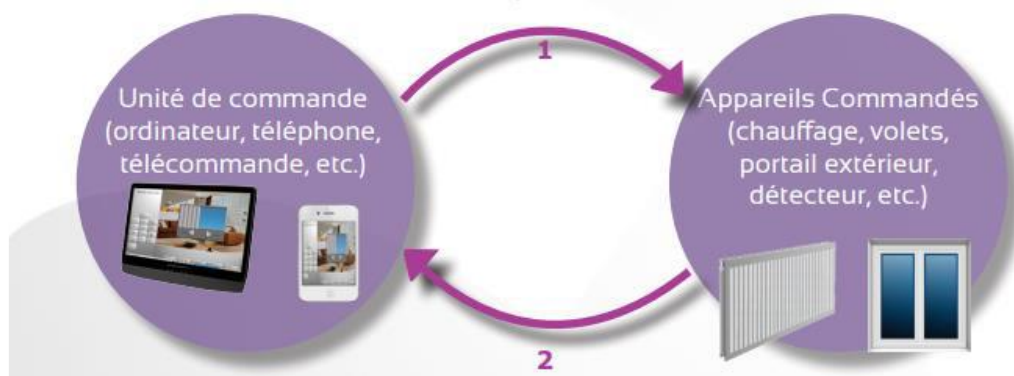
#### 6.3.1. La domotique

La domotique est la combinaison de l'informatique et des télécommunications au service de la maison et de l'environnement. Elle permet d'optimiser la consommation de chauffage et d'électricité grâce à une interface connectée. [15]

Ensemble des techniques visant à intégrer à l'habitat tous les automatismes en matière de sécurité, de gestion de l'énergie, de communication, de divertissement, d'éducation, etc. qu'on retrouve dans une maison. Il s'agit de gérer intelligemment toutes les fonctions électriques du bâtiment, du chauffage à l'éclairage et les systèmes de surveillance, à l'aide des appareils connectés. [15]

Il permet de faire interagir un contrôleur (programmeur, télécommande.) et un actionnaire (une prise, un relai.) Le consommateur peut utiliser en entrée un capteur (détecteur de présence, intercepteur ...) pour réagir automatiquement en fonction d'un (température, luminosité) et de scénario défini par l'utilisateur on peut directement l'activer s'il possède une télécommande. La communication est assurée selon des technologies filaire et non filaire en fonction de l'évolution dans le temps de l'installation, ces technologies peuvent cohabiter et être superposées. [16]





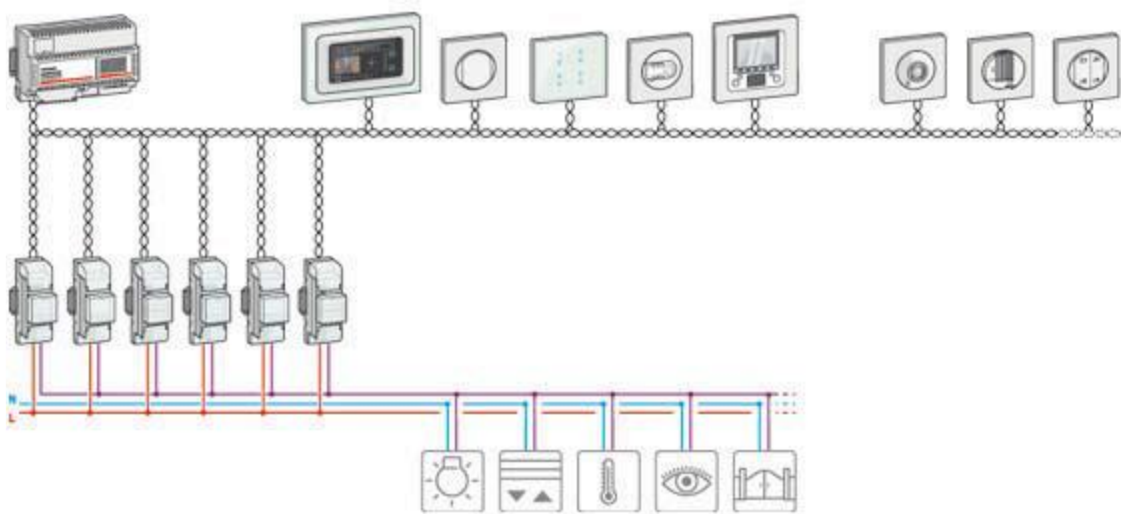
**Figure 23** Fonctionnement de la domotique. [17]

### a. Les différentes technologies de la domotique

#### ➤ La technologie filaire

C'est une technologie basée sur les câbles qui permet la communication entre les composants afin d'échanger et de traiter les informations. Celle-ci est donc envoyée par l'entrée vers des récepteurs de sortie qui exécutent la tâche. [18]

L'installation de ce dispositif est composée d'un réseau bus filaire qui relie les capteurs (détecteur, interrupteur et sonde) aux actionneurs (éclairage, chauffage, ouvrants et produits de puissance), et d'un réseau d'alimentation qui relie les actionneurs au courant fort. [17]



**Figure 24** Exemple d'une installation bus filaires. [17]

#### ➤ Technologie de courant porteur de ligne (CPL)

La technologie du courant porteur en ligne permet le transfert et l'échange de données en passant par le réseau électrique existant

L'Installation est composée d'émetteurs et de récepteur connectée au réseau électrique qui communique entre eux. La fiabilité de la technologie CPL reste critiquable. De plus, Les protocoles utilisant les courants porteurs sont très rapidement perturbés par l'environnement et leur équipement est très couteux. [17]



Figure 25 exemple d'une installation avec prise CPL. [17]

### ➤ Les technologies non filaires ou radiofréquence

Avec cette technologie, l'information est échangée sans fil entre l'émetteur (une commande sans fils, un capteur...) et le récepteur (interrupteur, prise...). Elle utilise plusieurs supports technologiques, comme la radiofréquence, infrarouge, ou Bluetooth et wifi qui sont des technologies radio. L'avantage de cette technologie est son caractère évaluatif c'est à dire qu'elle permet faire évoluer une installation avec un minimum de travaux. [16]

Les protocoles sans fil sont appréciés pour la liberté de placement des capteurs et les interrupteurs sans avoir à câbler. Seulement, le principal défaut de ces protocoles reste la durée de vie. [19]

Les fréquences sur lesquelles on peut émettre des signaux sont régies par des textes de lois. On retrouve de manière classique les fréquences 433 MHz (aucun retour d'État, ils ne communiquent que dans un sens), 868 MHz (gèrent le retour d'information ils peuvent recevoir des commandes, informer de leur état ou confirmer l'exécution d'une commande), ou encore 2,4 GHz. [20]

- Exemple des technologies et protocoles radiofréquences :

**Z-Wave** à une fréquence de 868 MHz elle est la technologie la plus répandue sur le marché, accessible à l'auto-installation de son système. On peut dire que c'est le leader des systèmes sans fil.

**ZIGBEE** à une fréquence de 2.4 GHz elle est mieux positionnée sur le marché, mais à ce jour peu de systèmes résidentiels ont vu le jour. Cette solution offre sur le papier le même niveau de fiabilité et de performances que le Z-wave, mais sa visibilité sur le marché est bien plus faible.

**EnOcean** à une fréquence de 868 MHz est un protocole ouvert. Les appareils fonctionnent sans fil ni batteries. Ils capturent l'énergie nécessaire à leur fonctionnement dans leur

environnement (mouvement, température, soleil). Cette technologie est considérée comme la technologie de l'avenir.

**Infrarouge** principalement utilisée dans les systèmes audio vidéo multimédias de salon.

**Wi-Fi** est un ensemble de protocoles de communication sans fil. Les produits qui communiquent via Wifi sur les bandes 2,4 ou 5Ghz doivent toujours être connectés à une prise électrique.

**Bluetooth** est une norme de communication pour l'échange de données bidirectionnelle sur de très courtes distances (20m) à l'aide d'ondes radio UHF dans une fréquence de 2,4 GHz à 2 483 GHz. Son but est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques en supprimant les liaisons câblées. [21]

### **b. Fonctionnement de la domotique (sans fil)**

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. [2]

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. [22]

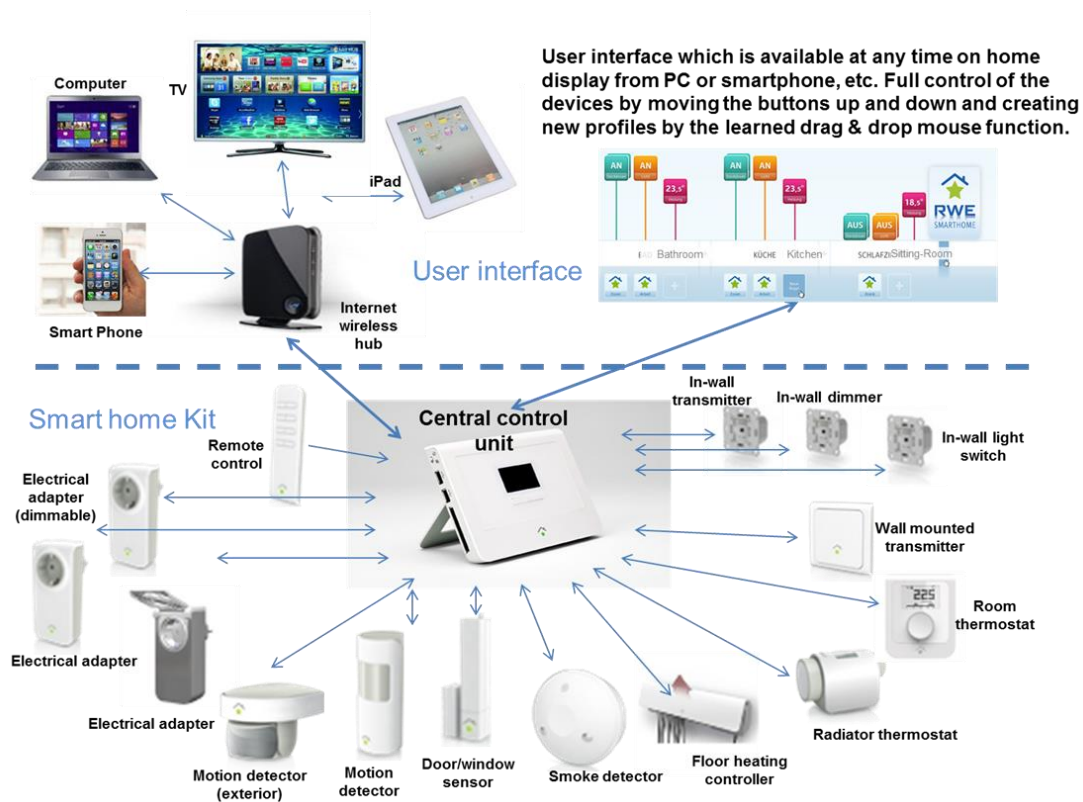


Figure 26 Principe de fonctionnement de la domotique sans fil. [22]

### c. Constitution d'un système 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. [19]

#### ➤ 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.



Figure 27 les différents capteurs domotiques sans fil [22]

- **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.

Un capteur de température se compose de deux types à contact (doivent être en contact physique avec l'objet à détecter. Ils peuvent être utilisés pour détecter des solides, des liquides ou des gaz sur une large gamme de températures) et sans contact (utilisent la convection et le rayonnement pour surveiller les changements de température. Ils peuvent être utilisés pour détecter les liquides et les gaz qui émettent de l'énergie radiante) [23]

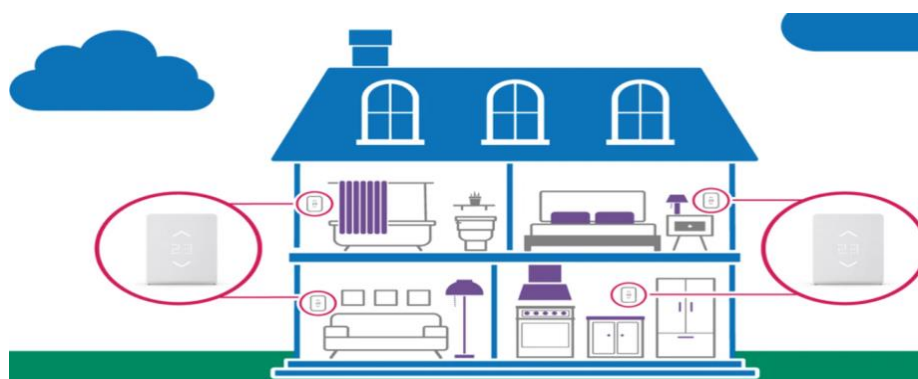


Figure 28 Exemple d'un capteur de température. [24]

- **Thermostat**

Le thermostat connecté analyse la performance énergétique de l'habitat, les conditions climatiques ainsi 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.

Il existe plusieurs endroits dans la maison qui sont des endroits idéaux pour un thermostat intelligent soit sur ou près d'un mur intérieur Loin des sources de chaleur, placez-le sur un mur intérieur pour qu'il puisse obtenir un relevé précis, ce qui permet de réduire le gaspillage d'énergie et de diminuer les factures de chauffage et de climatisation. Ou l'installer dans un endroit qui n'est pas bloqué par des étagères, des portes ou d'autres objets. Il a besoin d'une connexion sans fil fiable pour fonctionner correctement.



**Figure 29** Un exemple de thermostat connecté et sa mise en place .[25]

- **Vanne thermostatique pour radiateur**

Afin de régler la température dans une pièce via un boîtier ou une application avec affichage de la température et une Possibilité de définir des horaires en utilisant une horloge. [24]



**Figure 30** Une vanne thermostatique et son emplacement .[24]

- **Capteur de luminosité**

Capteur soleil radio sans fil et autonome, pour une protection soleil en façade grâce à l'association des volets roulants, des stores et brise-soleil orientables.

Il gère la descente et la remontée des équipements en fonction de la présence ou non du soleil, selon le seuil choisi. Le détecteur de soleil permet de mesurer l'ensoleillement à l'extérieur de la maison. Couplé avec un box central, il va envoyer des ordres aux autres équipements de la maison (volets, stores, lumières) [24]

- **Capteurs PIR (infrarouges passifs)**

Les capteurs PIR sont des détecteurs de mouvement chargés de surveiller l'arrivée d'intrus dans une zone spécifique. Lorsque l'un de ces dispositifs détecte un fait inattendu, il déclenche une alarme et avertit le propriétaire et le personnel de direction.

Ils peuvent être utilisés pour détecter la présence d'une personne non invitée autour ou dans la maison. Il envoie un signal à système de sécurité et s'il est déclenché, une alerte est envoyée ainsi qu'à centre de surveillance.




Il existe deux principaux types de détecteurs de mouvement utilisés à la maison : le mouvement actif utilisé pour les portes automatiques et le mouvement passif utilisé pour détecter l'énergie infrarouge ou la chaleur émise. [22]

Le détecteur de mouvement il fonctionne mieux lorsqu'il est placé en hauteur d'un coin d'une pièce pour couvrir une grande surface, et détecter facilement tout changement dans la pièce.



**Figure 31** Mise en place du détecteur de mouvement(PIR). [25]

➤ Type de détecteur de mouvements

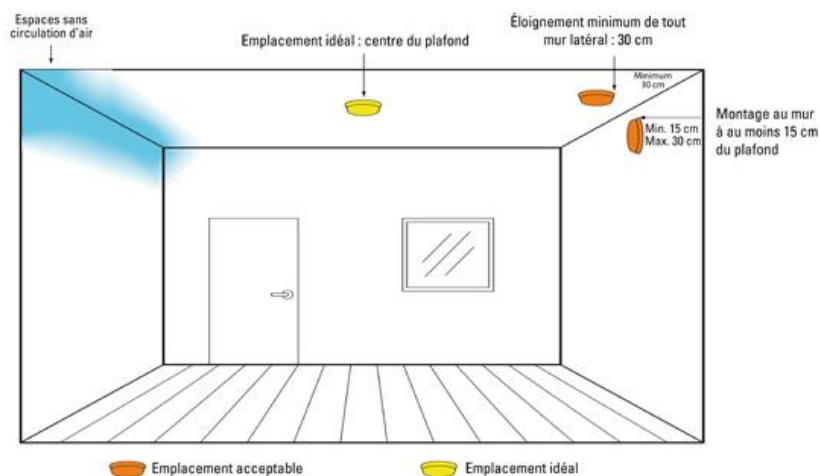
Intérieure	Fixé dans un coin du mur de la pièce à protéger, à environ 2 ou 2,30m du sol, face à l'endroit d'où peut vraisemblablement arriver un cambrioleur. Par exemple dans un salon, face au couloir de l'entrée.	
Détecteur de mouvement Animaux domestiques (petit et grand)	Disposé à l'angle d'une pièce, ce détecteur de mouvement infrarouge pour habitat avec chat peut détecter toute présence dans une pièce	
Extérieur	placé en hauteur de coin de l'entrée de la maison pour couvrir un maximum de la surface extérieur	

**Tableau 1** Type de détecteur de mouvement. [24]

- **Détecteurs de fumée**

Permettent de donner l'alarme en cas d'incendie Il est recommandé d'installer un Détecteur de fumée par couloir et par chambre.

Pour une protection optimale, on peut installer des détecteurs de fumée supplémentaires. Tout dépend à la loi de pays relative aux détecteurs avertisseurs autonomes de fumée. [24]

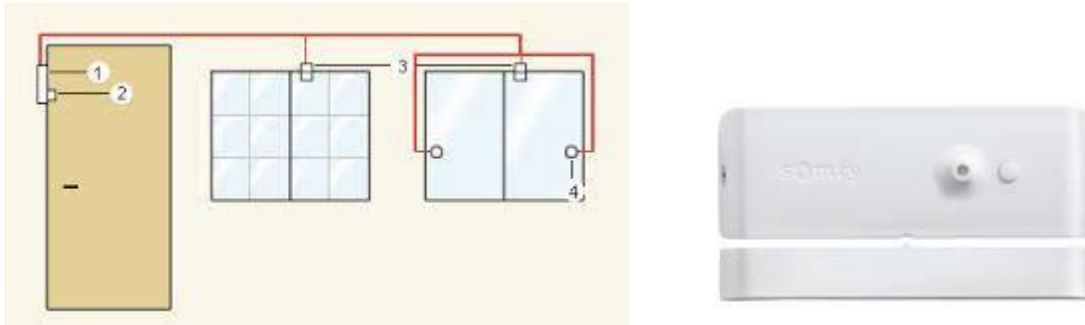


**Figure 32** Mise en place de détecteur de fumée. [23]



- **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. [24]



**Figure 33** Mise en place de Détecteurs d'ouverture. [26]

- **Détecteur d'ouverture pour portes garage**

Les contacteurs d'ouverture pour porte de garage sont constitués de 3 parties : un émetteur qui communique avec la centrale placé sur le côté de la porte à l'abri de l'humidité, un aimant et un sabot. [24]



**Figure 34** Détecteur d'ouverture pour portes garage. [27]

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. [28]

#### ➤ **Actionneurs**

Les actionneurs sont des dispositifs qui font des actions, en répondant à des commandes

Programmées, ces actions peuvent agir sur certains éléments (les portes, les volets ...) [19]

#### ➤ **Interface de pilotage**

C'est un ensemble de dispositifs matériel et logiciel, qui permet à un utilisateur de commander, contrôler ou superviser une maison et ses habitants à distance ou de proximité. Exemples : Smartphone, tablette, télécommande [19]

#### ➤ **Protocoles de communication**

Un protocole est une spécification de règles qui permet l'échange entre différents dispositifs et assurée une communication entre les équipements d'un système domotique. [19]

### **d. Le fonctionnement de la domotique dans les différents secteurs**

#### ➤ **Pour le chauffage**

Dans ce cas tout passe par des ondes radio le message s'adresse au responsable de température « le thermostat » qui est un autre boîtier présent dans chaque pièce de la maison sert à mesurer la température et la réguler grâce à ces accessoires intelligents comme le capteur de température et un capteur de présence qui détecte les habitudes des occupants quand ils quittent la maison et quand ils revient le thermostat enregistre les vas et vies et intègre les information dans son calendrier horaire ensuite il lui suffit à envoyer les données à ses coéquipiers comme les radiateurs pour stopper le chauffage ou le redémarrer.

#### ➤ **Pour l'éclairage**

L'éclairage intelligent est issu d'une technologie innovante, voire révolutionnaire, permettant de faciliter votre quotidien et d'optimiser l'efficacité énergétique de votre maison. Grâce à de simples commandes, qui permet d'allumer ou d'éteindre les lumières à distance. Ce genre de réglages peut même se faire à des heures prédéfinies, selon les envies des usagers.

Le système d'éclairage intelligent permet aussi de programmer des scénarios de lumière pour faire croire que les occupants sont à la maison.

L'installation de système d'éclairage intelligent, nécessite un logiciel adapté ou une application pour faciliter les commandes. D'un dispositif de commande pour pouvoir effectuer les réglages nécessaires. Cela peut être un Smartphone ou une tablette. Ou une simple télécommande domotique.

Installer des sondes si le système d'éclairage a des capteurs de présence. Par des interrupteurs infrarouges ainsi que des ampoules connectées.

#### ➤ **Pour ventilation et 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. Aussi un programme pour économiser l'énergie comme la disponibilité de l'ouverture automatique des stores afin de profiter de l'énergie solaire et de chauffer gratuitement en hiver. A l'inverse en été, on peut programmer la fermeture partielle des stores pour préserver la fraîcheur intérieure [6]

#### ➤ **Pour la sécurité**

Une alarme domotique anti-intrusion peut être installée, et pilotée directement depuis l'interface de gestion de la domotique. Ainsi des détecteurs d'incendie ou de fuite de gaz peuvent nous prévenir automatiquement en cas d'incident. Il est possible aussi de relier ces systèmes de sécurité à un commissariat de police ou à une caserne de pompiers

Pour créer un système de sécurité, divers équipements sont nécessaires

##### • **Pour les ouvertures et les fermetures**

La tâche la plus courante dans une habitation est certainement l'ouverture et la fermeture des volets, portails, portes... La domotique simplifie le tout à l'aide de boîtier, il est possible d'effectuer ces ouvertures et fermetures à la demande. Dans un registre plus technique, les systèmes de motorisation équipent tous types de portes, volets, stores... Selon l'installation concernée, le pilotage s'effectue de façon individuelle ou centralisée, à partir d'un poste fixe ou à distance. Les automatismes de portails et de portes de garage communiquent par ondes radio avec le donneur d'ordre. Ils comportent un certain nombre de sécurités actives (protection IP). [2]

##### • **Pour les volets roulants**

Les volets sont une barrière thermique idéale pour isolation d'une habitation. Le fonctionnement des volets roulant nécessite une application pour déterminer la position souhaitée des volets et vérifier si les volets sont fermés ou ouverts. Ou les automatisez en programmant des horaires. Les volets sont connectés à un capteur de température ou de luminosité ils réagiront automatiquement aux données programmées. La connections des volets roulants aux détecteurs de fumée et à l'éclairage est possible si un incendie se déclare, les volets roulants s'ouvrent automatiquement et immédiatement. [24]

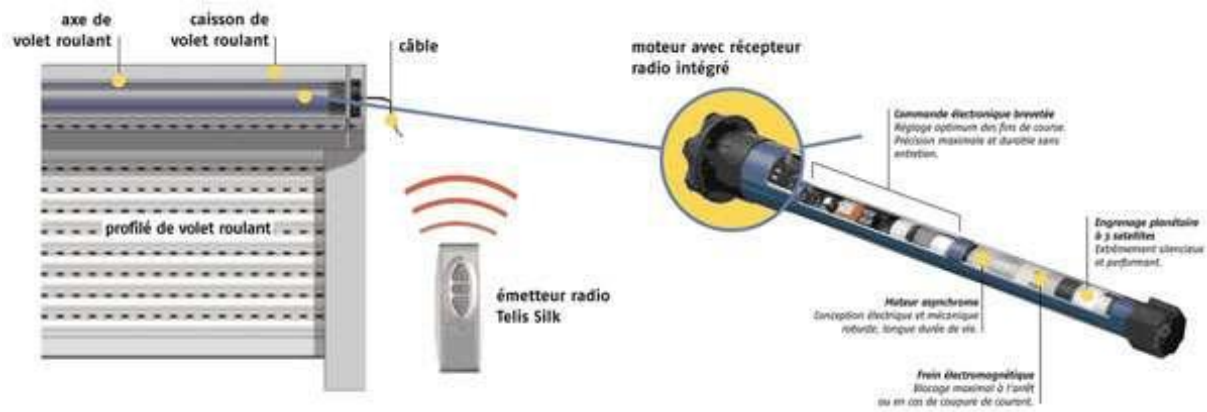


Figure 35 Schéma explicatif d'un volet roulant connecté. [31]

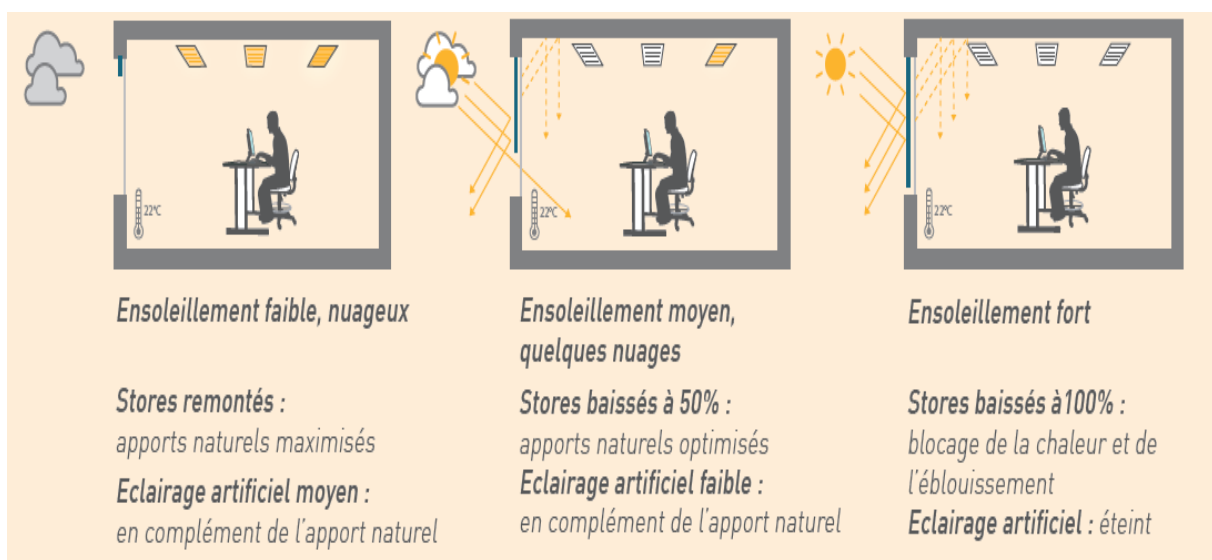


Figure 36 Fonctionnement des stores et l'éclairage artificiel connectés. [24]

### 6.3.2. 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.

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. [2]

- **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. Ils comprennent notamment :

La commande des éclairages.

La commande des volets ou stores électriques.

La commande d'équipements multimédias ou électroménagers.

Les équipements de régulation du chauffage ou de refroidissement.

Les outils de réglage de la ventilation mécanique contrôlée.

Des systèmes de contrôle de l'alimentation électrique, du chauffage, des équipements de plomberie...

Les technologies de contrôle d'accès ou de vidéosurveillance. [2]



Figure 37 Schéma explicatif des solutions GTC et GTB. [2]

- **Installation d'un système d'immatique dans un bâtiment**

Les systèmes d'immatique, comme ceux de domotique sont généralement constitués des éléments suivants

Des capteurs (de mouvement, de lumière, de chaleur...) dont les données prélevées seront ensuite traitées informatiquement.

Des actionneurs, qui mettent en œuvre un processus lorsqu'un événement donné est détecté.

Des programmes, chargés de mettre en relation les conditions relatives aux actions sous forme de scénarii préenregistrés.

Des logiciels informatiques pour analyser, prévoir et traiter les données recueillies. [2]

## 7. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment

La mise en place et l'augmentation du nombre de bâtiments connectés n'est pas la seule condition de réussite des objectifs de la transition écologique. Le développement et la progression des énergies renouvelables jouent un rôle capital.

## 7.1. L'énergie solaire

Les bâtiments peuvent être conçus pour tirer profit de l'action de chauffage et d'éclairage dû à exploiter l'énergie solaire au moyen de grandes fenêtres, placées côté sud dans les régions nordiques, et de murs qui emmagasinent la chaleur. L'énergie solaire est largement utilisée pour chauffer l'eau, surtout soleil de manière à réduire la consommation d'énergie. Un chauffe-eau solaire consiste en un panneau à travers lequel l'eau se réchauffe en circulant. Un tel système peut fournir de l'eau chaude sanitaire ou alimenter un circuit de chauffage central. À plus grande échelle, le solaire thermique a été mis en œuvre dans des réseaux de chauffage urbain. [29]

Au sein de l'énergie solaire, il faut différencier le solaire photovoltaïque et le solaire thermique.

- **Le Solaire Photovoltaïque**

L'énergie photovoltaïque utilise également le rayonnement solaire, mais le transforme directement en électricité. La lumière du soleil peut directement être transformée en électricité par des panneaux photovoltaïques.

- **Le Solaire Thermique**

L'énergie solaire thermique consiste à capter le rayonnement solaire pour augmenter la température d'un objet. Ce type d'énergie est connu depuis longtemps, puisqu'être au soleil réchauffe. L'emploi de l'énergie solaire thermique s'effectue directement pour chauffer de l'eau sanitaire par exemple, avec un chauffe-eau solaire, ou encore des fours solaires. [29]

Pour obtenir les économies attendues, les capteurs solaires doivent être correctement exposés au rayonnement solaire. La pose de capteurs solaires peut se faire : en toiture, terrasse ou en pente, en façade, au sol, et en garde-corps ou auvent ...

Les principales conditions d'intégration :

- Une orientation plein sud
- Une inclinaison par rapport à l'horizontale proche de 45° est idéale.
- Eviter l'ombrage des bâtiments et de la végétation car il peut réduire fortement les performances de l'équipement. [30]



**Figure 38** L'intégration idéal des capteurs solaires. [30]

### **7.2. L'énergie du vent (l'éolien)**

L'énergie éolienne utilise l'énergie mécanique produite par les mouvements des différentes masses d'air, le vent. Elles transforment l'énergie mécanique en électricité, ou autre énergie. Des champs d'éoliennes existent, fonctionnant comme une petite centrale. Des éoliennes plus petites existent pour les particuliers, elles produisent de l'électricité qui sera consommée sur place. [29]

### **7.3. L'énergie de la terre (la géothermie)**

La géothermie utilise la chaleur naturelle émanant des nappes aquifères présentes dans le sol pour fournir un système durable de chauffage pour les bâtiments (habitations, commerces, etc.) Si cette énergie géothermique peut être à l'origine de chaleur, elle permet également de produire de l'électricité, moyennant l'utilisation de turbines. [29]

### **7.4. L'hydraulique**

L'énergie hydraulique utilise l'énergie des cours d'eau ou des chutes pour transformer la force motrice de l'eau en électricité. L'eau, par son poids et sa vitesse, actionne une turbine et transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique. La turbine entraîne à son tour une génératrice qui transforme l'énergie mécanique en électricité. [29]

## **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 02 : Simulation thermique en régime dynamique  
par le logiciel TRNSYS et une interprétation des résultats  
de la simulation.**



## 1. Introduction

Les outils des simulations énergétique permettent la simulation de comportement thermique d'un bâtiment et de calculer les besoins énergétiques nécessaire au maintien de confort thermique en période hivernal et estival

L'étude thermique des bâtiments a longtemps reposé sur une modélisation statique des phénomènes. Dans un contexte énergétique mondial tendu, la réalisation de bâtiments énergétiquement performants est un enjeu majeur des prochaines décennies. C'est pourquoi, la simulation thermique dynamique est aujourd'hui un outil incontournable pour la recherche, le développement et la conception de bâtiments peu consommateurs d'énergie.

Notre étude fera objet d'une simulation avec le logiciel TRNSYS pour étudier l'influence de l'intégration des différentes solutions d'efficacité énergétique sur le comportement thermique du bâtiment et sur l'amélioration du confort thermique sous le climat algérien et comparer les résultats entre un bâtiment classique et un bâtiment intelligent ainsi que l'influence de l'épaisseur d'isolant et les différents types de vitrage.

## 2. Présentation de cas d'étude

### 2.1. Présentation de site

Souidania est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située à environ 21 km au sud-ouest d'Alger avec une superficie de 13.56 km<sup>2</sup> et Latitude : 36.708, Longitude : 2.91256 36° 42' 29" Nord, 2° 54' 45" Est, son altitude est de 136m.



Figure 39 Situation géographique de site.

### 2.2. Présentation des caractéristiques climatique

Un climat tempéré chaud est présent à Souidania. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type climat méditerranéen chaud-été (Csa). Sa température moyenne annuelle est de 17.7 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 615 mm Cette zone appartient à la zone A selon le document technique réglementaire (DTR C 3-2).

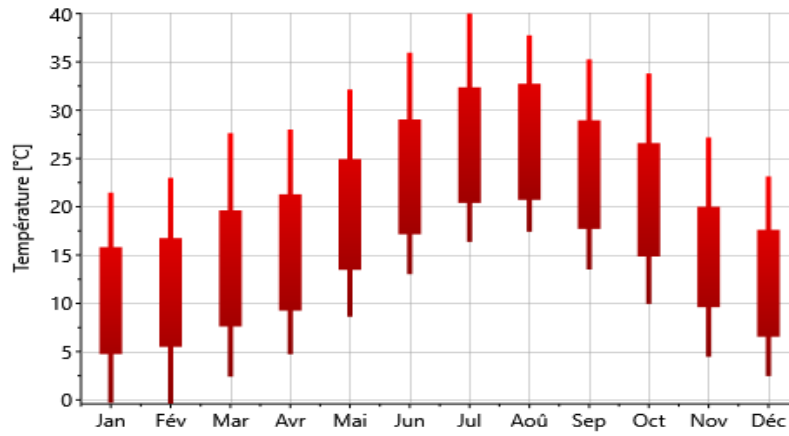


Figure 40 La température annuelle à soudania.

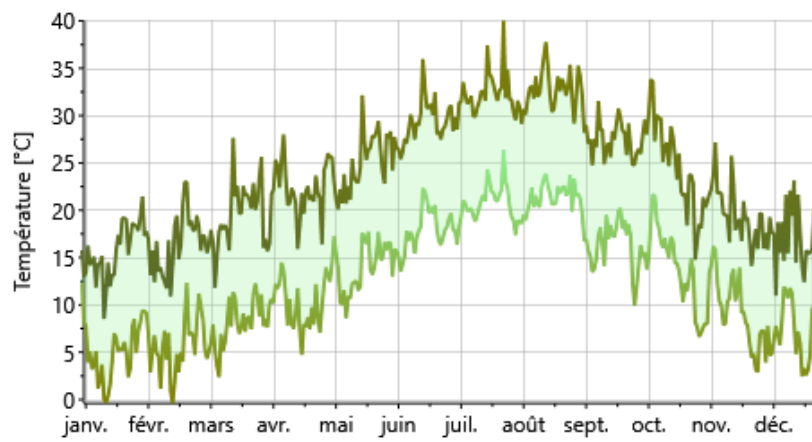


Figure 41 La température journalière à soudania.

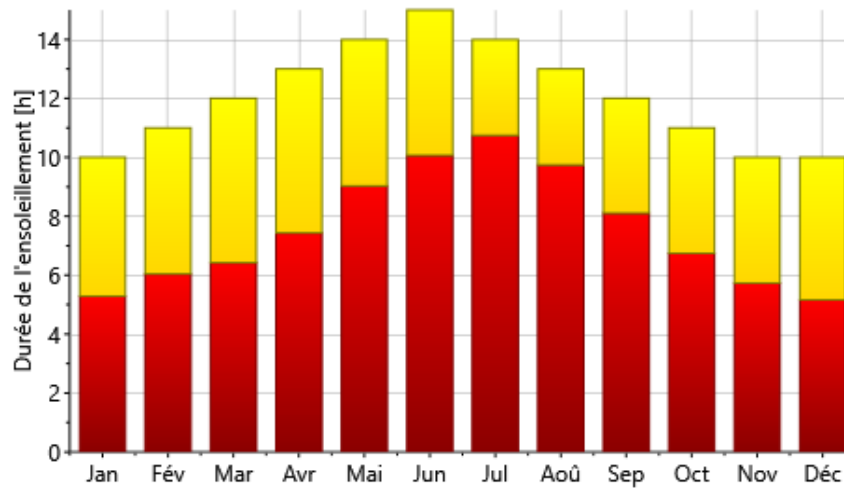


Figure 42 L'ensellement annuelle à soudania.

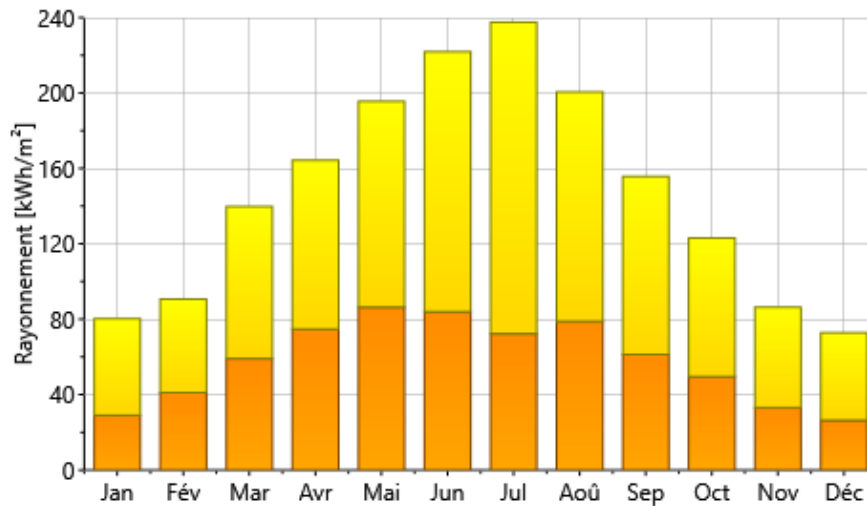


Figure 43 Le rayonnement annuelle à soudania.

### 2.3. Description du logement

Le bâtiment étudié est un local à usage de bureau d'une surface de  $105.02 \text{ m}^2$ , situé au sein du Centre National de l'Etude et de la Recherche Intégrée du Bâtiment à SOUIDANIA-Alger.

Le local est composé d'une salle de conférence d'une surface de  $52.73 \text{ m}^2$  contenant deux grandes fenêtres côté Nord de surface  $2.25 \text{ m}^2$  chacune et une autre fenêtre côté Ouest d'une surface de  $1.8 \text{ m}^2$ , un bureau de  $23.36 \text{ m}^2$  contenant une fenêtre coté Est et une autre coté Sud de surface  $2.25 \text{ m}^2$  chaque une, des sanitaires de surface  $12.25 \text{ m}^2$  contenant deux fenêtres identiques de surface  $0.25 \text{ m}^2$  et une autre d'une surface de  $0.3 \text{ m}^2$  de  $1.8 \text{ m}^2$  et un hall de  $16.68 \text{ m}^2$  ( en utilisant des fenêtres en triple vitrage).

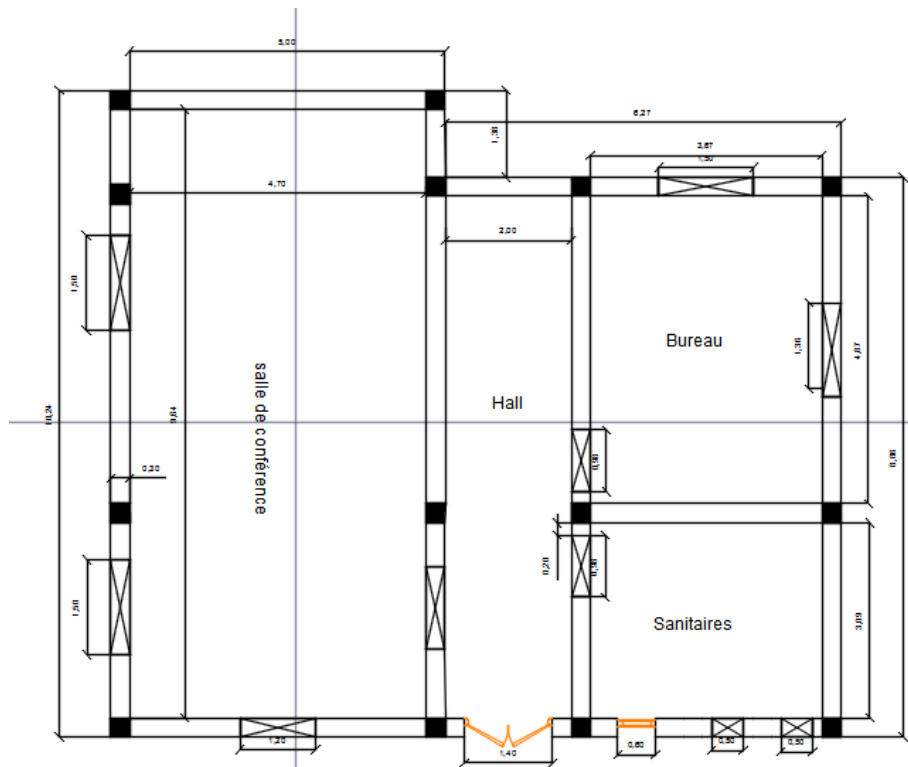


Figure 44 Plan intérieure du bâtiment.

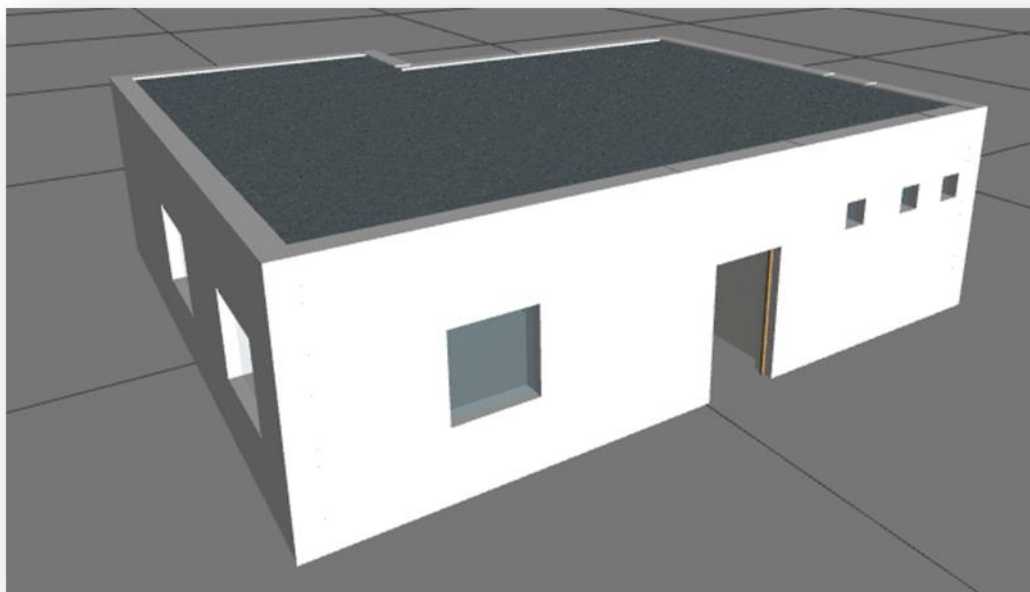


Figure 45 La vue du bâtiment en 3D.

### 3.1. Composition des parois

#### 3.1.1. Cas d'un bâtiment intelligent

<b>Composition de mur extérieur</b>				
<b>Matériaux</b>	<b>e (mm)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/mC°)</b>	<b>C (J/KgC°)</b>	<b><math>\rho</math> (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000
<b>Brique mono-mur</b>	300	0.15	936	850
<b>Mortier ciment</b>	20	1.4	1080	2200
<b>Composition de la toiture</b>				
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000
<b>Entrevous polystyrène</b>	150	0.25	830	1290
<b>Béton arme</b>	60	1.7	840	2500

<b>Isolant polytherme</b>	60	0.11	936	312
<b>Polystyrène</b>	Variable (50,80,100)	0.46	1404	13
<b>Mortier ciment</b>	20	1.4	1080	2200
<b>Composition du plancher</b>				
<b>Béton armé</b>	150	1.7	840	2500
<b>Mortier de ciment</b>	20	1.4	1080	2200
<b>Polystyrène</b>	50	0.46	1404	13
<b>Carrelage</b>	10	1	940	2000

Tableau 2 Composition des parois du bâtiment intelligent.

### 3.1.2. Cas d'un bâtiment classique

<b>Composition de mur extérieure</b>				
<b>Matériau</b>	<b>e (mm)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/mc°)</b>	<b>C (J/Kgc°)</b>	<b><math>\rho</math> (Kg/m³)</b>
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000
<b>Brique perforée</b>	150	0.56	936	1200
<b>Lame d'air</b>	50	0.31	1227	2200
<b>Brique perforée</b>	100	0.56	936	1200
<b>Mortier de ciment</b>	20	1.4	1080	2200
<b>Composition de la toiture</b>				
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000

<b>Béton armé</b>	150	1.7	840	2500
<b>Mortier de ciment</b>	20	1.4	1080	2200
<b>Composition du plancher</b>				
<b>Carrelage</b>	10	1	940	2000
<b>Mortier de ciment</b>	20	1.4	940	2200
<b>Béton armé</b>	150	1.7	840	2500
<b>Composition de mur intérieur</b>				
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000
<b>Brique perforée</b>	150	0.56	936	1200
<b>Enduit plâtre</b>	15	0.35	936	1000

**Tableau 3** Composition des parois du bâtiment classique.

### 3. Présentation générale de l'outil de simulation « TRNSYS »

TRNSYS (TRaNsient System Simulation Program) est un logiciel de simulation numérique du comportement thermique des bâtiments et de leurs équipements il permet la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment. D'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment (emplacement, matériaux de construction utilisés, architecture globale, concept énergétique choisi, etc.) mais aussi des systèmes (chauffage, climatisation, énergies renouvelable...) pour l'étude détaillée du comportement thermique de ce bâtiment. TRNSYS prend en compte Les variations horaires (le taux d'occupation, puissance de l'éclairage et des équipements divers et des consignes de températures et du fonctionnement du système chauffage et climatisation), les effets d'inertie thermique et de ventilation naturelle. [29]

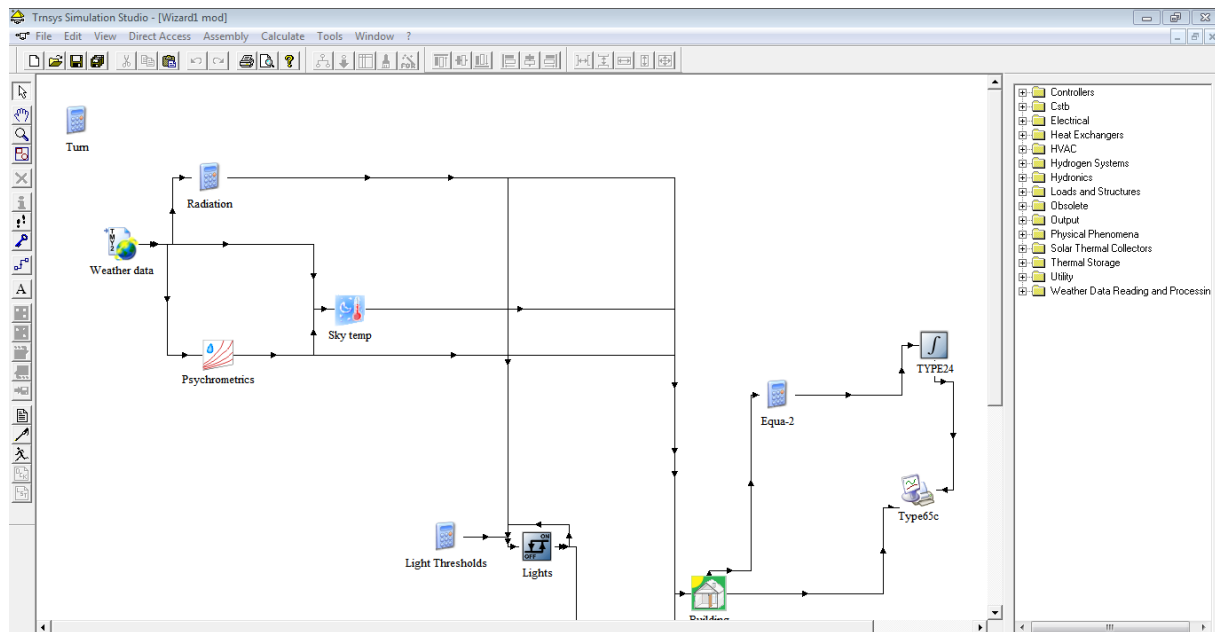


Figure 46 Interface TRNSYS.

### 3.1. Les données météorologiques

Les données météorologiques se trouvent sur un météonorme qu'il convient d'utiliser pour la simulation thermique. Par défaut, celles de la station météorologique Soudania, Alger, correspondent à la zone géographique du projet.

### 3.2. TRNBUILD (Type 56)

TRNBuild est une interface permettant de créer et de modifier toutes les informations non géométriques requises par le modèle de bâtiment TRNSYS. Il offre à l'utilisateur une grande flexibilité dans l'édition des propriétés des matériaux des murs et des couches, la création de profils de ventilation et d'infiltration, l'ajout de gains, la définition de plafonds et de planchers radiants et le positionnement des occupants pour les calculs de confort.

Cette étape consiste à paramétrer le logiciel TRNSYS avec les données caractéristiques du cas de base à l'aide du TRNBUILD (Type 56) ainsi que les données météorologiques d'Alger.

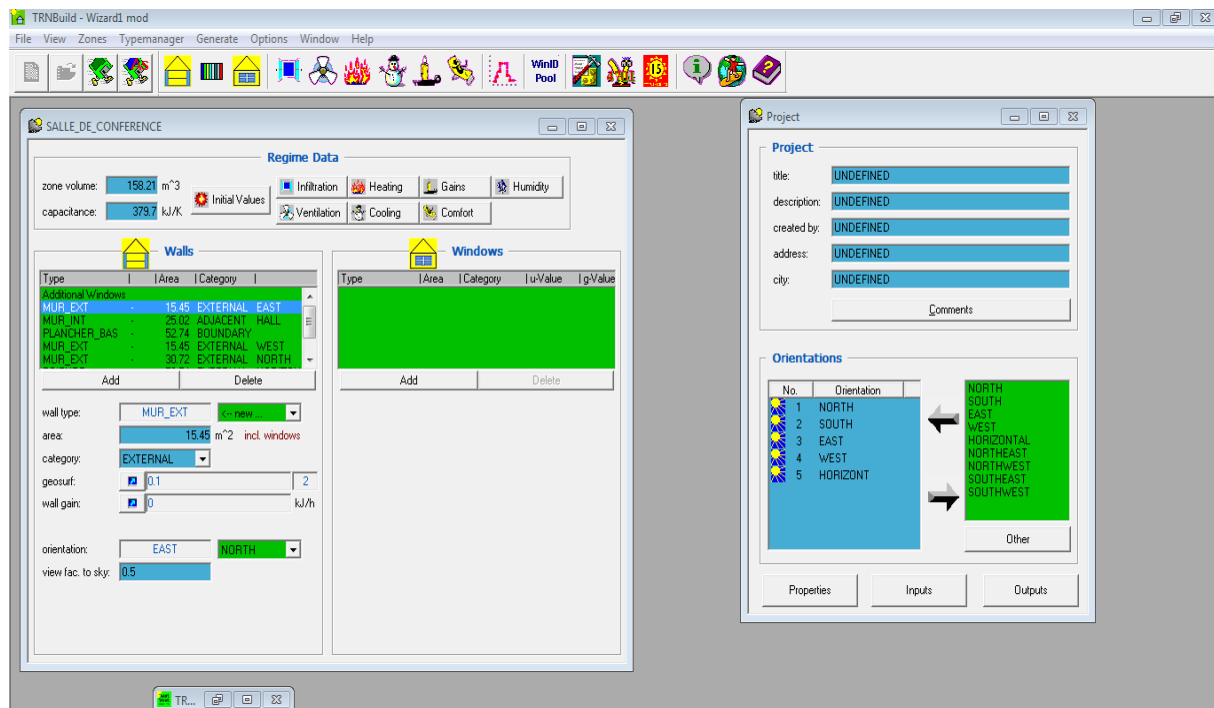


Figure 47 Interface TRNBUILD.

## 4. Les scénarios proposés pour la simulation

### 4.1. Scénarios d'occupation

- Occupation journalière

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	0
De 08h à 12h	1
De 12h à 13h30min	0
De 13h 30 min à 17h	1
De 17h à 24h	0

Tableau 4 Scénario d'occupation journalière.

- Occupation week-end

Vue que notre projet est sur un bureau de travail n'y aura pas une occupation pendant le weekend donc de 00h à 24h la valeur est nulle.

- Occupation semaine

Jour de semaine	Occupation
dimanche	occupation journalière
lundi	occupation journalière



mardi	occupation journalière
Mercredi	occupation journalière
Jeudi	occupation journalière
Vendredi	occupation week-end
Samedi	occupation week-end

Tableau 5 Occupation par semaine.

#### 4.2. Les scenarios de chauffage

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	0
De 08h à 17h	1
De 17h à 24h	0

Tableau 6 Scénario de chauffage.

Pour que le chauffage fonctionne la température doit être inférieure à 21°C. Et il fonctionne que lorsque le bâtiment est occupé (occupation journalière)

#### 4.3. Les scenarios de climatisation

Période journalière	Valeur
De 00h à 08h	1
De 08h à 17h	0
De 17h à 24h	1

Tableau 7 Scenarios de climatisation.

Pour que la climatisation fonctionne la température doit être supérieure à 24°C.

Il fonctionne que lorsque le bâtiment est occupé (occupation journalière).

- Pour la ventilation naturelle on a pris une valeur constante égale à 0.6
- Pour l'infiltration on a pris aussi une valeur constante égale à 0.2

#### 4.4. Les gains thermiques

- Salle de conférence

Source d'apports de 8h à 17h	Charge thermique (W)
10 Ordinateurs	1400
Eclairage (5W/m <sup>2</sup> )	230
10 personnes	750
imprimante	376

Data show	300
-----------	-----

**Tableau 8** Les gains thermiques pour la Salle de conférence.

- **Bureau**

Source d'apports de 8h à 17h	Charge thermique (W)
5 ordinateurs	700
Eclairage (5W/m <sup>2</sup> )	120
5 personnes	375
Réfrigérateur	100
Cafetière	300

**Tableau 9** Les gains thermique pour le bureau.

- Les gains de hall et sanitaire sont dus l'éclairage artificiel, estimé de 85W pour les sanitaires et 62W pour le hall.

#### 4.5. Scénario d'occultation

Pour les deux premières simulations le bâtiment classique et le bâtiment intelligente on a pris des valeurs constantes pour l'ouverture des volets pendant l'hiver 0.7 de rayonnement solaire qui entre par les fenêtres et pendant l'été on a pris une valeur de 0.3.

Pour la troisième simulation on a créé un scénario d'occultation variable pour le bâtiment intelligent en prenant les mêmes valeurs d'occultation hivernale et estivale.

- **Journalière**

Période journalière été	Valeur	Période journalière hiver	Valeur
De 00h à 8h	1	De 00h à 8h	0
De 8h à 10h30 min	0	De 8h à 17h	1
10h 30min à 15h	1	De 17h à 24h	0
De 15h à 17h	0	/	/
De 17 h à 24h	1	/	/

**Tableau 10** Scenario occultation journalière pour le bâtiment intelligent.

L'équation appliquée pour ce scenario est :

Pour l'été :  $0.3 * \text{occultation journalière été} + 0.7$ .

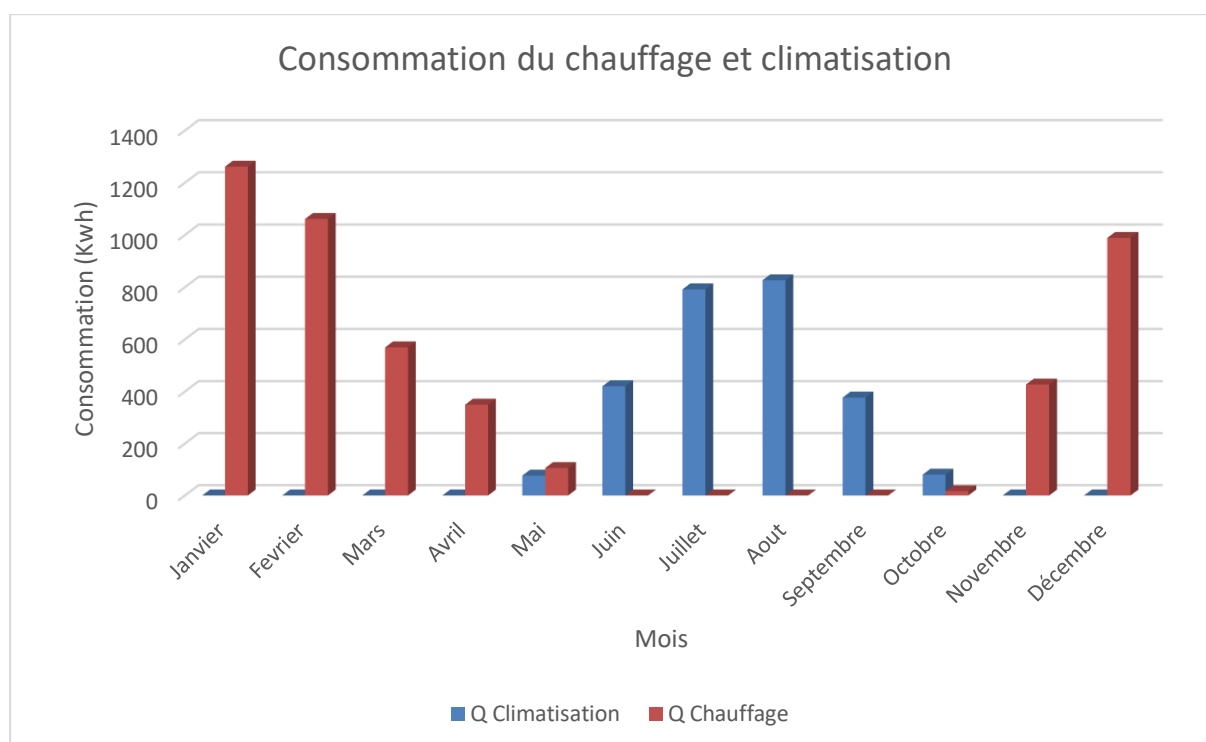
Pour l'hiver :  $0.7 * \text{occultation journalière hiver} + 0.3$

- Il n'y aura pas une occupation pendant le weekend donc de 00h à 24h la valeur est nulle
- **Occultation semaine**

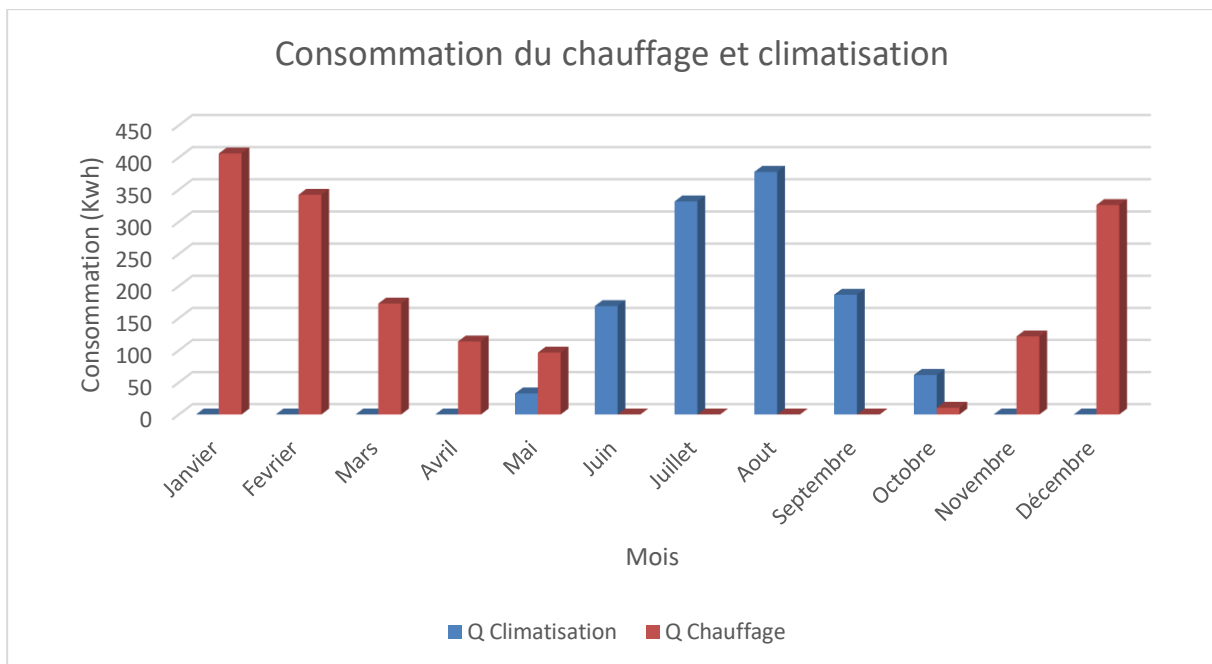
Jours	Période d'été	Période d'hiver
Dimanche	Occultation journalière été	Occultation journalière hiver
Lundi	Occultation journalière été	Occultation journalière hiver
Mardi	Occultation journalière été	Occultation journalière hiver
mercredi	Occultation journalière été	Occultation journalière hiver
Jeudi	Occultation journalière été	Occultation journalière hiver
Vendredi	Occultation weekend été	Occultation weekend hiver
Samedi	Occultation weekend été	Occultation weekend hiver

**Tableau 11** Scenario d'occultation de semaine pour le bâtiment intelligent.

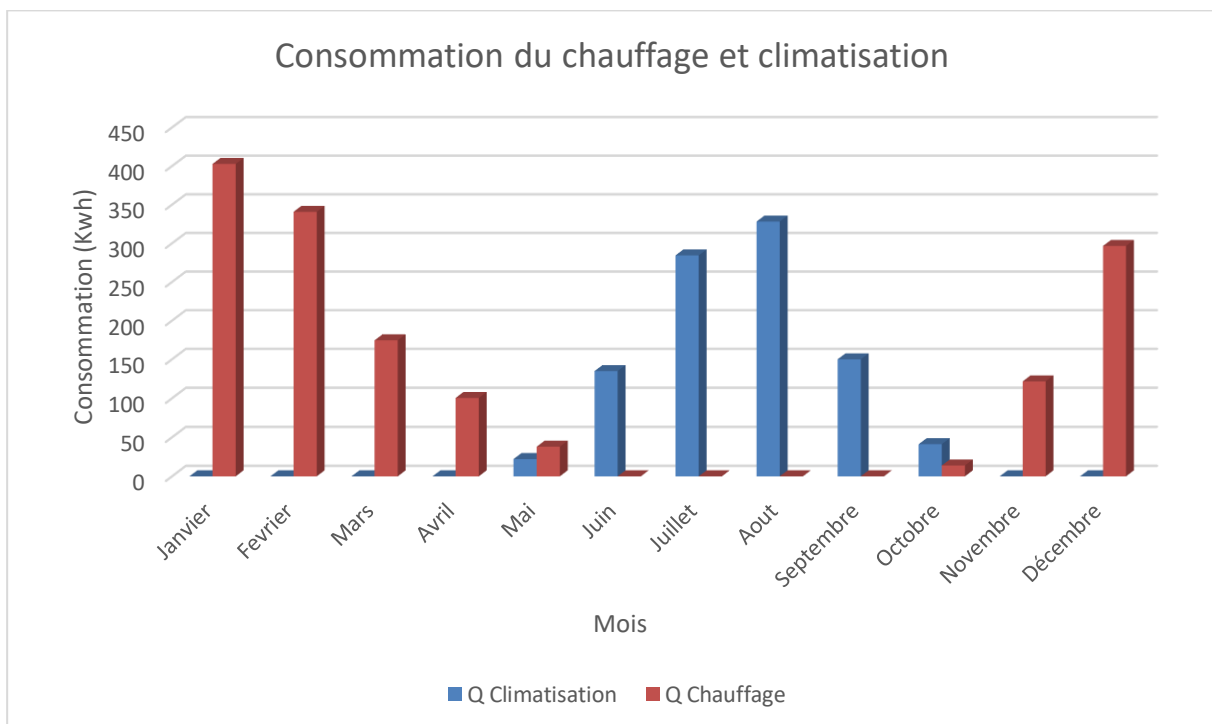
## 5. Résultats de la simulation



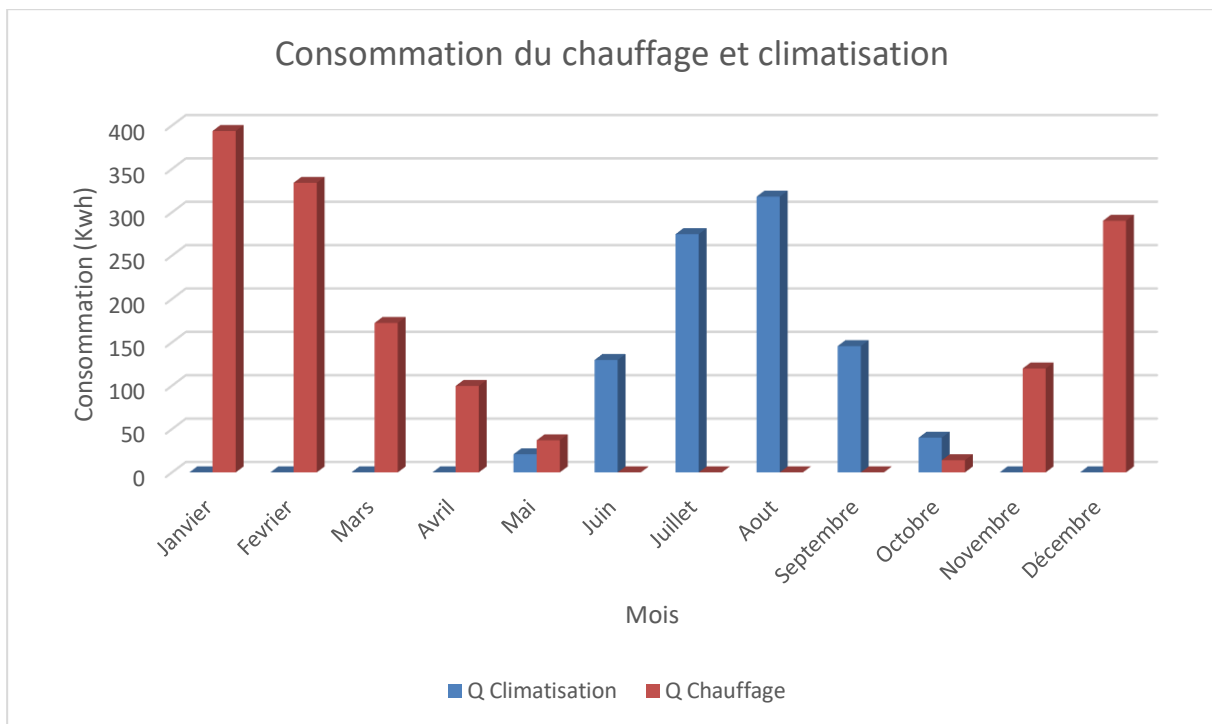
**Figure 48** La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment classique.



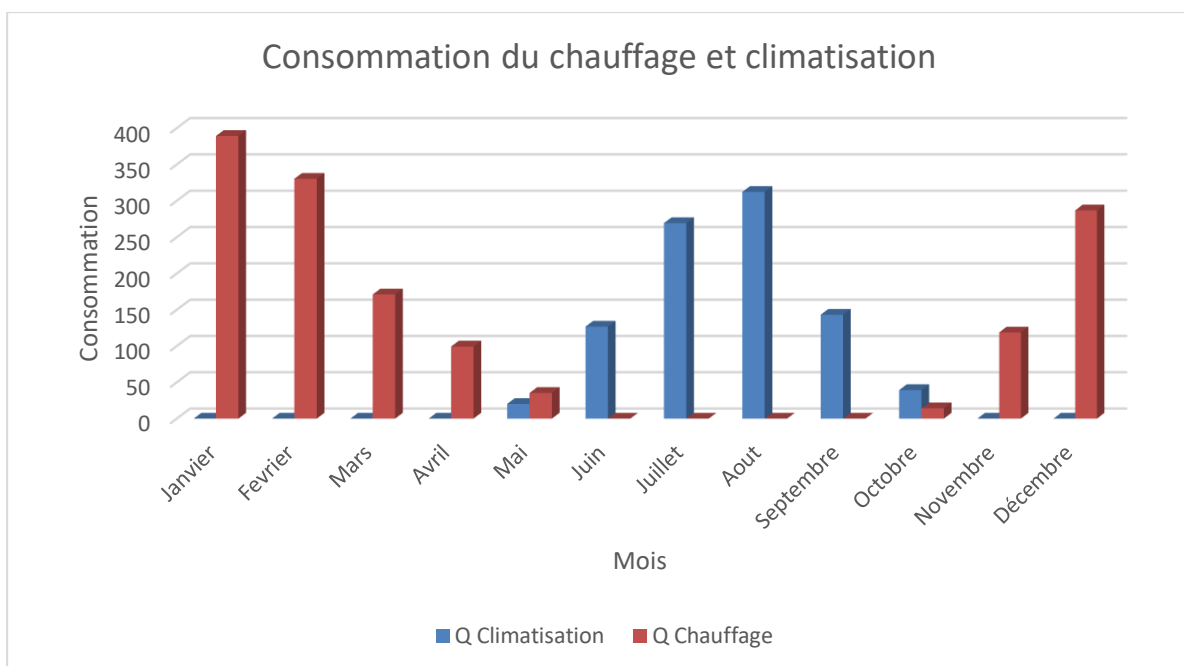
**Figure 49** La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation cste.



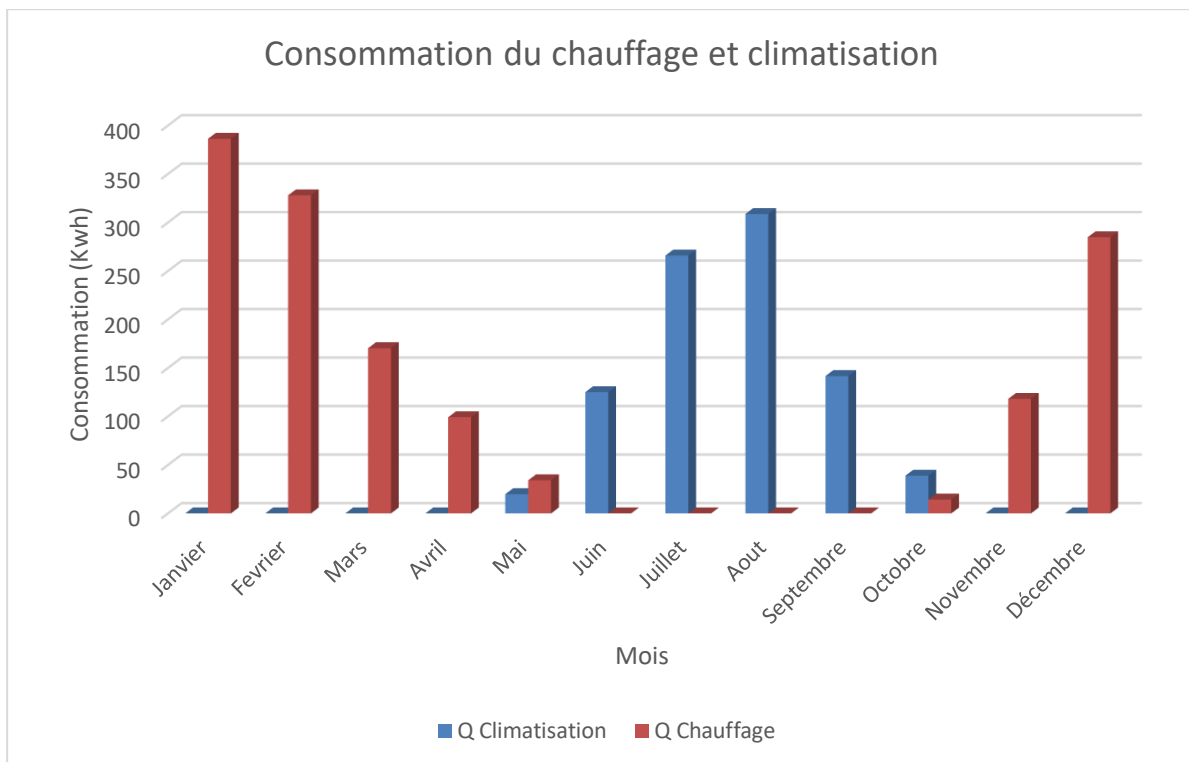
**Figure 50** La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable sans isolant.



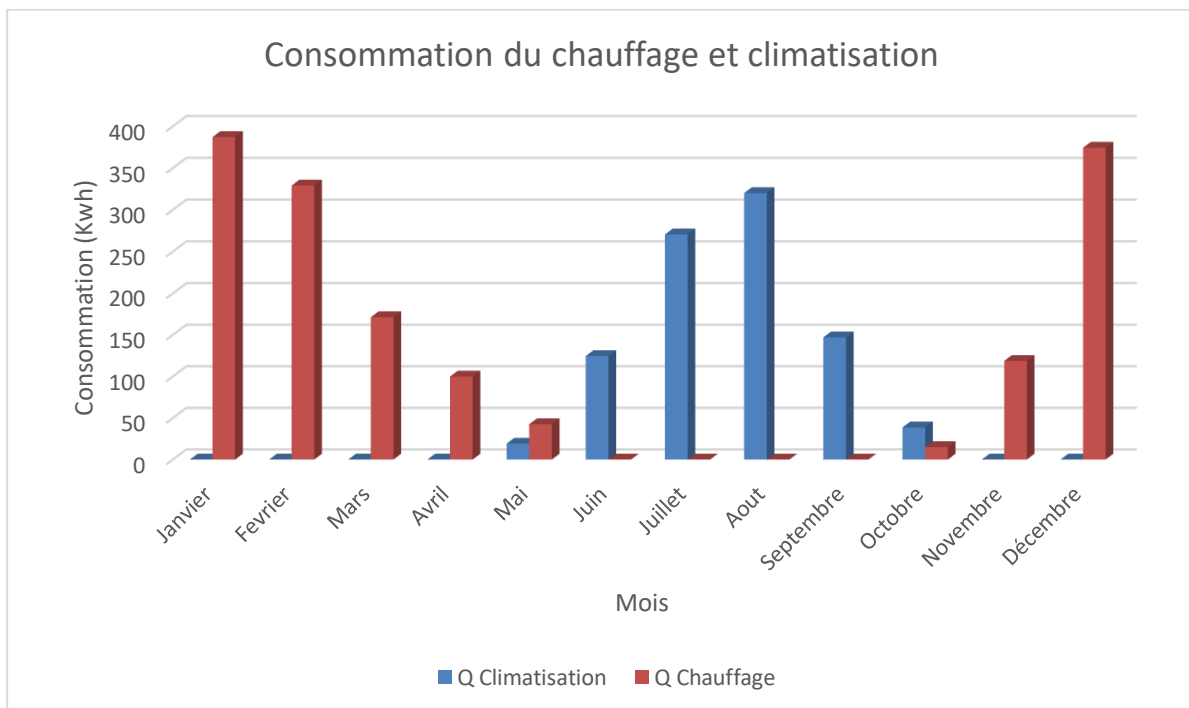
**Figure 51** La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable avec isolant de 5cm



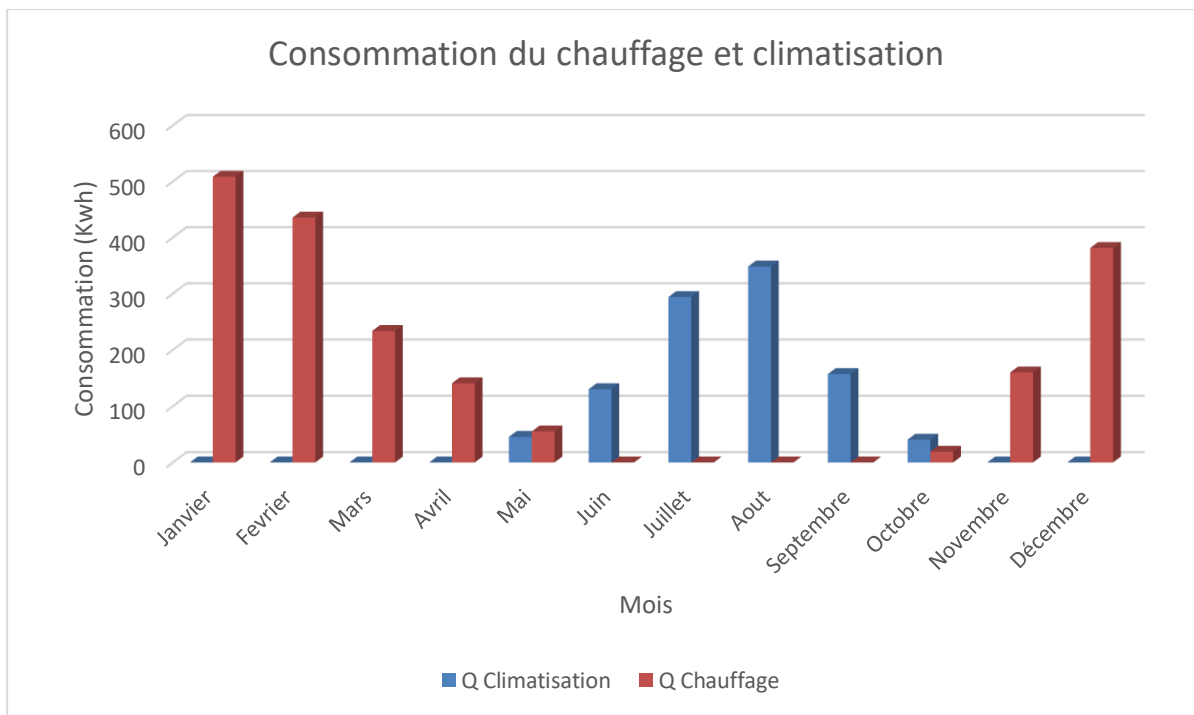
**Figure 52** La consommation du chauffage et climatisation du bâtiment intelligent avec une occultation variable avec isolant de 8cm.



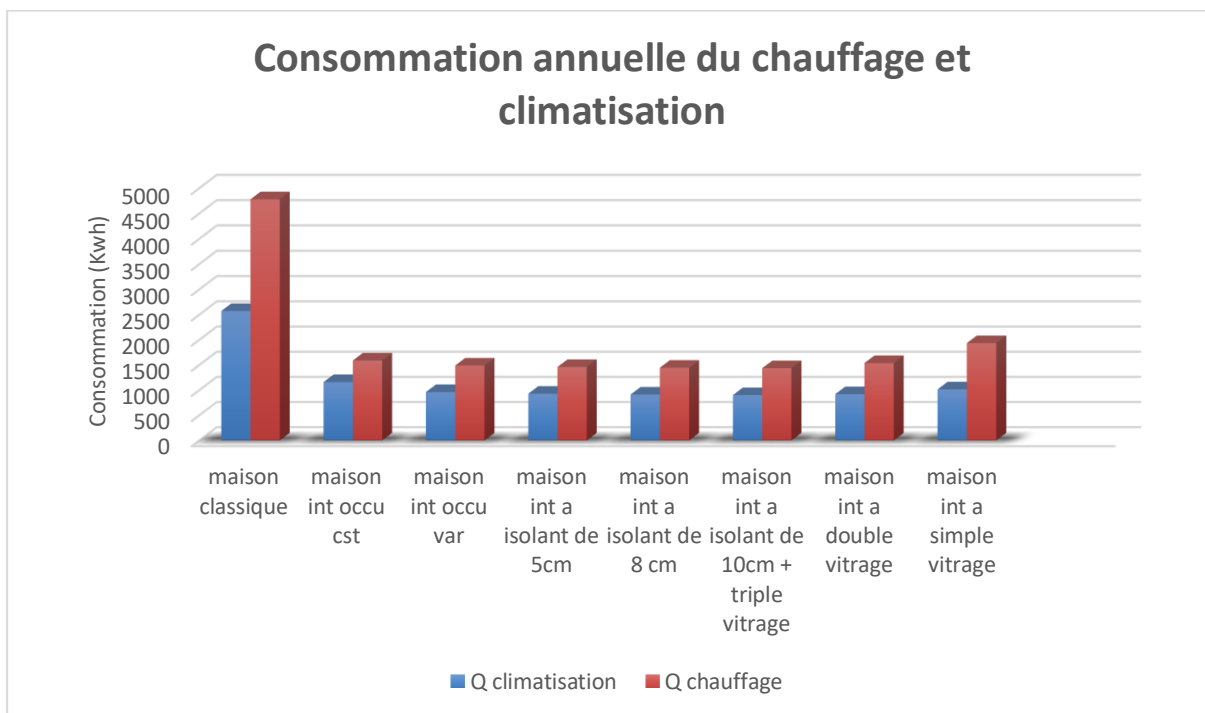
**Figure 53** La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm en triple vitrage.



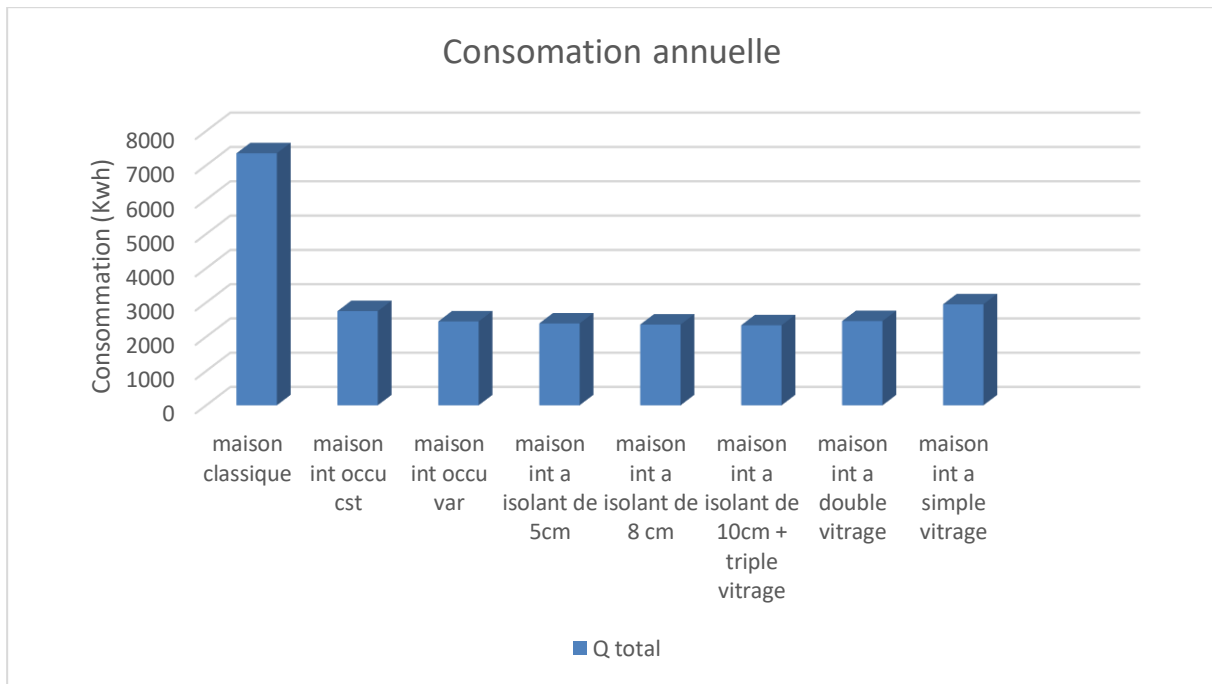
**Figure 54** La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm et en double vitrage.



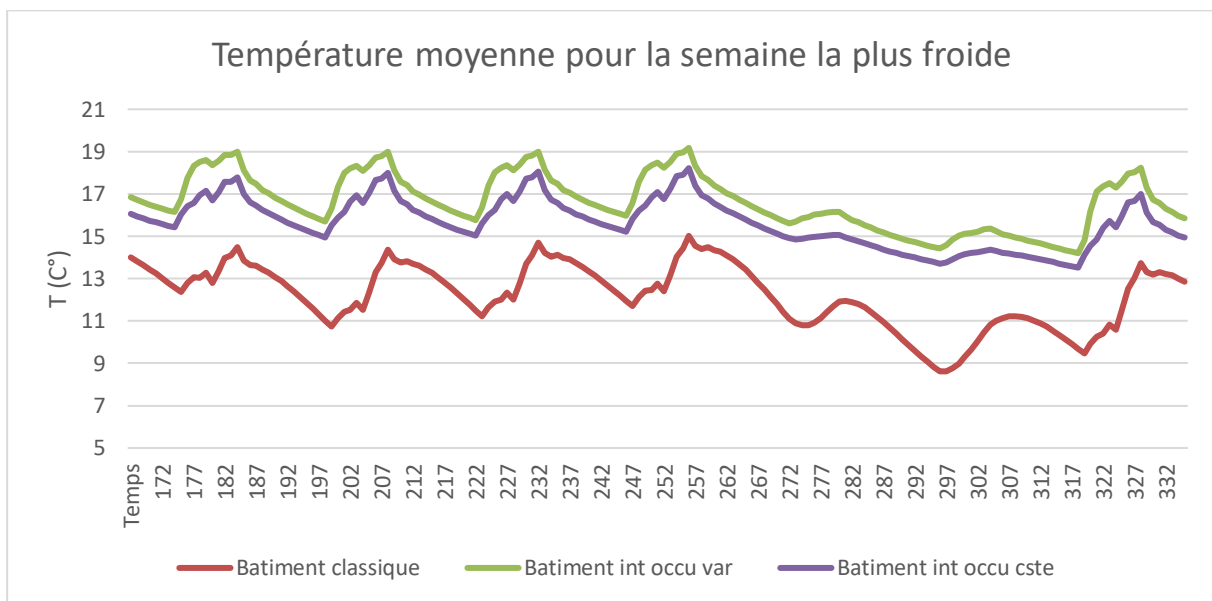
**Figure 55** La consommation du chauffage et climatisation pour la maison intelligente avec une occultation variable avec isolant de 10cm et en simple vitrage.



**Figure 56** La consommation annuelle du chauffage et climatisation pour les différents types.



**Figure 57** La consommation annuelle totale du chauffage et climatisation.



**Figure 58** La température de la semaine la plus froide pour les trois types des bâtiments.



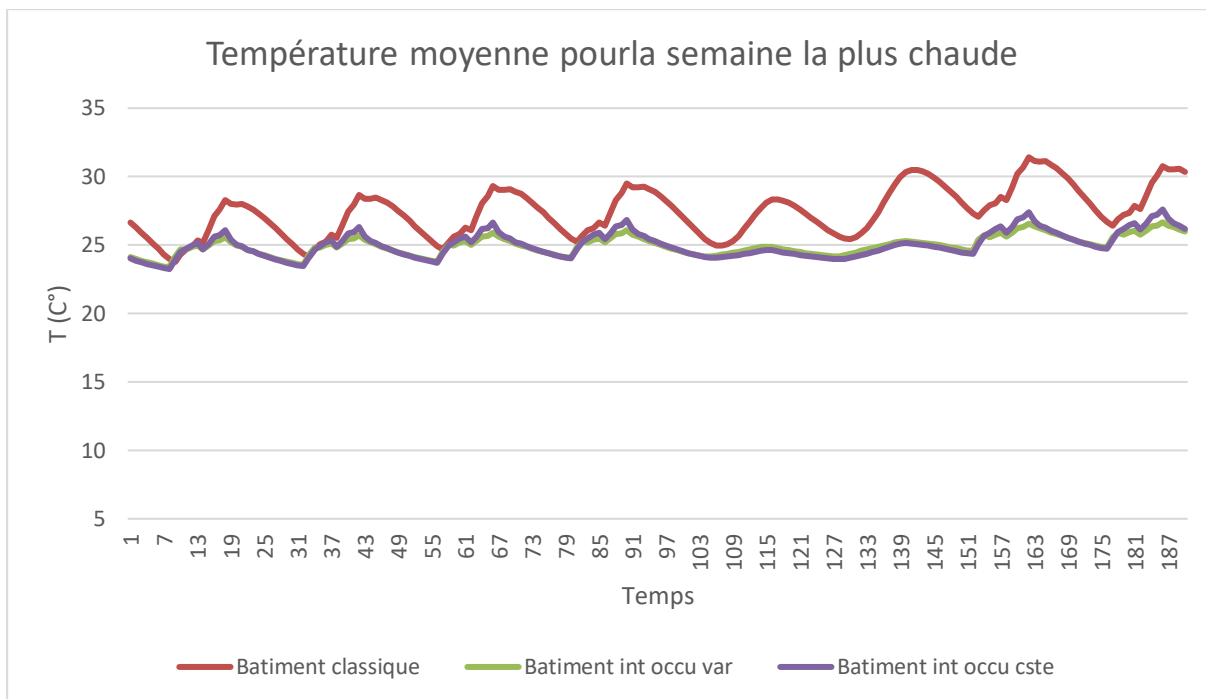


Figure 59 La température de la semaine la plus chaude pour les trois types des bâtiments.

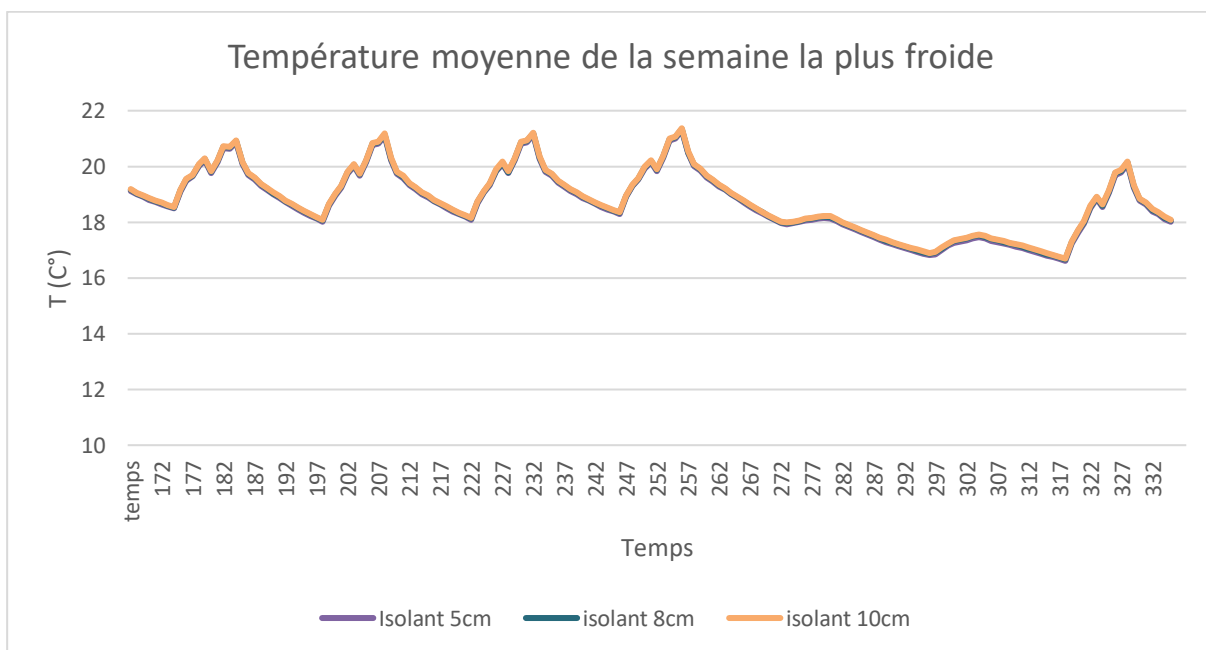
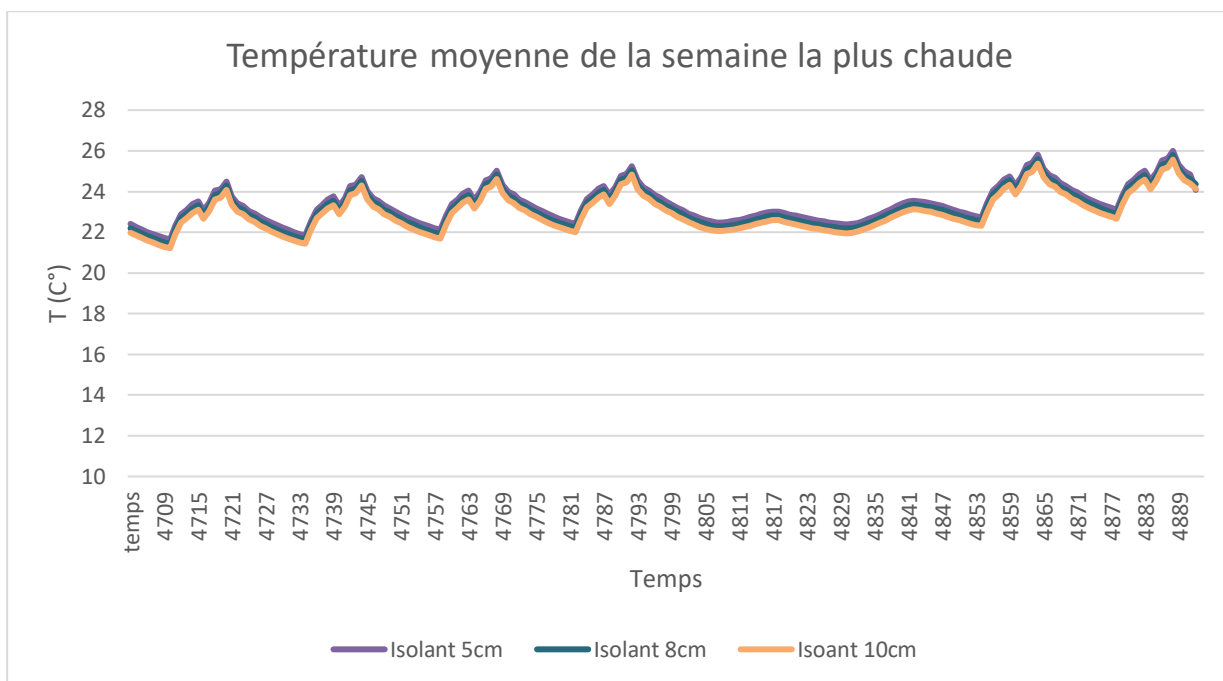
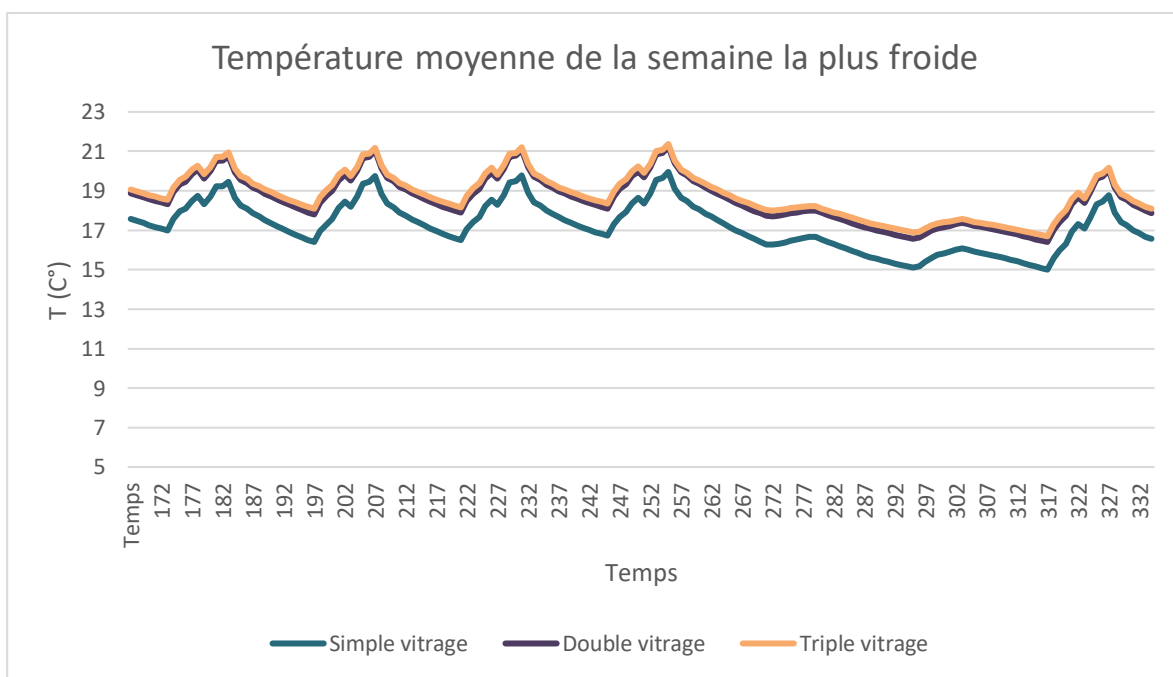


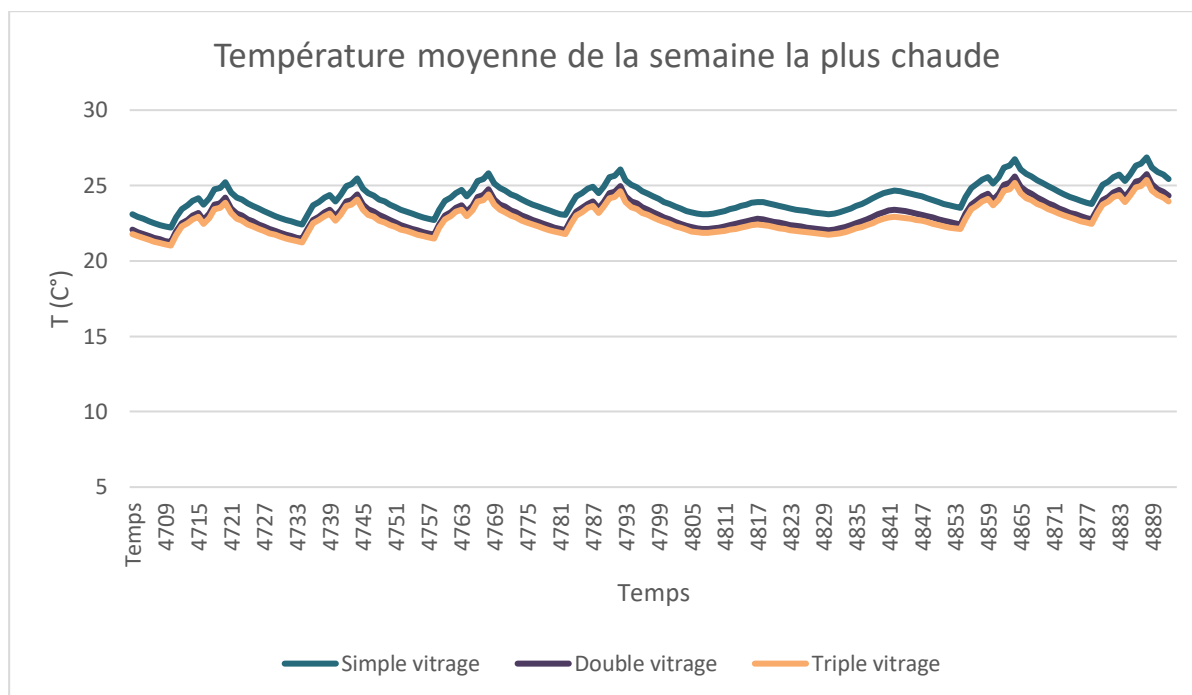
Figure 60 La température de la semaine la plus froide pour le bâtiment intelligent avec les différentes épaisseurs d'isolant.



**Figure 61** La température de la semaine la plus chaude pour le bâtiment intelligent avec les différentes épaisseurs d'isolant.



**Figure 62** La température de la semaine la plus froide pour le bâtiment intelligent avec un isolant de 10cm et des différents types de vitrage.



**Figure 63** La température de la semaine la plus chaude pour le bâtiment intelligent avec un isolant de 10cm et des différents types de vitrage.

## 6. Interprétations et discussion des résultats

- D'après la figure 48, on remarque que la consommation du chauffage dans la période hivernale est plus grande que la consommation de la climatisation pendant la période estivale ce qui explique que notre bâtiment est situé dans une zone froide par rapport au climat algérien, donc cet histogramme montre que notre maison a un climat méditerranéen.

Dans la période hivernale le mois le plus consommateur d'énergie est le mois de janvier en le comparant aux autres mois de cette période. Par ailleurs pendant la période estivale la consommation est moins élevée que celle de la période hivernale, on observe aussi que le mois qui consomme le plus est le mois d'Aout.

- On constate pour la figure 49 que la consommation du chauffage du bâtiment intelligent avec une occultation constante représente la moitié de la consommation du bâtiment classique en hiver, ainsi que la consommation de la climatisation en été est trois fois moins que celle de l'autre bâtiment.

- Figure 50, d'après cet histogramme on peut comparer entre les deux cas du bâtiment intelligent, on remarque que la consommation dans le cas d'une occultation variable est moins consommable par rapport à celle avec l'occultation constante donc la maison la plus fiable est la maison intelligente avec une occultation variable.

- D'après les figures 51,52 et 53, on observe une diminution de la consommation du chauffage et climatisation lorsque on a ajouté un isolant avec des différentes épaisseurs par

rapport au bâtiment intelligent sans isolation, plus l'épaisseur est élevée la consommation diminue.

- Figures 53,54 et 55, on constate de ces trois graphes l'influence de types de vitrages sur la consommation, l'utilisation de simple vitrage cause une augmentation remarquable par rapport aux autres types malgré l'existence de l'isolant le plus fiable donc on peut dire que c'est le type le plus défavorable.

- Selon les figures 56 et 57, on peut déduire qu'il y'a une différence importante des besoins annuels en chauffage et climatisation entre le bâtiment classique et le bâtiment intelligent, et aussi une différence entre les deux cas de cette dernière qui est estimée à un rapport de 1%. Dans le cas d'isolation avec des différentes épaisseurs le rapport entre chaque épaisseur est estimé à 1%. Pour les types de vitrage le rapport entre eux est estimé à 1%.

- Selon les graphes des figures 58 et 59 on peut constater que la température du bâtiment classique est moins élevée (15°) pendant la semaine la plus froide de l'année par rapport à celle du bâtiment intelligent avec occultation constante (18°) et cette dernière est moins élevée que celle du bâtiment intelligent avec une occultation variable (19°) qui est la plus proche à la zone de confort. On observe que la température du bâtiment classique est plus élevée 32° (très chaude, hors zone de confort) en la comparant au bâtiment intelligent avec occultation constante et variable 26° qui sont dans la zone de confort.

- D'après les figures 60 et 61, dans la semaine la plus froide les températures sont identiques (21°), l'isolant a joué son rôle et le bâtiment est plus dans la zone de confort.

On a obtenu les mêmes résultats pour la semaine la plus chaude pour le bâtiment intelligent avec des différentes épaisseur d'isolation, les températures sont presque identiques (25°) zone de confort.

- Les figures 62 et 63, on déduit de ces graphes que la température la plus élevée dans la semaine la plus froide est celle du triple vitrage estimé à (21°) et c'est le cas le plus favorable en revanche la température est plus basse lors de l'utilisation de simple vitrage du simple vitrage (19°).

Pour la semaine la plus chaude on observe que la température la plus élevée est celle de simple vitrage (27°) hors la zone de confort contrairement au cas du triple vitrage qui nous a permis d'obtenir une températures moins basse (25°) qui est dans la zone de confort.

### • Discussion

D'après les simulations faites on constate plusieurs observations parmi eux l'occultation variable influe sur les besoins énergétiques, les isolants utilisés dans le bâtiment intelligent en pour rôle de réduire la consommation énergétique du bâtiment jusqu'à la moitié par rapport au bâtiment classique qui contient un seul isolant « lame d'air » dans les murs extérieurs. Le polystyrène qui est considéré comme l'un des isolant les plus fiable par rapport aux qualité prix et disponibilité donc l'inertie thermique d'isolant joue un grand rôle dans la minimisation de la consommation énergétique. Malgré on a pu minimiser plus la consommation grâce au polystyrène mais aussi la variation des épaisseurs d'isolant nous a permis de réduire 1% des besoins, donc plus l'isolant est épais la consommation diminue.

Malgré l'emplacement des grandes fenêtres au côté Nord qui nous a causé des déperditions l'influence de vitrage sur la consommation est remarquable donc on peut dire que le triple vitrage est le plus favorable par rapport aux autres types (simple et double).

En fin, on conclut que pour un bâtiment plus confortable et économique il est préférable d'utiliser une occultation variable, le polystyrène avec une épaisseur de 10 cm et des fenêtres en triple vitrages.

**Chapitre 03**  
**Intégration des panneaux photovoltaïques et**  
**dimensionnement**

## 1. Introduction

L'intégration des énergies renouvelables dans l'habitation permet à réaliser un des principes de conception bioclimatique et minimiser l'utilisation des énergies fossile pour avoir des maisons plus écologiques

L'énergie solaire photovoltaïque est en passe de devenir une source majeure d'électricité dans le monde. Alor pour délivrer l'électricité à partir de cette énergie, il faut installer des systèmes solaires photovoltaïque qui besoin d'une étude précise et approfondi.

L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères l'un de ces critères est le dimensionnement d'un système photovoltaïque qui est effectué par des logiciels qui sont évoluées dernièrement tel que le « PVsyst ».

Dans ce chapitre on va présenter une installation PV avec ce logiciel pour alimenter un bâtiment intelligent qui est un local à usage de bureau, situé au sein du Centre National de l'Etude et de la Recherche Intégrée du Bâtiment à SOUIDANIA-Alger

## 2. Dimensionnement d'un système photovoltaïque

Le dimensionnement d'une installation solaire PV est effectué par deux méthodes soit manuellement à l'aide des formules définis, mais il reste une installation qui manque de fiabilité soit par logiciel pour offrir une étude de projet de haute précision

### 2.1. Présentation de logiciel PVsyst

C'est un logiciel d'étude, de simulation de systèmes photovoltaïques et de dimensionnement de panneaux solaires permettant d'obtenir diverse informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et le coût de l'installation, la surface nécessaire, ou la production annuelle d'énergie. Un mode avancé permet d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète. Il est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est aussi un outil pédagogique très utile

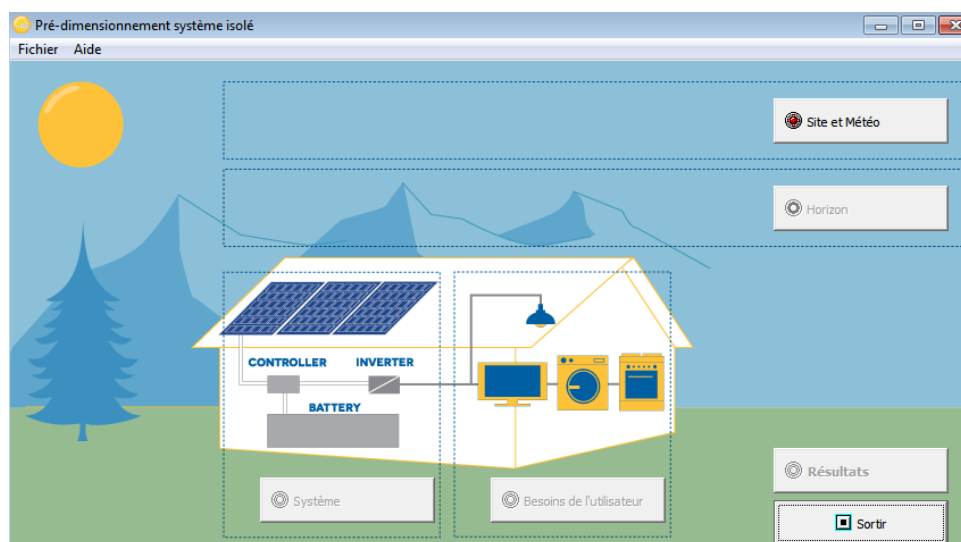


Figure 64 interface de logiciel PVsyst (V6.81).

Le logiciel comprend principalement deux modes de fonctionnement. Le premier est une application de pré dimensionnement effectuée ses calculs pour un cas très général, Le deuxième est Conception de projet qui permet une étude beaucoup plus approfondie et prend en compte beaucoup plus de paramètres. Pour chacun des deux modes, le principe est le même on donne la localisation géographique de l'installation, puis on entre les données concernant l'installation. Vient ensuite une partie résultats où l'on choisit les données qui nous intéressent. Trois menus principaux pour le logiciel comprend aussi deux autres menus pour le fonctionnement de ce logiciel sont les outils de validation et de vérification d'installations existantes et une base de gestion de données météo et composants

### ➤ Pré-dimensionnement

Pour une étude rapide et simple : on donne une location et un système puis le logiciel calcule quelques paramètres de pré dimensionnement ainsi qu'un graphe de production énergétique annuelle, un graphe d'irradiation par mois, un tableau récapitulatif et une étude de coût. Cette option oblige tout d'abord le choix de type d'installation : connecté au réseau, déconnecté du réseau (systèmes isolés avec batteries) ou système de pompe solaire.



**Figure 65** Fenêtre centrale d'accueil d'option « pré-dimensionnement d'un système isolé avec batteries ».

### ➤ Conception de projet

On choisit le type d'installation : connecté au réseau, déconnecté du réseau, système de pompe solaire ou connecté à un réseau continu.

On aura plus d'étapes : choix du projet et de ses variables, orientation du panneau solaire, définition de l'horizon ombre lointaines et des ombres proches (qui sont facultatives, mais si on utilise la définition des ombres proches, il n'est pas très important de s'attarder sur le positionnement (inclinaison et azimut) du panneau car on pourra le modifier dans la définition des ombres proches), définition du système et enfin résultats.



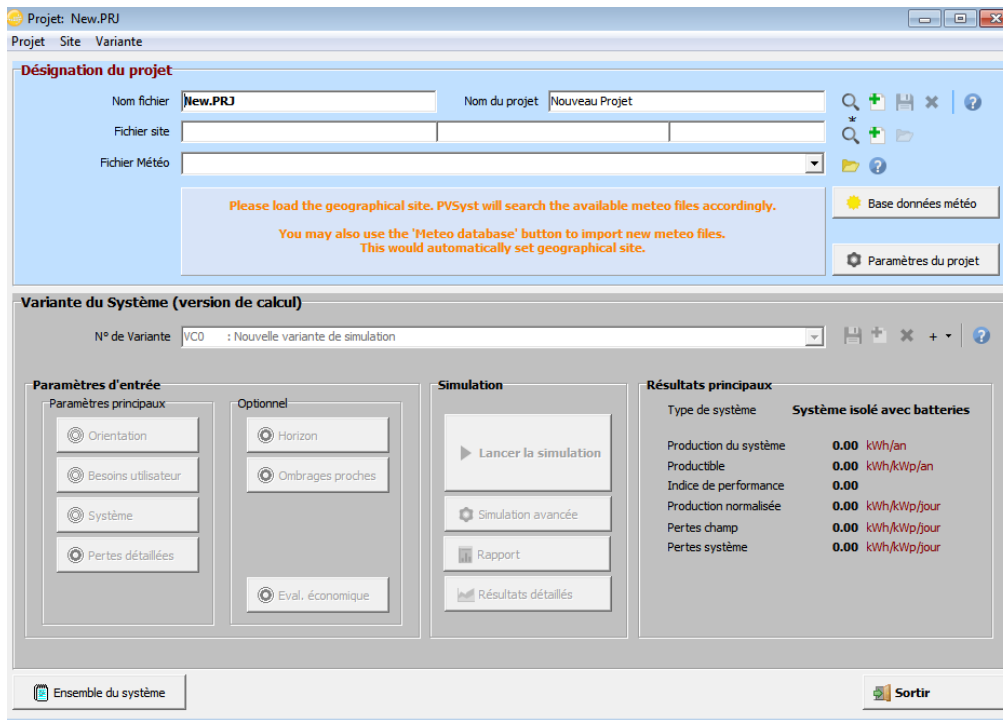


Figure 66 Fenêtre centrale accueil d'option « Conception de projet isolée avec batterie s ».

Une fois que tous les paramètres sont correctement entrés, on fait la simulation. Avant de lancer la simulation, on peut choisir les données qui seront écrites dans un fichier PDF à la fin de la simulation. Pour choisir ces variables, on peut aussi choisir d'afficher n'importe quel type de graphe. Après la simulation, on peut accéder à toutes les données principales, et à d'autres : graphes, graphes personnalisés, tableau personnalisés, données économique et le rapport au format PDF

➤ **Base des données**

Permet de saisir des données météorologiques, de comprendre le fonctionnement d'un tel système et de définir les composants photovoltaïques ou il a la Possibilité de définir ces prix, et de les répercuter directement dans l'évaluation économique.

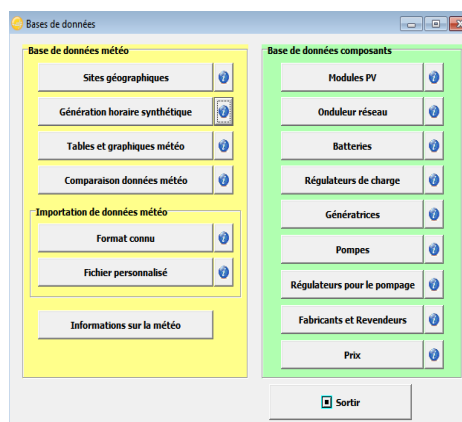


Figure 67 Fenêtre centrale accueil d'option «base des donnée».

### 3. Cas d'étude (dimensionnement avec PVSYST)

Pour alimenter le bâtiment intelligent qui est un local à usage de bureau, premièrement on a ajouté le site géographique Soudania Alger dans la base des données puis on a choisi la conception de projet pour sélectionner le type d'installation déconnecté du réseau isolé avec batterie.

Les étapes suivantes représentent la démarche du dimensionnement :

#### 3.2. Données géographique

Paramètres du site géographique pour soudania\_MN72.SIT

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle | Carte interactive

**Lieu**

Nom du site: Soudania

Pays: Algérie | Région: Afrique

Obtenir depuis les coordonnées

**Coordonnées Géographiques**

Trajectoires du soleil

	Decimal	Deg.	min.	sec.	
Latitude	36.7080	[°] 36	42	28	(+ = Nord, - = Hemisph. Sud)
Longitude	2.9126	[°] 2	54	45	(+ = Est, - = Ouest de Greenwich)
Altitude	136	M au-dessus du niv. de la mer			
Fus. horaire	1.0	Correspondant à une différence moyenne			
Temps Légal - Temps Solaire = 0h 48m					

Obtenir depuis le nom

**Importation météo**

- Meteornorm 7.2
- NASA-SSE
- PVGIS TMY
- NREL / NSRDB TMY

Importer

**E/S tableaux (Excel)**

Importer

Exporter la ligne

Exporter la table

Nouveau Site | Imprimer | Fermer

Figure 68 Données géographiques du site Soudania.

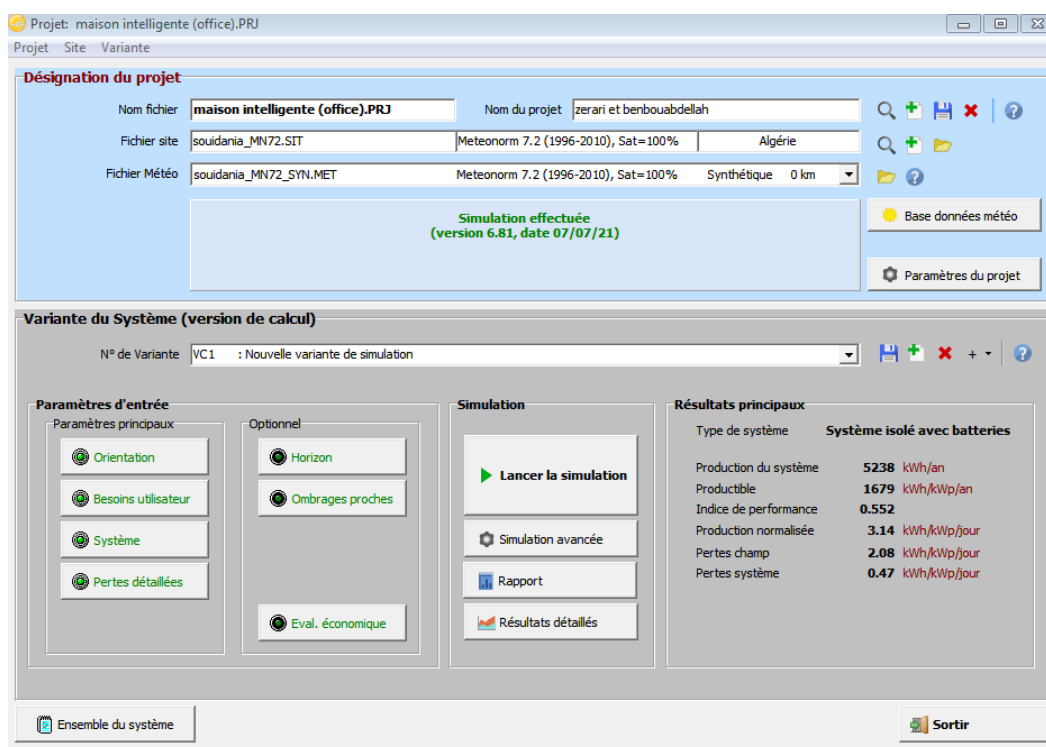


Figure 69 Fenêtre centrale d'accueil « isolation avec batterie ».

### 3.3. Orientation :

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

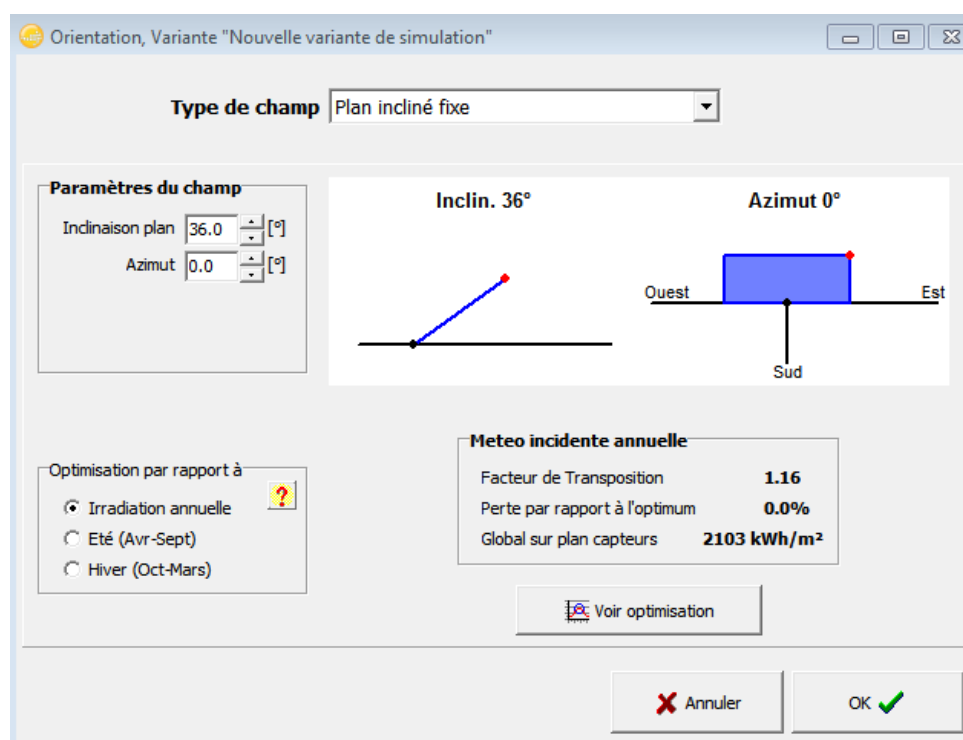


Figure 70 Angle d'orientation des panneaux.

### 3.4. Besoin d'utilisateur

#### 3.4.1. Choix des appareils

- Lampe :

Pour déterminer avec précision le nombre lampe par pièce, il existe une unité qui mesure l'éclairement lumineux 'le lux' pour déterminer le flux lumineux reçu pour une unité de surface donnée. Il est calculé de la façon suivante :

$$\text{l'éclairement lumineux} = \frac{\text{flux lumineux (lm)}}{\text{la surface (m}^2\text{)}}.$$

Une fois le nombre de lux nécessaire déterminé, il suffit d'inverser la formule précédente pour convertir le nombre de lux en lumen (lm = lux x m<sup>2</sup>). Il vous suffit de diviser le total de lumen nécessaire pour une pièce par la quantité de lumen émise par une lampe pour trouver le nombre de lampe par pièce

Le nombre de lux nécessaire pour l'éclairage optimal d'un espace dépend de sa surface et sa fonction.

Le besoin d'un éclairage d'une zone de travail de bureaux 200 lux, salle de conférence 500 lux, couloirs et escaliers 100 lux, salle d'eau 200 lux.

Exemple : Une salle de conférence de 41.31 m<sup>2</sup> a besoin de 500 lux.

Le nombre de lumens nécessaire est donc de 41.31 m<sup>2</sup> x 500 lux soit 23155 Lumens.

Ampoules Incandescentes en Watts	Equivalence LED en Lumens	Equivalence LED en Watts
25W	250lm	4-9W
40W	450lm	9-13W
60W	800lm	13-15W
75W	1110lm	18-25W
100W	1600lm	23-30W
125W	2000lm	32-40W
150W	2600lm	40-45W

**Figure 71** Présentation de la puissance des différentes lampes.

D'après ce tableau qui représente les différentes puissances des lampes on a pu choisir les lampes idéales pour chaque pièce.

Pour obtenir 23155 Lumens, il faudra 9 lampes LED E27 produisant chacune 2600 Lumens qui sont l'équivalent de 40W.

- Moteur volets roulant :

Le choix des moteurs des volets roulants dépend du type, surface et poids (1m<sup>2</sup> PVC pèse 6 kg) des volets utiliser

Dans notre cas on a cinq fenêtre de type pvc quatre ont des surfaces identiques de 2.25m<sup>2</sup> et une de 1.8 m<sup>2</sup> on calcule d'abord le poids de chaque volet :

$$P_{\text{volet1}} = \frac{6 \cdot 2.25}{1} = 13.5 \text{ kg}, P_{\text{volet2}} = \frac{6 \cdot 1.8}{1} = 10.8 \text{ kg}$$

Les puissances des moteurs dépendent du poids de chaque volet

Puissance moteur (w)	Poids max des volets (Kg)
5	11
6	12
10	18
15	55

**Tableau 12** Puissance des moteurs des volets roulants.

Nombre	Appareils	Puissance	Durée d'utilisation/jour
9	Lampes LED E27	40 W	8h
4	Lampes LED E27	30W	8h
3	Lampes LED E27	13W	8h
4	Lampes LES E27	15W	8h
15	PC ordinateurs	30W	7h
2	Ordinateurs bureaux	80W	6h
1	Imprimante	800W	1h
1	Cafetière	1000W	1h
5	Chargeurs	5W	2h
1	Data-show	200W (0.28W en veille)	2h
1	Réfrigérateur	0.3KWh	24h
8	Moteurs volets roulant	10W	1h
2	Moteurs volets roulant	6W	1h

**Tableau 13** Besoins des utilisateurs.

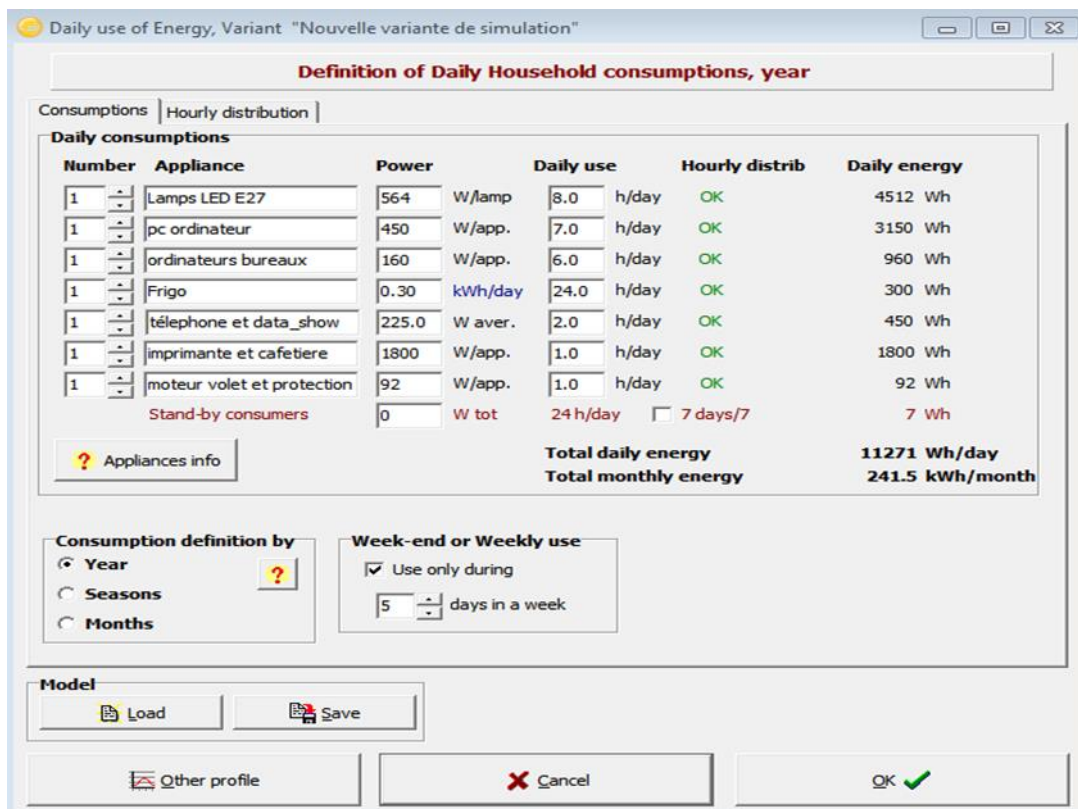


Figure 72 La consommation énergétique des appareils.

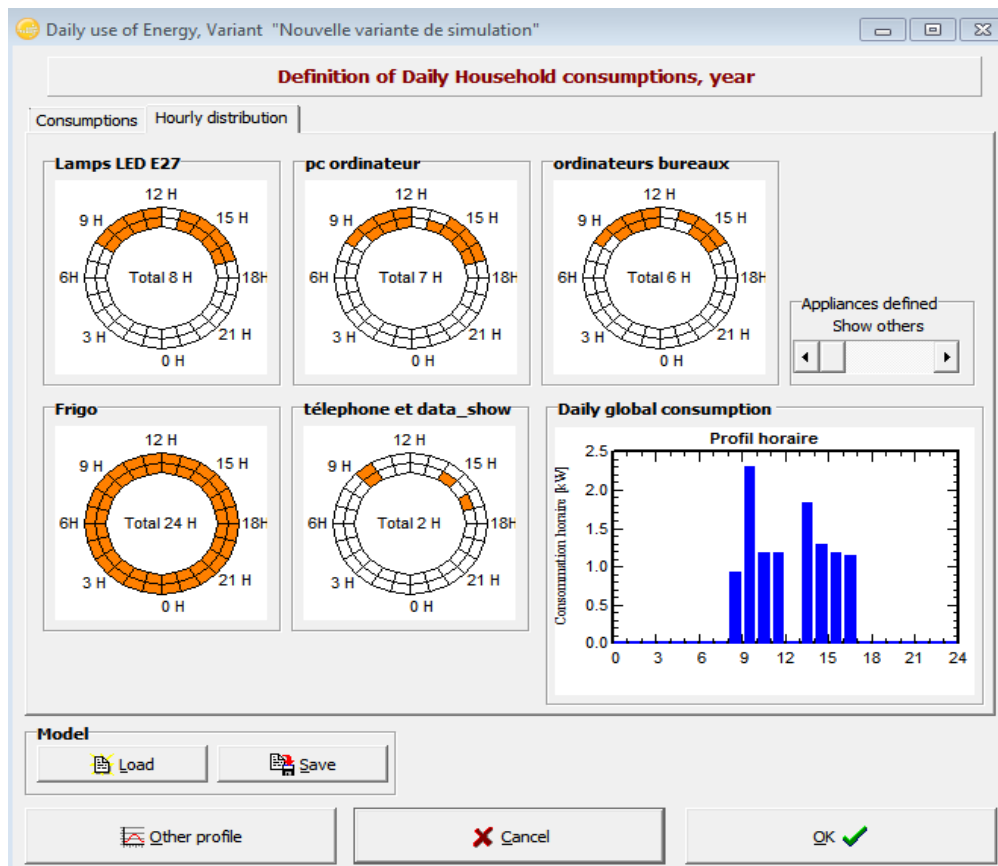


Figure 73 L'utilisation horaire de chaque appareils.

### 3.5. Système de stockage

En choisissant le modèle de la batterie le programme propose le nombre nécessaire de batterie en série et en parallèle.

**Besoins utilisateur spécifiés** | Suggestions de pré-dimensionnement | Résumé du système

Besoins jour. moyens Déf. la PLOL acceptable 5.0 %  
 8.1 kWh/jour Déf. l'autonomie requise 4.0 jour(s)

Tension batterie (et utilis.) 48 V  
 Capacité conseillée 1105 Ah  
 Puissance PV conseillée 2141 Wc (nom.)

**Procédure**

Les suggestions de pré-dimensionnement sont basées sur la météo mensuelle, et les besoins de l'utilisateur

1. - Pré-dimensionnement Définissez les conditions de pré-dimensionnement (PLOL, autonomie, tension batterie)
2. - Stockage Définissez le pack de batteries (les cases défaut approchent les suggestions du pré-dimensionnement)
3. - Conception champ PV Définissez le champ PV (Module PV et mode de contrôle). Conseil: commencez avec un régulateur universel !
4. - Appoint Définissez une éventuelle génératrice d'appoint.

**Définissez le pack de batteries**

Trier les batteries selon  tension  capacité  fabricant

Rolls 8 V 681 Ah Pb Sealed Plates 8-CS-25PS

Pb-acide

6	<input checked="" type="checkbox"/>	batteries en série	Nombre de batteries	12	Tension du pack batteries	48 V
2	<input checked="" type="checkbox"/>	batteries en parallèle	Nombre d'éléments	48	Capacité globale	1362 Ah
100.0		Etat d'usure initial (nb. de cycles)			Energie stockée (80% DOD)	52.3 kWh
100.0		Etat d'usure initial (statique)			Poids total	1608 kg
					Nbre de cycles à 80% DOD	1984
					Energie totale stockée durant la vie de la batterie	115 MWh

**Température batterie en opération**

Mode tempér. Fixée (local tempéré)

Température fixée 20 °C

La température est importante pour la durée de vie de la batterie. Une augmentation de 10 °C diminue la durée de vie "statique" d'un facteur 2.

Annuler OK

Figure 74 Paramètres de choix de batterie et le nombre nécessaire.

### 3.6. Le champ photovoltaïque

D'abord il faut choisir un module PV pour obtenir le nombre de module nécessaire pour l'installation :

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

Besoins utilisateur spécifiés | Suggestions de pré-dimensionnement | Résumé du système

Besoins jour. moyens Déf. la PLOL acceptable 5.0 % ?  
 8.1 kWh/jour Déf. l'autonomie requise 4.0 jour(s) ?

Tension batterie (et utilis.) 48 V ?  
 Capacité conseillée 1105 Ah  
 Puissance PV conseillée 2141 Wc (nom.)

Pré-dimens. détaillé

---

Stockage | Champ PV int | Appoint | Schéma simplifié

Nom et orientation du sous-champ  
 Nom Champ PV int  
 Orient. Plan incliné fixe Incinaison 36° Azimut 0°

Aide au dimensionnement  
 Pas de prédim. Entrez Pnom désirée 2.6 kWp  
 ... ou surface disponible 0 m2

Sélection du module PV  
 Tous les modules Tri modules par  Puissance  Technologie  
 Yingli Solar 260 Wp 26V Si-poly YL260P-29b Since 2015 Manufacturer 201 Ouvrir

Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) 26.1 V  
 Voc (-10°C) 42.6 V

Choisissez le mode de régulation, et le régulateur  
 Régulateur universel Tous les fabricants Convertisseur de puissance MPPT  
 Courants max. de charge - décharge  
 Mode d'opération  
 Couplage direct  
 Convertisseur MPPT  
 Convertisseur DCDC  
 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:  
 Mod. en série 2  Pas de contrainte  
 Nb. chaînes 4  entre 5 et 7

Nbre modules 8 Surface 13 m<sup>2</sup>

Conditions de fonctionnement:  
 Vmpp (60°C) 52 V  
 Vmpp (20°C) 63 V  
 Voc (-10°C) 85 V  
 Irradiance plan 1000 W/m<sup>2</sup>  
 Imp (STC) 33.8 A  
 Isc (STC) 36.4 A  
 Isc (at STC) 36.0 A

Puiss. max. en fonctionnement 1.9 kW  
 à 1000 W/m<sup>2</sup> et 50°C  
 Puiss. nom. champ (STC) 2.1 kWp

Annuler OK

Figure 75 Choix du module PV et le nombre nécessaire pour l'installation.



### ➤ Schéma simplifié

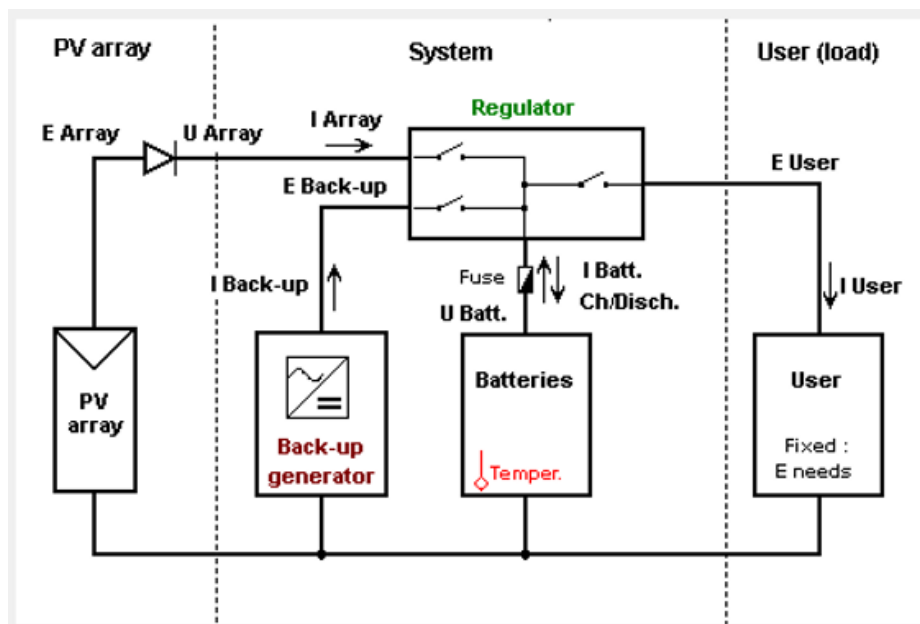


Figure 76 Un schéma simplifié de l'installation.

### 3.7. Lancement de la simulation

La dernière étape est le lancement la simulation dont on obtient tous les détails de cette simulation.

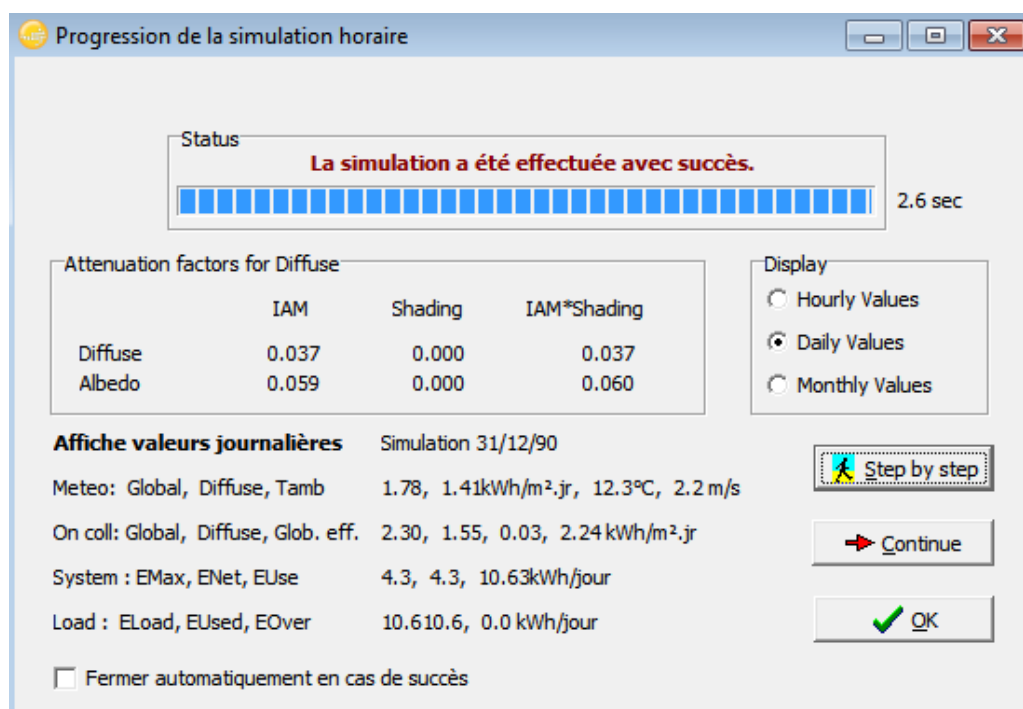


Figure 77 Le lancement de la simulation.

#### 4. Résultats et discussion de la simulation

Après la configuration de toutes les étapes de la simulation ; un rapport de cette dernière est réalisé automatiquement avec tous les résultats nécessaires sous forme de tableaux et de figures. La (figure 78) ci-dessous représente les principaux paramètres de l'installation.

Principaux paramètres système	Type de système	Système isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs	inclinaison	36°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL260P-29b	Pnom 260 Wc
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2080 Wc</b>
Batterie	Modèle	8-CS-25PS	Technologie Pb-acide, scellée, plaques
Pack de batteries	Nombre d'unités	12	Tension / Capacité <b>48 V / 1362 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2942 kWh/an

**Figure 78** Les principaux paramètres du systèmes.

La (figure 79) présente les informations suivantes :

- Champ PV : Constitué de huit modules (2 en série et 4 en parallèle), avec une surface de 13 m<sup>2</sup> et de puissance de 2080 Wc à 50°C (dans les conditions de fonctionnement).
- Batteries : Un parc de batteries composé de 6 batteries en séries en 2 en parallèle, avec une tension de 48V et de capacité nominale de 1362Ah.

Caractéristiques du champ de capteurs			
<b>Module PV</b>	Si-poly	Modèle	<b>YL260P-29b</b>
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Yingli Solar
Nombre de modules PV		En série	2 modules
		En parallèle	4 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8
		Puissance unitaire	260 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	<b>2080 Wc</b>
		Aux cond. de fonct.	1856 Wc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	55 V
		I mpp	34 A
Surface totale		Surface modules	<b>13.0 m<sup>2</sup></b>
		Surface cellule	11.7 m <sup>2</sup>
Paramètres du système			
	Type de système	<b>Système isolé</b>	
<b>Batterie</b>		Modèle	<b>8-CS-25PS</b>
		Fabricant	Rolls
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	6 en série x 2 en parallèle
		Tension	48 V
		Capacité nominale	1362 Ah
	Décharge: min. SOC	20.0 %	Energie stockée 52.3 kWh
	Température	Fixée (20°C)	

**Figure 79** 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 8.1 kWh avec un pic journalier de 2300W ainsi que d'autres informations relatives au système étudié sont détaillés dans le tableau de (la figure 80).

Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 8.1 kWh/jr

Valeurs annuelles

Utilisation 5 jours par semaine	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie
Lamps LED E27	1	564 W/lampe	8 h/jour	4512 Wh/jour
pc ordinateur	1	450 W/app	7 h/jour	3150 Wh/jour
ordinateurs bureaux	1	160 W/app	6 h/jour	960 Wh/jour
Frigo	1		24 Wh/jour	300 Wh/jour
téléphone et data_show	1		2 Wh/jour	450 Wh/jour
imprimante et cafetiere	1	1800 W tot	1 h/jour	1800 Wh/jour
moteur volet et protection solaire	1	92 W tot	1 h/jour	92 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	7 Wh/jour
<b>Energie journalière totale</b>				<b>11271 Wh/jour</b>

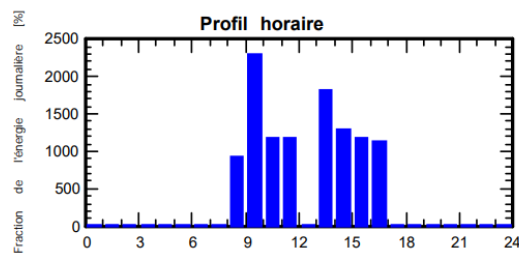


Figure 80 La consommation journalière est le profil horaire.

D'après les résultats du tableau de la (figure 81) on voit bien l'énergie produite par du champ PV, l'énergie totale du besoin et l'excès d'énergie. Ainsi que l'indice de performance (Performance Ratio) est le rendement de globale du système défini par le rapport de rendement réel du système par le rendement nominale du système tel que :

$$PR = \text{rendement réel du système} / \text{rendement nominale du système}$$

Dont l'indice de performance est estimé à : **66.13 %**

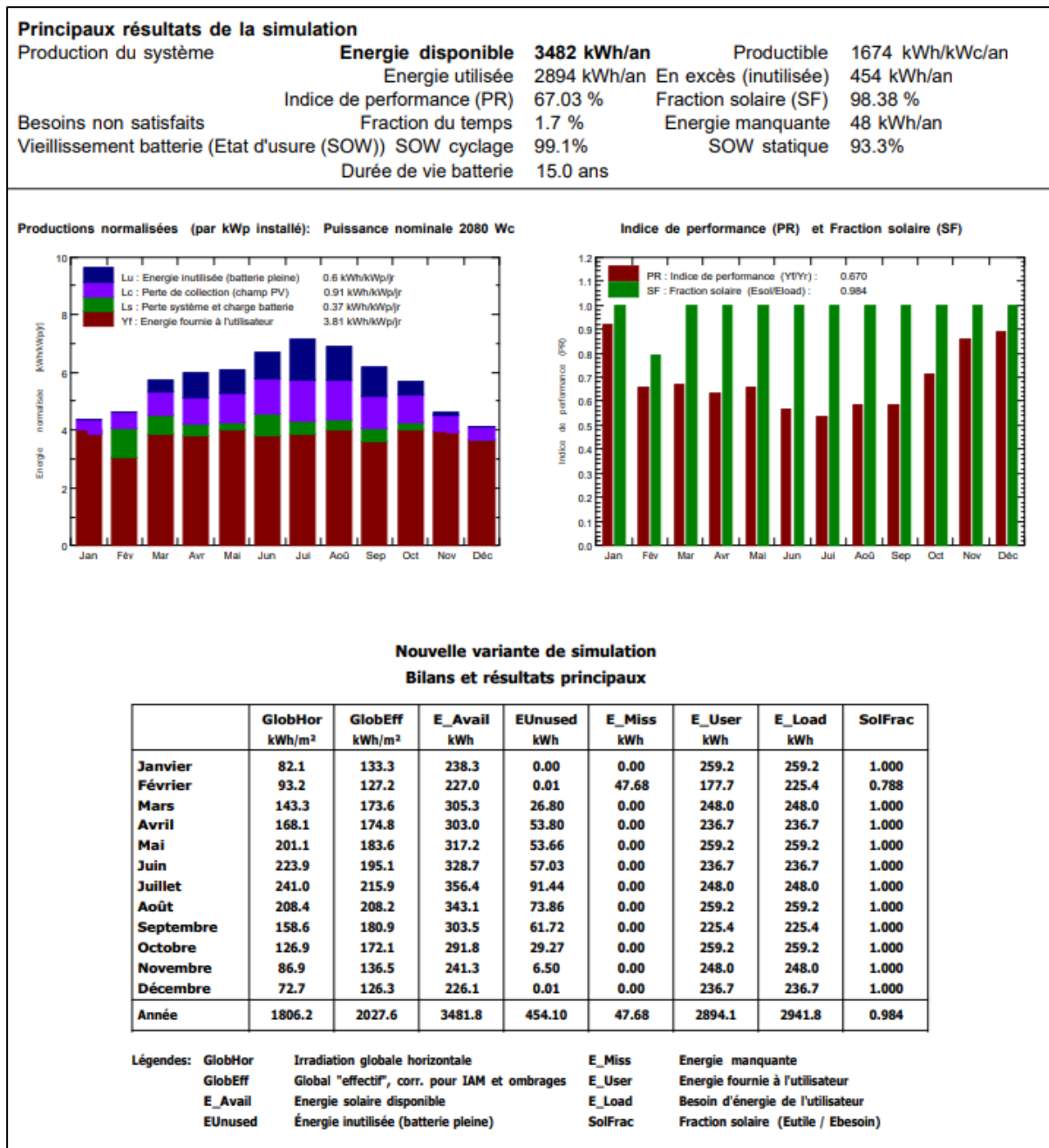


Figure 81 Rapport de résultats principaux.

À partir de la (figure 82) ci-dessous, 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 2942 kWh.

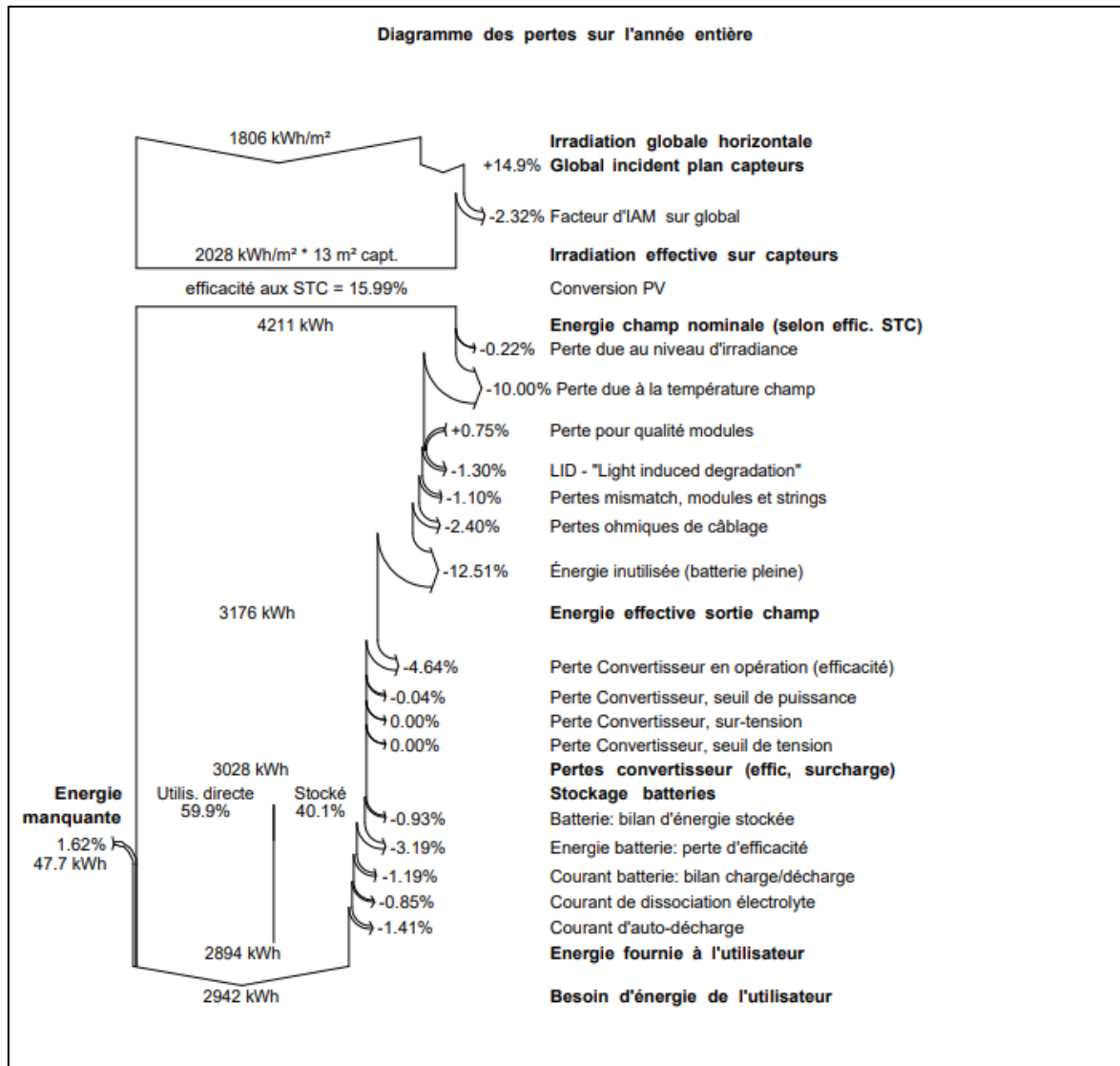


Figure 82 Diagramme des pertes sur toute l'année.

## 5. Dimensionnement avec le calcul analytique

En utilisant cette méthode on peut obtenir des résultats de dimensionnement plus précis, donc en prenant les mêmes caractéristiques des panneaux et des batteries on peut calculer le nombre nécessaire de chaque élément.

### 5.1. Calcul de la puissance crête

La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation. On la calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_C = \frac{E_b * P_i}{E_i * P_r} \quad [Wc]$$

- $E_b$  : l'énergie consommée (besoin) par jour [kWh/J].

- $E_i$  : l'énergie journalière [kWh/m<sup>2</sup>/J]
- $P_i$  : puissance d'éclairage dans les conditions STC ( $P_i = 1 \text{ kW/m}^2$ ).
- $P_R$  : ratio performance %.

Pour calculer la puissance crête on doit d'abord calculer  $E_b$

Donc :

$$E_b = 9*4*8 + 4*3*8 + 3*13*8 + 4*15*8 + 15*30*7 + 2*80*6 + 800 + 1000 + 5*5*2 + 200*2 + 0.26*2 + 300 + 8*10 + 2*6.$$

$$E_b = 11390.16 \text{ Wh} = 11.39016 \text{ kWh.}$$

$$E_i = 8.1 \text{ kWh/m}^2/\text{J}.$$

$$P_R = 66.13\%.$$

$$P_c = \frac{11390.16 * 1000}{8.1 * 10^3 * 0.66}, P_c = 2130.59 \text{ Wc.}$$

D'après la valeur de la puissance crête on choisit la tension de la batterie

$$P_c < 2000 \text{ Wc, donc } V_{\text{Batt}} = 48 \text{ V.}$$

## 5.2. Calcul du nombre de panneaux

La puissance crête et la puissance unitaire du panneau nous permettent de déterminer le nombre de panneau nécessaire (les caractéristiques du panneau sont indiquées ci-dessus dans le dimensionnement avec le logiciel).

- Nombre de panneau nécessaire pour l'installation est exprimé par l'équation suivante :  $N_M = \frac{P_c}{P_u}$
- Le nombre de modules connectés en série :

$$N_s = \frac{V_{mch}}{V_{oc}},$$

$V_{MCH}$  : tension PV maximale total du champ, (100V).

$V_{OC}$  : la tension de circuit ouvert délivrée par un seul panneau photovoltaïque, (44.6V).

- Le nombre de modules connectés en parallèles s'exprime par :

$$N_p = \frac{I_{chn}}{I_{sc}}$$

$I_{CHN}$  : courant de charge nominale, (32.2A).

$I_{SC}$  : courant de court-circuit, (8.04A).

- Application numérique :

$$N_M = \frac{2130.59}{260}, N_m = 8.19.$$

On prend le nombre le plus proche qui est **8 panneaux**.

$$N_S = \frac{100}{44.6}, N_S = 2.24.$$

Nombre de module en série est **2 modules**.

$$N_P = \frac{32.2}{8.04}, N_P = 4.00$$

Nombre de panneau en parallèle est **4 modules**.

### 5.3. Calcul de nombre de batterie

Le dimensionnement d'un parc de batteries procède les étapes suivantes :

- Calculer l'énergie consommée ( $E_c$ ) par les différents appareils.
- Déterminer le nombre de jours d'autonomie nécessaires.
- Déterminer la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.
- Calculer la capacité ( $C$ ) de la batterie en appliquant cette formule

$$C_{ch} = \frac{N_j * E_b}{V_{batt} * P_d * K_t} \quad [Ah]$$

- Nombre de batteries en séries :

$$N_S = \frac{V_{ch}}{V_{batt}}$$

$V_{CH}$  : tension du champ, (48V).

$V_{BATT}$  : la tension de la batterie, (8V).

- Nombre de batterie en parallèles :

$$N_P = \frac{C_{ch}}{C_{batt}}$$

$C_{CH}$  : capacité totale du champ de batteries associées à toute l'installation photovoltaïque.

$C_{BATT}$  : capacité d'une batterie, (681Ah).

- Application numérique :

D'abord toutes les valeurs sont prises des caractéristiques de batterie choisie dans le dimensionnement avec logiciel.

- Autonomie de batterie = 4 Jour.
- Profondeur de décharge = 0.65.
- Coefficient de température ( $k_t$ ) = 1.

Capacité du champ de batterie :

$$C_{ch} = \frac{4 \cdot 11390.16}{48 \cdot 0.65 \cdot 1}, C_{ch} = 1460.27 \text{ Ah.}$$

$$N_S = \frac{48}{8}, N_S = 6.$$

Nombre de batterie connecté en série est **6 batteries**.

$$N_P = \frac{1460.27}{681}, N_P = 2.17.$$

Nombre de batterie connecté en parallèle est **2 batteries en parallèle**.

Nombre total des batteries =  $N_S \cdot N_P$

$$N_{BATT} = 6 \cdot 2, N_{BATT} = 12.$$

Donc le nombre de batterie total nécessaire pour l'installation est **12 batteries**.

## 6. Discussion des résultats

Le logiciel PVSYST nous a permis de déterminer le nombre de panneau et de batterie nécessaire pour l'installation, ainsi que le calcul analytique. De là on a pu voir que les résultats sont très proches et presque les mêmes, on a remarqué aussi une petite différence dans certains paramètres et cela est due aux erreurs de mesure.

## 7. Alimentation des lampes et téléphones

Après la reconfiguration de toutes les étapes de la simulation en modifiant les appareils électriques (lampes et chargeur téléphone), un rapport de cette dernière est réalisé automatiquement avec tous les résultats nécessaires sous forme de tableaux et de figures. La (figure 83) ci-dessous représente les principaux paramètres de l'installation.

Principaux paramètres système		Type de système	Système isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs		inclinaison	30°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL260P-29b	Pnom 260 Wc
Champ PV		Nombre de modules	5	Pnom total <b>1300 Wc</b>
Batterie		Modèle	8-CS-25PS	Technologie Pb-acide, scellée, plaques
Pack de batteries		Nombre d'unités	3	Tension / Capacité <b>24 V / 681 Ah</b>
Besoins de l'utilisateur		Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 1665 kWh/an
<b>Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 4.6 kWh/jr</b>				
<b>Valeurs annuelles</b>				
	<b>Nombre</b>	<b>Puissance</b>	<b>Utilisation</b>	<b>Énergie</b>
<b>Lamps (LED or fluo)</b>	<b>1</b>	<b>564 W/lampe</b>	<b>8 h/jour</b>	<b>4512 Wh/jour</b>
<b>Téléphones</b>	<b>1</b>	<b>25 W/app</b>	<b>2 h/jour</b>	<b>50 Wh/jour</b>
<b>Energie journalière totale</b>				<b>4562 Wh/jour</b>

Figure 83 Les principaux paramètres du systèmes.



<b>Caractéristiques du champ de capteurs</b>			
<b>Module PV</b>	Si-poly	Modèle	<b>YL260P-29b</b>
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Yingli Solar
Nombre de modules PV		En série	1 modules
Nombre total de modules PV		Nbre modules	5
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	<b>1300 Wc</b>
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	27 V
Surface totale		Surface modules	<b>8.1 m<sup>2</sup></b>
		En parallèle	5 chaînes
		Puissance unitaire	260 Wc
		Aux cond. de fonct.	1160 Wc (50°C)
		I mpp	42 A
		Surface cellule	7.3 m <sup>2</sup>
<b>Paramètres du système</b>			
	Type de système	<b>Système isolé</b>	
<b>Batterie</b>		Modèle	<b>8-CS-25PS</b>
		Fabricant	Rolls
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	3 en série
		Tension	24 V
		Décharge: min. SOC	20.0 %
		Température	Fixée (20°C)
		Capacité nominale	681 Ah
		Energie stockée	13.1 kWh

**Figure 84** Les caractéristiques du champ PV et le système de batterie.

- Champ PV : Constitué cinq modules (1 en série et 5 en parallèle), avec une surface de 8m<sup>2</sup> et de puissance de 1300 Wc à 50°C (dans les conditions de fonctionnement).
- Batteries : Un parc de batteries composé de 3 batteries en séries, avec une tension de 48V et de capacité nominale de 681Ah.

## 8. Conclusion

Dans ce chapitre on a vu deux différentes méthodes du dimensionnement qui nous on permet d'avoir toutes les informations concernant l'installation des panneaux solaires. Le logiciel prend en compte tous les aspects : pertes, emplacement géographique...etc. Ceci a permis de faire une meilleure estimation des pertes qui peuvent affecter le rendement global. Par ailleurs le calcul analytique ne prend pas en compte tous ces aspects.

Pour minimiser le nombre de batterie on peut associe ce système a un réseau connecté et même pour alimenter les autres appareils à grande puissance.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

La recherche que nous avons élaborée avait pour objectif d'évaluer les performances énergétique d'un bâtiment intelligent et minimiser au maximum la consommation d'énergie en chauffage et climatisation. Afin d'arriver à réduire ces consommations et limiter l'impact du bâtiment sur l'environnement. On a proposé une utilisation des nouvelles technologies pour atteindre le but désirer, ainsi que l'utilisation de l'énergie solaires pour alimenter notre bâtiment en électricité.

Des généralités sur le bâtiment intelligent ont été présentés, tels que les solutions intelligentes et les composants intelligents, ce qui consiste à la compréhension de cette notion clé dans notre recherche et sa relation avec le développement durable et l'efficacité énergétique, et l'intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments.

La simulation thermique en régime dynamique réalisé avec le logiciel TRNSYS nous a permis de déterminer la consommation en chauffage et en climatisation pour plusieurs types de bâtiments et les comparer entre eux.

D'après les simulations effectuées on a obtenu plusieurs résultats qui nous ont montré que l'utilisation des matériaux innovant pour l'isolation thermique et le type de vitrage (triple) sont parmi les solutions les plus efficaces qui permettent une réduction notable des besoins énergétiques dans notre cas est noter par un rapport de 3% entre le bâtiment classique avec une isolation (lame d'air) et un bâtiment intelligent avec occultation variable. Ainsi que l'intégration d'une occultation variable comme une solution intelligente permet d'assurer un confort thermique plus fiable et diminuer les besoins de chauffage et climatisation avec un rapport de 1% entre l'occultation constante et variable pour le bâtiment intelligent.

De même l'utilisation de polystyrène dans le bâtiment intelligent avec une occultation variable permet de réduire un rapport de 1% par rapport au bâtiment intelligent sans isolant.

Le dimensionnement de l'installation des panneaux photovoltaïque fait réalisé avec le logiciel PVSYST nous a permis de déterminer comment effectuer toute l'installation en précisant le nombre de batterie et des panneaux nécessaire pour alimenter les appareils électriques du bâtiment on a confirmé ses résultats avec un calcul analytique malgré quelque valeur différente mais sont dus aux erreurs de mesure.

Les solutions proposées :

- L'Intégration des capteurs de luminosité pour diminuer la consommation énergétique de l'éclairage et même pour l'ouverture et la fermeture des volets roulants et protection solaire.
- L'utilisation des matériaux avec une inertie thermique plus élever.
- L'utilisation d'une pompe à chaleur pour le chauffage et le rafraîchissement dans les périodes estivale et hivernal.

Au terme de ce travail, il ressort que le confort thermique peut être atteint par un choix judicieux des matériaux de construction et une bonne politique architecturale de construction mais dans certain cas même la bonne étude ne peut pas subvenir nos besoins et nécessite l'intégration des installations de chauffage et le refroidissement.

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- [1] : « Innovations in dynamic architecture The Al-Bahr Towers Design and delivery of complex facades ». Journal of Facade Design and Engineering. Consulté en 2021, sur [researchgreat.com](http://researchgreat.com).
- [2] : Amira MEGUEHOUT Khawla DJEDDAI « APPORT DU BATIMENT INTELLIGENT DANS LA GESTION ». Université Mohamed Sedik Benyahia – Jijel. Département d'Architecture, mémoire de master 2 soutenue le 11-07-2019.
- [3] : « Consommation énergétique finale » chiffres clés 2017. APRUE.
- [4] : Consulté le 24/05/2021 sur : <https://www.climamaison.com>
- [5] :C. NGO. (2008). "L'énergie Ressources, technologie et environnement". 3 éd. Paris : Dunod.
- [6] : BOURSAS Abderrahmane « ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION ». Université Constantine 1, département de génie climatique, mémoire de magister soutenue en 2013.
- [7] : « Bâtiment Basse Consommation », guide AITF. 2013(PDF) Paris.
- [8] : Consulté le 24/05/2021 sur : <https://www.tandemarch.ca> .
- [9] : A. BELAKEHAL, K. TABET AOUL (2003) « L'ECLAIRAGE NATUREL DANS LE BATIMENT », Courrier du Savoir.
- [10] : consulté le 24/05/2021 sur : <https://www.sia-service.fr> .
- [11] : TING PAT-SO, ALBERT et CHAN WAY, Lok. (1999). « Intelligent building systems » London.
- [12] : Derek J Clements-Croome, « WHAT DO WE MEAN BY INTELLIGENT BUILDINGS? », School of Construction Management & Engineering, The University of Reading, UK .Septembre 1997.
- [13] : A.SALEM MAKI «Mechanisms for Applying Smart Architecture Requirements to Administrative Buildings ». The Islamic University of Gaza, Faculty of Engineering, mémoire de magister, soutenue en 2017.
- [14] : consulté le 06/05/2021 sur : <https://www.apc-paris.com>.
- [15] : consulté le 06/05/2021 sur : <https://www.quelleenergie.fr> , publier en 2015.
- [16] : K.BEDDIAR, J.LEMALE (octobre2016) «Bâtiment intelligent et efficacité énergétique, Optimisation, nouvelles technologies et BIM », Dunod.
- [17] : SIRLAN Technologies, « Les automatismes du bâtiment la domotique le maintien à domicile. »
- [18] : ACHOURI Sara, KHIMA Wissem « Gestion et commande d'une maison intelligente. » Université Abderrahmane Mira Bejaïa, Département de Génie Electrique, mémoire de master 2 en automatique soutenue en 2020.
- [19] : A.YAHI et L.KOURI. « Contrôle et suivie d'une maison intelligente via internet ». Université Akli Mohand Oulhadj-bouira, mémoire de Master soutenue en 2018.

- [20] : consulté le 06/05/2021 sur : <https://www.abavala.com>
- [21] : David Le Souder « domotique sans fil : l'avenir ? » Publier le 15/05/2018. Filière 3<sup>e</sup>
- [22] : consulté le 08/05/2021 sur : <https://www.refitsmarthomes.org>
- [23] : consulté le 03/05/2021 sur : <https://www.electronics-tutorials.ws>
- [24] : catalogue somfy 2017-2018
- [25] : consulté le 04/05/2021 sur : <https://getmysa.com>.
- [26] : consulté le 15/06/2021 sur : <https://www.maison-facile.com>
- [27] : consulté le 15/06/2021 sur : <https://www.tike-securite.fr>
- [28] : consulté le 15/06/2021 sur : <https://www.build-green.fr>
- [29] : TOUIL Abdessalam , MERGHACHE Souad « L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE -VERS DES BÂTIMENTS MOINS ÉNERGIVORES ». Université ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, département de génie civil. Mémoire de master soutenue en 2017.
- [30] : Guide « POUR L'INTEGRATION ARCHITECTURALE DES CAPTEURS SOLAIRES THERMIQUES », Communauté du Pays d'Aix éd 2005.
- [31] : Michel Berkowicz « La domotique pour les volets roulants et les stores », article publier le 07/02/2016.
- [32] : Melchior Behaghel, 11 septembre 2014. Catalogue Flash-LED « COMBIEN FAUT IL DE LED PAR PIÈCE ? ».
- [33] : consulté le 01/06/2021 sur : <https://blog.servistores.com>

# **ANNEXE**



Consommation chauffage et climatisation bâtiment classique		
	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	1261,324646
Février	0	1061,351216
Mars	0	569,4050322
Avril	0	349,3995352
Mai	76,54811718	105,5687748
Juin	420,233905	0
Juillet	791,5773707	0
Aout	826,3642517	0
Septembre	376,7597329	0
Octobre	80,241789	16,5460255
Novembre	0	426,7680571
Décembre	0	988,7295434

Consommation du chauffage et climatisation bâtiment intelligent occul cst		
	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	406,2815671
Février	0	342,0182673
Mars	0	172,8825296
Avril	0	113,7548754
Mai	32,83141734	96,4160355
Juin	168,9026859	0
Juillet	331,7351163	0
Aout	377,6836047	0
Septembre	186,6075152	0
Octobre	61,682649	10,46388409
Novembre	0	121,6160649
Décembre	0	326,1048173

Consommation du chauffage et climatisation bâtiment intelligent occul var		
	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	402,7884055
Février	0	340,7973933
Mars	0	174,5078887
Avril	0	100,4016779
Mai	22,10719883	37,96854734
Juin	134,8371748	0
Juillet	284,4803994	0
Aout	328,2411986	0
Septembre	149,8850032	0
Octobre	41,19974849	13,89211413
Novembre	0	121,6259853
Décembre	0	296,7041402

Consommation bâtiment intelligent occul var isolant de 5cm	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	393,6529728
Février	0	333,8609368
Mars	0	172,2866218
Avril	0	99,66389143
Mai	20,90088042	36,98705899
Juin	129,6511728	0
Juillet	274,7057371	0
Aout	317,9406276	0
Septembre	145,5668733	0
Octobre	40,03394671	14,0533999
Novembre	0	119,74089
Décembre	0	290,1642829

Consommation bâtiment intelligent occul var isolant de 8cm	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	389,1854241
Février	0	330,2489757
Mars	0	171,1182108
Avril	0	99,36377338
Mai	20,24468473	35,3305876
Juin	126,7577202	0
Juillet	269,2689189	0
Aout	312,2314001	0
Septembre	143,1291775	0
Octobre	39,34631408	14,16351661
Novembre	0	118,7201983
Décembre	0	286,8025235

Consommation bâtiment intelligent occul var isolant de 10cm + triple vitrage.	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	386,2281874
Février	0	327,9874573
Mars	0	170,3910491
Avril	0	99,16251053
Mai	19,84757821	34,15472569
Juin	124,9919235	0
Juillet	265,8937856	0
Aout	308,7008165	0
Septembre	141,6256153	0
Octobre	38,92522547	14,2405326
Novembre	0	118,113612
Décembre	0	284,7119811

Consommation bâtiment intelligent a double vitrage	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	387,1192354
Février	0	329,090888
Mars	0	171,2800485
Avril	0	99,88925264
Mai	19,14291699	42,51722137
Juin	124,4924019	0
Juillet	270,5441028	0
Aout	320,0092047	0
Septembre	147,0193277	0
Octobre	38,61913015	15,07475274
Novembre	0	118,6543018
Décembre	0	374,3020213

Consommation bâtiment intelligent a simple vitrage	Q Climatisation	Q Chauffage
Janvier	0	508,345958
Février	0	435,5884029
Mars	0	233,6041996
Avril	0	140,5585693
Mai	45,43099541	55,11219806
Juin	130,1265841	0
Juillet	293,7822784	0
Aout	348,2968469	0
Septembre	157,0947188	0
Octobre	40,46251462	19,05971177
Novembre	0	159,9419336
Décembre	0	381,380502

PVSYST V6.81		18/09/21	Page 1/6
<b>Système isolé: Paramètres de simulation</b>			
<b>Projet :</b>	<b>zerari et benbouabdellah</b>		
<b>Site géographique</b>	<b>Soudania</b>	Pays	<b>Algeria</b>
<b>Situation</b>	Latitude	36.71° N	Longitude 2.91° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude 136 m
	Albédo	0.20	
<b>Données météo:</b>	<b>soudania</b>	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique	
<b>Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation</b>			
	Date de la simulation	18/09/21 à 21h14	
<b>Paramètres de simulation</b>	Type de système	<b>Système isolé avec batteries</b>	
<b>Orientation plan capteurs</b>	Inclinaison	36°	Azimut 0°
<b>Modèles utilisés</b>	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
<b>Besoins de l'utilisateur :</b>	Consomm. domestique moyenne	Constants sur l'année 8.1 kWh/Jour	
<b>Caractéristiques du champ de capteurs</b>			
<b>Module PV</b>	Si-poly	Modèle	<b>YL260P-29b</b>
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Yingli Solar
Nombre de modules PV		En série	2 modules
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	<b>2080 Wc</b>
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	55 V
Surface totale		Surface modules	<b>13.0 m²</b>
		En parallèle	4 chaînes
		Puissance unitaire	260 Wc
		Aux cond. de fonct.	1856 Wc (50°C)
		I mpp	34 A
		Surface cellule	11.7 m²
<b>Paramètres du système</b>			
	Type de système	<b>Système isolé</b>	
<b>Batterie</b>	Modèle	<b>8-CS-25PS</b>	
	Fabricant	Rolls	
Caractéristiques du banc de batteries	Nombre d'unités	6 en série x 2 en parallèle	
	Tension	48 V	Capacité nominale 1362 Ah
	Décharge: min. SOC	20.0 %	Energie stockée 52.3 kWh
	Température	Fixée (20°C)	
<b>Régulateur</b>	Modèle	Universal controller with MPPT converter	
	Technologie	MPPT converter	Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.
Convertisseur	Efficacité maxi et EURO	97.0 / 95.0 %	
Seuils de régulation batterie	Seuils de commande selon	SOC calculation	
	Charge	SOC = 0.90 / 0.75	i.e. approx. 51.9 / 49.5 V
	Décharge	SOC = 0.20 / 0.45	i.e. approx. 46.5 / 48.3 V
<b>Facteurs de perte du champ PV</b>			
Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent) 0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	27 mOhm	Frac. pertes 1.5 % aux STC
Perte diode série	Chute de tension	0.7 V	Frac. pertes 1.1 % aux STC
LID - "light Induced degradation"			Frac. pertes 1.3 %
Perte de qualité module			Frac. pertes -0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes 1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes 0.10 %

**Système isolé: Paramètres de simulation**

Effet d'incidence (IAM): Profil personnalisé

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.960	0.880	0.800	0.670	0.430	0.000

PVSYST V6.81		18/09/21	Page 3/6	
<b>Système isolé: Besoins de l'utilisateur</b>				
<b>Projet : zerari et benbouabdellah</b>				
<b>Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation</b>				
<b>Principaux paramètres système</b>	Type de système	<b>Système isolé avec batteries</b>		
Orientation plan capteurs	inclinaison	36°	azimut 0°	
Modules PV	Modèle	YL260P-29b	Pnom 260 Wc	
Champ PV	Nombre de modules	8	Pnom total <b>2080 Wc</b>	
Batterie	Modèle	8-CS-25PS	Technologie Pb-acide, scellée, plaques	
Pack de batteries	Nombre d'unités	12	Tension / Capacité <b>48 V / 1362 Ah</b>	
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	Global 2942 kWh/an	
<b>Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 8.1 kWh/jr</b>				
Valeurs annuelles				
Utilisation 5 jours par semaine	Nombre	Puissance	Utilisation	Energie
Lamps LED E27	1	564 W/lampe	8 h/jour	4512 Wh/jour
pc ordinateur	1	450 W/app	7 h/jour	3150 Wh/jour
ordinateurs bureaux	1	160 W/app	6 h/jour	960 Wh/jour
Frigo	1		24 Wh/jour	300 Wh/jour
téléphone et data_show	1		2 Wh/jour	450 Wh/jour
imprimante et cafetiere	1	1800 W tot	1 h/jour	1800 Wh/jour
moteur volet et protection solaire	1	92 W tot	1 h/jour	92 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	7 Wh/jour
Energie journalière totale				11271 Wh/jour

