**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**




**Université Dr YAHIA FARES DE MEDEA**

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie Mécanique**

**Filière : Energie renouvelable en mécanique**

# Thème

# Etudes d'une installation en panneaux solaire photovoltaïques pour besoins électriques d'un foyer :

# Application Ville de Médéa.

***Encadré par :***
Pr. Mohamed ANNOUN

**Réalisé par :**
CHERIFI YOUSSEF

**Année universitaire : 2023/2024**

# Dédicaces

À mes chers parents

À mes frères, à mes sœurs,

Et à tous mes amis.

# *Remerciements*

Je remercie Allah qui m'a donné force et courage. Ensuite, je voudrais exprimer mes sincères remerciements au professeur Mohamed Announ de l'université de Médéa pour l'honneur qu'il m'a accordé en tant que supervision et pour avoir déployé d'énormes efforts à travers ses informations, ses conseils et ses encouragements.

Je n'oublie pas de remercier le président de jury Dr Tayeb Kermezli de l'université de Médéa et Dr Sofiane Ladegu de l'université de Tissemsilt pour l'honneur qu'ils m'ont fait pour examiner ce travail.

Je tiens également à remercier tous les professeurs du département de Génie Mécanique de m'avoir suivi tout au long du cursus universitaire.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à la réussite de nos travaux.

**ملخص**

يلعب إنتاج الطاقة دورًا حاسمًا في تحفيز النمو الاقتصادي والابتكار، حيث يحفز الاستثمارات التي تعكس ثراء الأمم وازدهارها. ومع ذلك، فإن الاعتماد على الطاقات الحفرية يؤدي إلى انبعاث الغازات المسببة الاحتباس الحراري، مما يؤدي إلى تعريض البيئة والصحة العامة للخطر. ومن المؤكد أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية تقدم بمثابة حل بديل مناسب ودائم. تختبر هذه الدراسة الخطوات الأساسية لتصور وتركيب نظام كهروضوئي متكيف مع الاحتياجات لمنزل متواجد وسط مدينة المدية ، باستخدام نهج مبسط ونظام محاكاةPVsyst

**كلمات مفتاحيه**:

طاقات متجددة، الطاقة الشمسية، النظام الكهروضوئي، الأنظمة المستقلة، PVsyst.

**Résumé**

La production d'énergie joue un rôle crucial en tant que moteur de croissance économique et d'innovation, stimulant les investissements qui reflètent la richesse et la prospérité des nations. Cependant, la dépendance aux énergies fossiles entraîne des émissions de gaz à effet de serre, mettant en péril l'environnement et la santé publique. Heureusement, l'énergie solaire photovoltaïque se présente comme une solution alternative propre et durable. Cette étude a examiné les étapes fondamentales pour la conception et l'installation d'un système photovoltaïque adapté aux besoins énergétiques d'une résidence à Médéa, en utilisant une approche simplifiée et le logiciel de simulation PVsyst.

**Mots clés :**

Énergies renouvelables, énergie solaire, système photovoltaïque, système autonome, PVsyst.

**Abstract**

Energy production is essential for driving economic growth and fostering innovation. It encourages investments that demonstrate the riches and success of nations. Nevertheless, reliance on fossil fuels results in the release of greenhouse gases, which endangers the environment and public health. Thankfully, solar photovoltaic energy emerges as a clean and enduring alternative choice. This study investigated the essential procedures for designing and installing a solar system that meets the energy requirements of a residential property in Medea. The study employed a simplified methodology and utilized the PVsyst simulation software.

**Keywords:**

Renewable energies, Solar energy, Photovoltaic system, Autonomous system, PVsyst.

## Symboles

$E_j$: L'énergie produite par un panneau solaire, exprimée en joules (J).

$P_m$ : La puissance maximale produite PV (W).

P : Puissance (W)

$P_{totale}$ : La puissance totale disponible, dans ces conditions (W)

$p_j$: La puissance électrique générée par un panneau solaire, mesurée en watts (W).

$N_j$ : Le nombre de panneaux solaires dans un système photovoltaïque.

$V_{bat}$ : La tension de la batterie, mesurée en volts (V).

T : La température (℃)

$T_j$ : Le temps pendant lequel un panneau solaire est exposé à la lumière du soleil, exprimé en secondes (s).

## Abréviation utilisées

Si : Silicium

PV : Panneau Photovoltaïque.

MPPT: Maximum Power Point Tracking.

PWM: Pulse Width Modulation

DC : Courant Continu (Direct Current).

AC : Courant Alternatif (Alternative Current)

(CdTe) : Cellules à base de tellurite de cadmium

CIGS : Cellules à base de cuivre-indium-gallium-sélénium

DoD : Depth of Discharge

Voc : Tension en circuit ouvert

Isc : Courant de court-circuit

HS : Hauteur solaire

AZ : Azimut solaire

# Sommaire

Introduction générale……01

Chapitre I : Panneaux solaire photovoltaïque……..……..03
I.1 Introduction ..... 03
I.2 L'Effet photoélectrique ..... 03
I.2.1 Principe fondamental de la conversion photovoltaïque ..... 03
I.3 Historique des cellules photovoltaïques ..... 04
I.4 La Technologie photovoltaïque ..... 05
I.4.1 Première génération de cellule photovoltaïque ..... 05
I.4.1.1 Silicium mono cristallin ..... 05
I.4.1.2 Silicium Polycristallin ..... 06
I.4.2 Deuxième génération de cellule photovoltaïque ..... 06
I.4.2.1 Cellules à base de Tellurure de Cadmium ($C_dTe$) ..... 06
I.4.2.2 Cellules à base de cuivre-indium-gallium-sélénium (CIGS) ..... 07
I.4.3 La troisième génération de cellules photovoltaïques ..... 07
I.4.3.1 Superposition de multiples cellules (utilisant des bandes d'énergie différentes) ..... 07
I.4.3.2 Cellules à concentration ..... 07
I.4.3.3 Utilisation des photons à basse énergie ..... 07
I.4.3.4 Cellules à électrons chauds ..... 8
I.4.3.5 Conversion des photons pour ajuster le spectre de la lumière solaire ..... 08
I.5 Modules photovoltaïques ..... 09
I.6 Les avantages et les les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque ..... 10
I.6.1 Les avantage ..... 10
I.6.2 Les inconvénients ..... 10
I.7 Avenir du photovoltaïque ..... 11
I.7.1 Tendances futures ..... 11
I.7.2 Avancées technologiques ..... 11
I.7.3 Défis à surmonter ..... 12
I.8 Conclusion ..... 12

**Chapitre II : Installations et Dimensionnement des Systèmes Photovoltaïques ……..13**
II.1 Introduction ..... 13
II.2 Composantes d'un système photovoltaïque ..... 13
II.3 Critères de choix d'une installation solaire ..... 13
II.4 Classement des systèmes photovoltaïques ..... 14
II.4.1 Système autonome ..... 14

II.4.2 Système raccordé au réseau ..... 15
II.4.3 Système Hybride ..... 16
II.5. Composants d'un système photovoltaïque autonome ..... 17
II.5.1 Modules photovoltaïques ..... 17
II.5.2 Batteries ..... 18
II.5.3 Régulateurs ..... 19
II.5.4 Onduleurs ..... 20
II.5.4.1 Caractéristiques des onduleurs ..... 21
II.5.4.2 Charges des onduleurs (utilisateurs) ..... 22
II.5.5 Accessoires ..... 22
II.6. Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques ..... 22
II.6.1 Paramètres d'entrée intervenants dans le dimensionnement ..... 23
II.6.1.1 Paramètres relatifs au système PV ..... 23
II.6.1.2 Paramètres relatifs au site d'installation ..... 23
II.6.1.3 paramètres relatifs aux modules photovoltaïques (PV) ..... 24
II.6.1.4 Paramètres concernant les batteries de stockage ..... 24
II.6.1.5 Paramètres concernant le régulateur de charge ..... 25
II.6.1.6 Paramètres concernant l'onduleur ..... 26
II.6.1.7 Paramètres concernant la charge ..... 26
II.7. Méthodes du dimensionnement ..... 27
II.7.1. Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation ..... 27
II.7.2. Dimensionnement du moyen annuel ..... 27
II.7.3. Méthode LPSP ..... 27
II.7.4. Méthode simplifiée ..... 27
II.8 Conclusion ..... 28

**Chapitre III : Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome : Modélisation et résultats** ..... 29
III.1 Introduction ..... 29
III.2 Présentation de l'habitat à étudier ..... 29
III.3 Données géographiques Climat et rayonnement solaire ..... 29
III.3.1 Coordonnées géographiques ..... 29
III.3.2 Climat ..... 29
III.3.3 Rayonnement solaire ..... 30
III.4 Profile de charge ..... 30
III.5 Dimensionnements d'un système PV par la méthode simplifiée ..... 33

III.5.1 Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques ..... 33
III.5.2 Calcul du nombre de batteries ..... 34
III.5.3 Choix de l'onduleur ..... 34
III.6 Conception et dimensionnement d'une installation photovoltaïque à l'aide du logiciel PVsyst ..... 35
III.6. 1 Présentation du logiciel de simulation PVsyst : ..... 35
III.6.2 Conception et dimensionnement de l'installation PV par PVsyst ..... 36
III.6.3 Données météorologiques du site ..... 36
III.6.4 Trajectoire du soleil ..... 37
III.6.5 Orientation des modules PV ..... 38
III.6.6 Schéma de l'installation PV ..... 39
III.7 Résultats de simulation par PVsyst ..... 40
III.7.1 Besoins électriques ..... 40
III.7.2 Simulation des équipements énergétiques ..... 41
III.7.2.1 Batteries ..... 41
III.7.2.2 Le nombre des Panneaux photovoltaïques et caractéristique d'onduleurs : ..... 42
III.7.3 Rapport de simulation ..... 43
III.8 Comparaison des résultats des deux approches ..... 47
III.9 Conclusion ..... 47
Conclusion général ..... 48
Bibliographie ..... 49

# Introduction générale

La question de la production et de la consommation d'énergie revêt une importance capitale pour le développement économique à l'échelle mondiale. Elle constitue un moteur de croissance économique et d'innovation majeure, favorisant les investissements qui sont le reflet de la richesse des pays, ainsi que de la prospérité, du développement et du bien-être des citoyens. Néanmoins, la dépendance aux énergies fossiles entraîne des émissions de gaz à effet de serre préjudiciables à l'environnement, engendrant une pollution mettant en péril la santé des citoyens et contribuant au réchauffement climatique, phénomène présentant une menace sérieuse pour notre existence. C'est pourquoi les énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, offrent une alternative durable et respectueuse de l'environnement.

L'Algérie, bénéficiant d'un ensoleillement abondant, a la possibilité d'exploiter ce potentiel afin de répondre à ses besoins énergétiques grâce à l'utilisation de systèmes photovoltaïques. Il est désormais devenu une priorité établie par les plus hautes autorités du pays de promouvoir l'énergie solaire. Cette source d'énergie est largement disponible et quasi-inépuisable, ce qui permet son exploitation aussi bien en montagne que dans un village isolé ou au cœur d'une grande ville pour la production d'électricité à l'aide de panneaux photovoltaïques.

L'installation de ces panneaux solaires photovoltaïques représente une solution prometteuse pour répondre aux besoins énergétiques des habitations. Malgré un coût initial potentiellement élevé, les économies réalisées sur les factures d'électricité à long terme compensent souvent cet investissement de départ. En résumé, cette technologie offre durabilité, fiabilité et avantages économiques à long terme.

L'objectif de cette étude est d'explorer deux approches distinctes pour l'étude de la mise en place d'un système photovoltaïque destiné à la génération d'électricité pour un foyer situé à Ain D'Heb, ville de Médéa. Ces approches comprennent une méthode simplifiée et l'utilisation d'un simulateur PVsyst. Le but principal est de concevoir un système adapté à cette résidence en effectuant une sélection minutieuse des composants et en réalisant une modélisation précise de système complet.

Ce mémoire se structure en trois chapitres. Le premier chapitre traitera de manière générale des panneaux photovoltaïques et des divers éléments constitutifs du système de conversion photovoltaïque. Le deuxième chapitre sera dédié à la présentation des différents systèmes photovoltaïques ainsi qu'aux composants essentiels du système de conversion et

d'approvisionnement. Nous examinerons ensuite la sélection des composants tels que les panneaux solaires, les onduleurs et les batteries, en mettant en avant l'importance de choisir des éléments certifiés et performants. Enfin, le troisième chapitre abordera le dimensionnement de l'installation des panneaux photovoltaïques à travers des méthodes simplifiées et par modélisations au moyen de PVsyst.

# Chapitre I

# Panneaux Solaire Photovoltaïques

## I.1 Introduction

L’énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion directe d’une partie du rayonnement solaire en électricité. Cette conversion est rendue possible par des cellules photovoltaïques qui exploitent l’effet photoélectrique pour générer une force électromotrice sous l’impact de la lumière. Ces cellules sont assemblées en modules photovoltaïques et sont principalement fabriquées à partir de semi-conducteurs tels que le silicium, le germanium ou le sélénium, avec une prédominance actuelle du silicium en raison de son abondance naturelle. La tension produite par ces cellules permet de générer de l’électricité qui peut être soit consommée directement, soit stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure, ou encore injectée dans le réseau électrique selon les besoins [1]. Ce chapitre présente une vue d’ensemble sur les cellules photovoltaïques et les différents composants utilisés dans la production d’électricité.

## I.2 L’Effet photoélectrique

### I.2.1 Principe fondamental de la conversion photovoltaïque

L'effet photoélectrique se réfère à un phénomène physique où des électrons sont émis d'une surface métallique suite à son exposition à la lumière ou à un rayonnement électromagnétique d'une fréquence spécifique. Ce phénomène est utilisé dans le domaine des cellules photovoltaïques pour transformer l'énergie lumineuse solaire en énergie électrique.

Lorsque la lumière du soleil atteint une cellule photovoltaïque, les photons, qui sont des particules de lumière, transfèrent leur énergie aux électrons du matériau semi-conducteur. Si l'énergie des photons est assez suffisante, elle peut arracher les électrons à partir des atomes au niveau de la surface de matériaux, formant ainsi des paires électron-trou. Ces porteurs de charge libres comme le montre la figure I.1 sont ensuite collectés et orientés par un champ électrique interne à l'intérieur de la cellule, induisant ainsi un courant électrique. Les cellules photovoltaïques exploitent des matériaux semi-conducteurs tels que le silicium, qui subit un dopage avec d'autres éléments afin de former une structure de bande favorisant la génération et la mobilité des charges électriques. Ce mécanisme de conversion, dépourvu de pièces en mouvement et d'émissions polluantes, se révèle efficace pour la production d'électricité, ce qui en fait une source d'énergie renouvelable et écologiquement durable. [2]

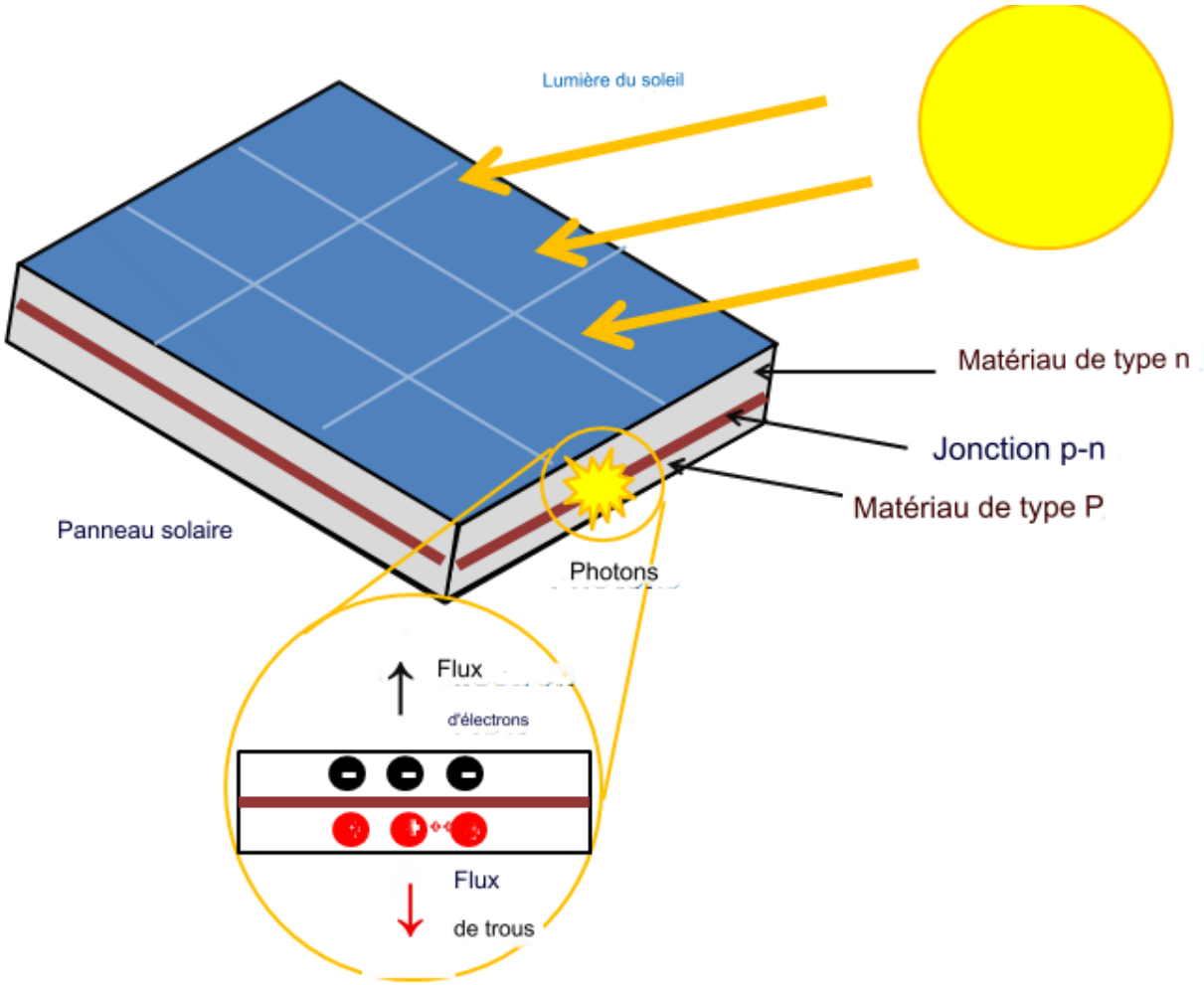



**Figure I.1.** Un diagramme montrant l'effet photovoltaïque**.** [2]

## I.3 Historique des cellules photovoltaïques

Les origines des cellules photovoltaïques remontent à 1839, date à laquelle le physicien français Alexandre Edmond Becquerel a identifié l'effet photovoltaïque où  Il a observé qu'en présence de lumière solaire, certaines substances génèrent une faible intensité de courant électrique. En 1883, Charles Fritts a conçu le premier dispositif photovoltaïque opérationnel en recourant à une couche mince d'or et de sélénium. Néanmoins, son efficacité était très limitée, atteignant seulement environ 1%. Par la suite, en 1905, Albert Einstein a apporté une explication scientifique de l'effet photovoltaïque, posant les bases de notre compréhension actuelle de ce phénomène. [3]

De manière progressive, les premières applications concrètes des cellules photovoltaïques ont été mises en œuvre. En 1959, le premier satellite scientifique américain a été équipé de modules solaires afin de fournir de l'énergie à ses systèmes électriques tout au long de sa mission spatiale, marquant ainsi le début des applications spatiales des technologies solaires. [3]

Au cours des années 1980, sur Terre, le domaine de la technologie photovoltaïque a connu un essor marqué par l'introduction de nouvelles déclinaisons telles que les cellules à couches minces et les modules amorphes (a-Si), ce qui a facilité une production de panneaux solaires plus accessible et économique. [3]

Par la suite, durant les années 1990, les premières cellules solaires hybrides et organiques ont fait leur apparition, en parallèle avec le développement de silicium cristallin de haute qualité conçu spécifiquement pour être intégré dans les panneaux solaires. Ces avancées ont joué un rôle crucial dans l'amélioration de l'efficacité globale et de la fiabilité des systèmes d'énergie solaire. [3]

## I.4 La Technologie photovoltaïque

### I.4.1 Première génération de cellule photovoltaïque

#### I.4.1.1 Silicium mono cristallin

Le silicium fondu se solidifie lors du refroidissement en un seul cristal de grandes dimensions. Ce cristal est ensuite découpé en fines tranches pour former les cellules solaires (figure I.1). Les cellules monocristallines ainsi formées, d'une couleur bleue uniforme, offrent un bon rendement électrique, de 10 % à 17 %. Cependant leur production est plus complexe et coûteuse, car l'obtention d'un cristal pur nécessite une grande quantité d'énergie. [4]

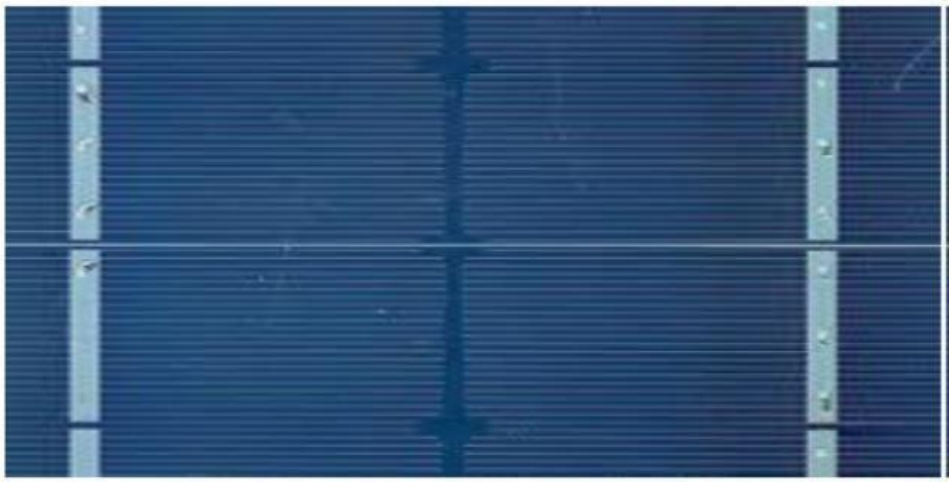


**Figure I.2** : Cellule au Silicium Monocristallin.

### I.4.1.2 Silicium Polycristallin

Fabriquée à partir de cristaux hétérogènes (figure I.2), la cellule en silicium poly cristallin présente une efficacité réduite et un prix plus bas en raison des conditions de fabrication rapides et incontrôlées. [4]



**Figure I.3** *:* Cellule au Silicium Poly-cristallin.

## I.4.2 Deuxième génération de cellule photovoltaïque

La deuxième génération de cellules photovoltaïques est conçue à partir de silicium amorphe et microcristallin. Les diverses catégories de genres de cellules comprennent :

### I.4.2.1 Cellules à base de Tellurure de Cadmium ($C_dTe$)

Les cellules à base de $C_dTe$ se distinguent par leur capacité d'absorption de la lumière et un coefficient thermique favorable, les rendant ainsi particulièrement adaptées au spectre solaire. Néanmoins, elles affichent un rendement inférieur à celui des cellules cristallines, oscillant entre 9 % et 17 % (avec un pic de 18,2 % pour certains modules). Leur coût de production reste relativement abordable. Un inconvénient majeur réside dans la limitation naturelle de la disponibilité de tellurure sur Terre, contraignant ainsi les chercheurs à réduire son épaisseur (actuellement d'environ 3 µm). Par ailleurs, il est à noter que le cadmium est toxique, mais représente un risque uniquement lors de sa production et environ 2 grammes de cadmium sont contenus dans un module photovoltaïque de 60 watts à base de tellurure de cadmium ($C_dTe$). [4]

### I.4.2.2 Cellules à base de cuivre-indium-gallium-sélénium (CIGS)

Le composé de cuivre, indium, sélénium (CIS) présente des similarités avec le tellurure de cadmium (CdTe). En raison de la rareté de l'indium (environ 100 ans selon Indium Corporation), les chercheurs sont incités à réduire l'épaisseur de ce matériau qui est actuellement de 2 μm. De plus, le CIS requiert une couche de sulfure de cadmium (CdS) pour établir une jonction p-n. L'incorporation d'une faible quantité de gallium (CIGS) permet d'améliorer ses propriétés d'absorption. Le CIGS affiche le coefficient d'absorption le plus élevé parmi les semi-conducteurs photovoltaïques. Sa stabilité, son rendement élevé par rapport aux autres couches minces (compris entre 11 % et 18 %, avec un pic à 21,7 %), ainsi que son coût de fabrication relativement bas, sont des facteurs qui favorisent sa croissance rapide. Les cellules CIGS peuvent être déposées sur des substrats en plastique et en verre d'une épaisseur de **1 à 3 mm**, ou sur des feuilles métalliques [4].

## I.4.3 La troisième génération de cellules photovoltaïques

L'objectif de cette nouvelle génération est de surpasser le seuil de rendement actuel des cellules solaires, plafonné à environ 30 %. Afin d'atteindre ce but, divers concepts sont actuellement envisagés.

### I.4.3.1 Superposition de multiples cellules (utilisant des bandes d'énergie différentes)

Cette méthode implique la superposition de multiples couches de cellules solaires, chacune étant conçue pour absorber une plage spécifique du spectre solaire. Cette stratégie de superposition permet d'accroître le rendement global de la conversion d'énergie. [5]

### I.4.3.2 Cellules à concentration

Les cellules à concentration exploitent des dispositifs optiques tels que des lentilles ou des miroirs afin de focaliser le rayonnement solaire sur une zone restreinte de la cellule photovoltaïque. Cette méthode vise à accroître la densité de flux lumineux et, par voie de conséquence, à améliorer le rendement de conversion. [5]

### I.4.3.3 Utilisation des photons à basse énergie

Les cellules conventionnelles ont tendance à ne pas absorber les photons à basse énergie. Les technologies de troisième génération visent à tirer parti de ces photons afin d'améliorer l'efficacité globale. [5]

### I.4.3.4 Cellules à électrons chauds

Ces cellules génèrent un excès de paires électron-trou lorsque l'énergie excède la largeur de bande. L'objectif est d'exploiter des électrons de haute énergie afin d'accroître le rendement [05].

### I.4.3.5 Conversion des photons pour ajuster le spectre de la lumière solaire

Certaines technologies visent à altérer le spectre de la lumière solaire avant qu'elle n'atteigne la cellule, dans le but d'améliorer l'efficacité de l'absorption et de la conversion d'énergie par le semi-conducteur. Dans l'ensemble, ces méthodes novatrices ont pour objectif d'optimiser le rendement des cellules photovoltaïques et de faciliter le développement d'une énergie solaire plus efficiente [05]. Les données essentielles concernant les diverses technologies des cellules photovoltaïques sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

| | **Technologies** | **Rendement** | **Avantages** | **Inconvénients** | **Durée de vie** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1ére Génération | Silicium monocristallin | 14-17% | Bon rendement pour une cellule | Coût élevé, perte de matière première en cours de fabrication | 35 ans |
| | Silicium polycristallin | 12-15% | Bon rendement pour un module | Coût élevé, perte de matière première en cours de fabrication | 35 ans |
| 2ièmeié Génération | Silicium Amorphe | 6-10% | Facile à fabriquer | Mauvais rendement | <10 ans |
| | CdTe | 8-11% | Absorbe 90% des photons incidents | Cadmium très polluant | Non évaluée |
| | CIS/CIGS Manque de | 10-12% | Energie de gap ajustable 99% des photons absorbés | matière première | 5 ans |
| 3ièmei Génération | Cellules organiques | 10% | Faible coût de fabrication, Flexible | Rendement encore trop bas | Faible actuellement |

**Tableau I.1** : Performances des différentes technologies des cellules photovoltaïques.

## I.5 Modules photovoltaïques

Un module photovoltaïque d'un agencement de cellules photovoltaïques connectées en série (pour augmenter la tension) et en parallèle (pour augmenter le courant) dans le but de générer une puissance élevée lorsqu'il est exposé à la lumière solaire. Leur utilisation est répandue dans les secteurs résidentiel, commercial et industriel en vue de produire une énergie propre et renouvelable [6].

La composition d'un module photovoltaïque comprend plusieurs éléments comme le montre la figure I.3 :

- Cellules photovoltaïques, généralement composées de silicium.
- Verre (80 % du module).
- Cadre en aluminium .
- Connexions de cuivre ou d'argent .
- Plastique.
- Silicium cristallin (20 % du module).

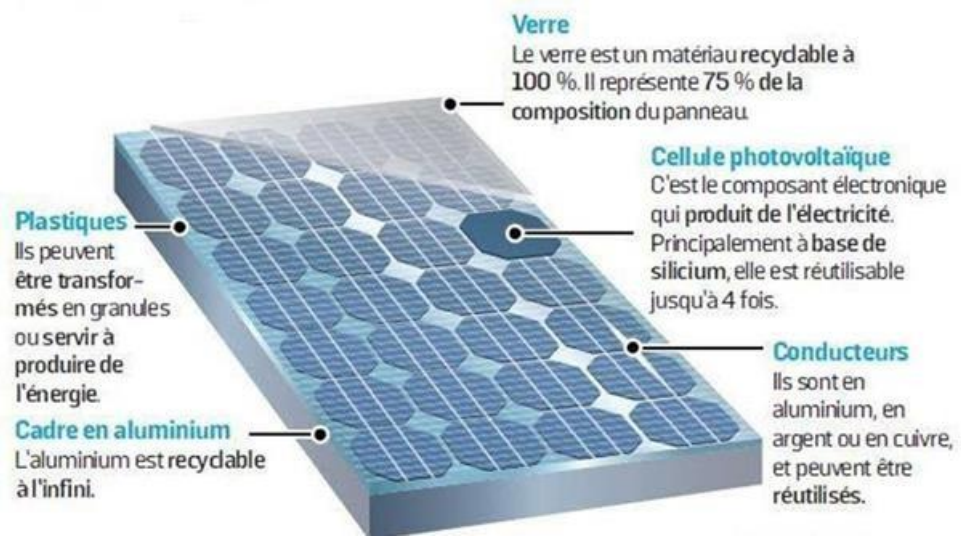



**Figure I.4** : Un module photovoltaïque.

Les cellules photovoltaïques sont les composants essentiels des modules. En général, elles sont fabriquées en silicium et ont pour objectif de transformer la lumière solaire en électricité. Les électrons des cellules sont excités lorsqu'ils sont exposés à la lumière, ce qui génère un courant électrique. A cet effet connexion des cellules en série permet d'accroître la tension totale du module. Par la suite, de nombreuses chaînes de cellules sont reliées en parallèle afin d'accroître le courant total. Cela offre une puissance élevée tout en préservant une tension et un courant adéquats. Le capsulage en verre et en plastique protège les cellules de l'humidité et des éléments extérieurs.

L'utilisation de ce boîtier transparent favorise la pénétration de la lumière solaire tout en préservant les cellules. Par la suite, le module photovoltaïque est fixé dans un cadre en aluminium afin de le préserver et de le maintenir en position. Il y a aussi une boîte de jonction électrique qui permet de relier les fils électriques du module [07].

## I.6 Les avantages et les les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque

### I.6.1 Les avantage

Les principaux avantages de l'utilisation des panneaux photovoltaïques sont les suivants :

- **Economique :** permettant de réduire la facture de l'électricité étant le soleil est une source d'énergie renouvelable inépuisable.
- **Écologique :** Réduit les émissions de CO2 et ne génère pas de déchets.
- **Installation flexible et indépendance énergétique:** Il est possible de l'installer dans des zones isolées et dans des régions où l'accès à l'électricité est difficile et coûteux.
- **Facile à entretenir :** Les panneaux photovoltaïques sont simples à nettoyer et de les réinstaller à nouveau.

### I.6.2 Les inconvénients

Parmi les désavantages, on peut mentionner :

- **Dépendance aux conditions météorologiques :** La production d'énergie solaire dépend du rayonnement solaire, ce qui peut varier en fonction du temps (nuages, brouillard, nuit). De plus, Ces conditions météorologiques peuvent réduire les performances de la centrale solaire.
- **Frais de fabrication et de stokage :** L'installation de panneaux solaires reste un investissement initial essentiel, même si les prix ont diminué. En outre, Le stockage d'énergie requiert un nombre considérable de batteries, ce qui engendre des difficultés et des frais élevés..
- **Entretien régulier :** Il est essentiel de procéder à un nettoyage régulier des panneaux solaires afin de préserver leur efficacité.
- **L'impact environnemental :** résultant de la fabrication des panneaux solaires et de l'accumulation de leurs déchets en fin de service.

## I.7 Avenir du photovoltaïque

Il convient de prendre en considération quelques tendances, progrès technologiques et défis dans ce domaine :

### I.7.1 Tendances futures

- **Stockage de l'énergie :** Une tendance importante est la recherche de solutions de stockage d'énergie plus performantes. En plus des batteries lithium-ion, des options comme les batteries à flux redox, les super condensateurs et les batteries solides prennent de plus en plus d'importance [8].
- **Intégration dans les bâtiments :** Les panneaux solaires sont de plus en plus intégrés dans les bâtiments (intégration architecturale). Les flexibles et transparentes cellules solaires offrent la possibilité de créer des fenêtres et des façades solaires.
- **Intégration dans les véhicules :** La tendance des véhicules électriques alimentés par l'énergie solaire est en plein essor. Il est possible d'intégrer des panneaux solaires sur les toits des voitures et des bus afin de favoriser l'autonomie des véhicules électriques [8].

### I.7.2 Avancées technologiques

Les cellules photovoltaïques en pérovskite, qui sont fabriquées à partir d'un minéral de titane de calcium de formule CaTiO3, offrent une alternative sérieuse aux cellules à silicium. Ces structures sont réalisées à partir de matériaux semi-conducteurs qui émettent des électrons lorsqu'ils sont exposés à la lumière naturelle. Ces cellules ont été étudiées par des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Il a été constaté que les films en dioxyde de titane, avec une présence de pérovskite, offrent une transmission d'électrons extrêmement rapide. Même si leur performance n'est pas encore comparable à celle des cellules en silicium, les cellules en pérovskite pourraient voir leur développement s'intensifier [9].

Le principal avantage de ces cellules réside dans leur simplicité et leur coût beaucoup moins élevé que ceux des modèles actuellement développés. Il est possible de réduire de 5 fois le coût de fabrication des cellules photovoltaïques en utilisant ce matériau. Différentes épaisseurs et teintes : Les électrons qui sont produites dans des matériaux pérovskites ont la capacité de se déplacer plus loin que dans d'autres substances. Cela favorise la formation de cellules plus épaisses, qui absorbent plus de lumière et génèrent ainsi davantage d'électricité. En outre, le matériau est capable d'obtenir

diverses teintes translucides telles que le rouge, le jaune ou le brun, ce qui permet d'être installé sur différentes surfaces. [9]

### I.7.3 Défis à surmonter

Globalement, l'avenir du photovoltaïque est plein de promesses, avec des avancées technologiques fascinantes et des opportunités pour une énergie plus respectueuse de l'environnement et durable. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de répondre aux exigences économiques et environnementales, qui se concentrent principalement sur les aspects suivants :

- **Stabilité à long terme :** Il est encore nécessaire d'améliorer la stabilité à long terme des cellules en pérovskite. Elles sont sensibles à la présence d'humidité et de chaleur.
- **Environnementale :** Il est difficile de gérer les déchets associés aux panneaux solaires. Il est donc crucial de trouver des techniques de recyclage performantes afin de diminuer l'empreinte écologique.
- **Economique :** Malgré la réduction des coûts de fabrication des cellules en pérovskite, il reste des obstacles à surmonter afin de les rendre encore plus accessibles.

## I.8 Conclusion

Ce chapitre aborde certaines notions relatives aux cellules solaires et à la technologie des cellules solaires, qui sont les éléments essentiels des panneaux solaires et du système de conversion photovoltaïque dans son ensemble. Ces cellules captent l'énergie solaire et produisent un courant électronique. Les bénéfices et les désavantages de l'énergie solaire incluent la non-émission des substances nocives et la durabilité de la source, tandis que les inconvénients peuvent inclure le coût élevé d'installation et d'exploitation. En ce qui concerne l'avenir de l'énergie solaire, il est prometteur et évolue constamment en ce qui concerne la technologie et l'efficacité.

# Chapitre II

# Installations et Dimensionnement des Systèmes Photovoltaïques

## II.1 Introduction

Comme nous l'avons présenté précédemment, un système photovoltaïque (PV) a pour objectif de transformer l'énergie solaire en électricité. Il comprend diverses catégories de systèmes tels que les systèmes autonomes, les systèmes connectés au réseau et les systèmes hybrides.

La conception d'un système photovoltaïque implique la détermination de la puissance nécessaire en fonction de la consommation et l'évaluation de l'irradiation solaire spécifique à la région, l'optimisation de l'orientation des panneaux solaires avant de procéder à la sélection des composants appropriés [10].

Ce chapitre abordera les divers éléments et catégories de systèmes photovoltaïques, pour ensuite illustrer le processus de dimensionnement relatif au système PV.

## II.2 Composantes d'un système photovoltaïque

Le système photovoltaïque se compose de divers composants :

- **Module PV (panneau solaire) :** Composé de cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie lumineuse du soleil en électricité.
- **Chaîne PV (string) :** L'assemblage en série de multiples modules PV est réalisé pour générer la tension de sortie nécessaire.
- **Groupe PV :** Ensemble de chaînes PV qui forme l'unité de production d'énergie en courant continu.
- **Boîte de jonction :** Connecte électriquement tous les groupes PV et peut intégrer des dispositifs de protection.
- **Onduleur :** Convertit le courant continu (CC) en courant alternatif (CA).
- **Système de surveillance (Monitoring) :** Contrôle et enregistre les performances du système PV. [11]

## II.3 Critères de choix d'une installation solaire

Malgré la disponibilité des ressources solaires, la nécessité de l'installation d'un système photovoltaïque pour la production d'électricité dépend de divers paramètres. En premier lieu, les coûts initiaux et le retour sur investissement tels que l'orientation et l'inclinaison optimales des panneaux, le rendement des panneaux, les pertes du câblage, ainsi que des considérations économiques telles que. De plus, il convient de prendre en considération l'intégration esthétique et

architecturale, afin de prévenir toute forme d'anarchie ou de pollution visuelle. En outre, l'aspect environnemental des systèmes photovoltaïques, notamment leur impact écologique crucial dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, doit être pris en compte. En outre, il est impératif de participer à la sensibilisation et à la promotion de l'adoption de l'énergie solaire. En général, la décision d'opter pour des panneaux photovoltaïques repose sur les critères suivants :

1. **Aspect économique :** Coût initial, retour sur investissement via la vente d'électricité.
2. **Capacité de production d'énergie :**

    - Ressources solaires locales (latitude, altitude, conditions météorologiques).
    - Orientation et inclinaison optimales des panneaux.
    - Influence de l'ombrage sur les panneaux.
    - Efficacité globale (rendement des panneaux, onduleur, pertes dans le câblage).

3. **Esthétique :** Intégration esthétique et harmonieuse dans l'environnement.
4. **Impact écologique :** Contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
5. **Valeur pédagogique :** Sensibilisation et promotion de l'énergie solaire.
6. **Sécurité :** Adaptation selon le type d'installation (avec stockage d'énergie ou injection directe dans le réseau).

## II.4 Classement des systèmes photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques se classent en trois catégories principales : les systèmes autonomes, les systèmes hybrides, et les systèmes raccordés au réseau. Les deux premiers sont indépendants du réseau électrique public et sont souvent utilisés dans des zones isolées.

### II.4.1 Système autonome

Un système autonome, illustré dans la Figure II.1 pour un site isolé, utilise un champ photovoltaïque pour alimenter directement les appareils tels que l'éclairage et les équipements domestiques.

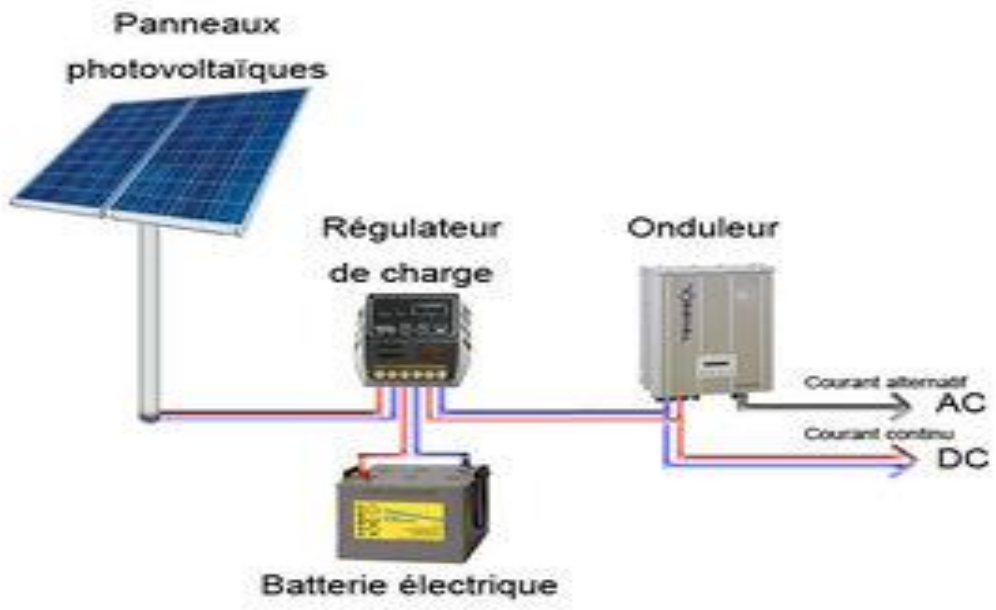



**Figure II.1 :** Schéma d'une installation solaire autonome

Ce système est équipé d'un régulateur et de batteries destinées à stocker l'électricité, qui sera utilisée en l'absence d'ensoleillement. Les batteries stockent l'énergie sous forme chimique et la libèrent en fonction des besoins. Le régulateur de charge protège les batteries contre les surcharges et les décharges profondes, ce qui contribue à prolonger leur durée de vie. Dans certaines situations, des appareils fonctionnant à la fois en courant continu et en courant alternatif peuvent être utilisés, auquel cas un onduleur est intégré dans le système. L'un des principaux atouts de ce système réside dans son potentiel d'économie par rapport à la connexion au réseau électrique classique, notamment dans certaines situations. De plus, l'énergie photovoltaïque est reconnue pour sa fiabilité et son faible besoin en maintenance. Diverses applications ont pu tirer profit de cette technologie :

- Signalisation routière, ferroviaire, maritime et aérienne.
- Petites stations météorologiques.
- Sécurité dans les zones isolées.
- Stations de pompage (notamment pour l'agriculture dans les pays en développement).
- Équipements urbains (éclairage public, horodateurs, etc.) [12]

### II.4.2 Système raccordé au réseau

Ce système est implanté sur un site interconnecté au réseau électrique comme le montre la Figure II-2. Il est fréquemment déployé dans les résidences ou les entreprises souhaitant tirer parti d'une source d'énergie renouvelable et bénéficiant d'un ensoleillement adéquat. Son principal avantage réside dans le fait

qu'il ne nécessite pas de batteries. L'électricité générée est directement injectée dans le réseau local ou national. Deux compteurs sont mis en place : un pour mesurer la consommation et un autre pour la production. Cependant, il est nécessaire de transformer le courant continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif à l'aide d'un onduleur homologué par le fournisseur d'électricité afin de garantir la conformité aux normes de qualité du courant sinusoïdal. De plus, dans certains cas, un dispositif de stockage d'énergie sous forme de batteries peut être intégré pour faire face aux interruptions de courant de courte durée.

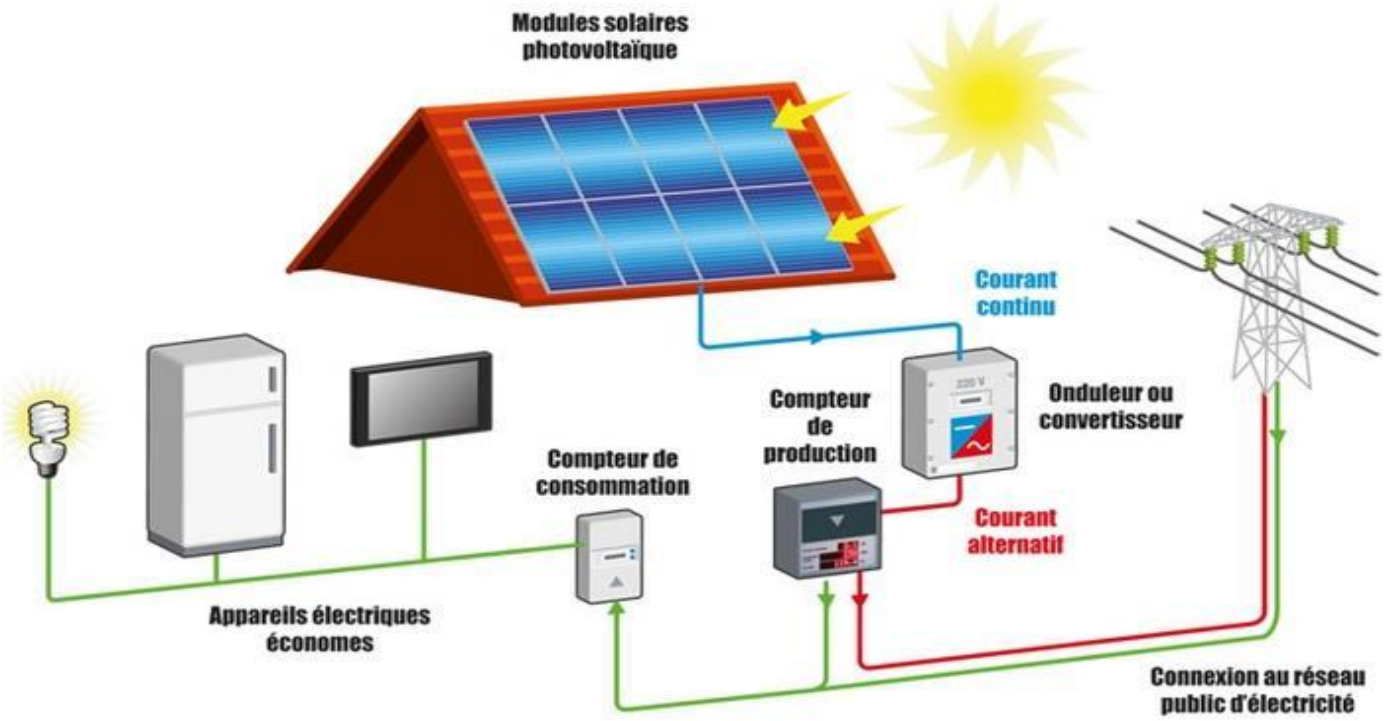



**Figure II.2 :** Schéma d'une installation de système raccordé au réseau

### II.4.3 Système Hybride

Un système hybride, tel qu'illustré dans la Figure II.3, est caractérisé par la combinaison de l'énergie photovoltaïque avec d'autres sources d'énergie, généralement des panneaux solaires associés à une éolienne ou à un groupe électrogène d'appoint fonctionnant au diesel, au propane ou à l'essence. Ce type de configuration est particulièrement adapté pour les habitations ou les édifices commerciaux qui ne sont pas raccordés au réseau électrique principal. Il convient notamment aux utilisateurs consommant plus de 2,5 kWh d'énergie par jour de manière constante tout au long de l'année et nécessitant l'apport d'un groupe électrogène. De plus, il représente une option pertinente pour les habitants de régions où l'ensoleillement est limité sur de longues périodes. La plupart des systèmes hybrides intègrent une batterie d'accumulateurs pour le stockage de l'énergie. Les panneaux solaires assurent la recharge des accumulateurs en présence d'un ensoleillement suffisant, tandis qu'une éolienne peut prendre le relais lors de périodes venteuses, y compris la nuit ou par temps couvert. Ainsi, l'association des éléments éoliens et solaires s'avère complémentaire. Le

recours au groupe électrogène se limite aux cas où il est indispensable, notamment en cas de longues périodes nuageuses ou de calme plat. En fonctionnement, il atteint sa pleine capacité, ce qui se traduit par une performance et une efficacité énergétique accrues, tout en demandant moins de maintenance et en ayant une durée de vie prolongée. Dans de nombreuses situations, les systèmes intégrant à la fois des éléments solaires et éoliens peuvent satisfaire les besoins énergétiques sans recourir à un générateur électrique supplémentaire [14].

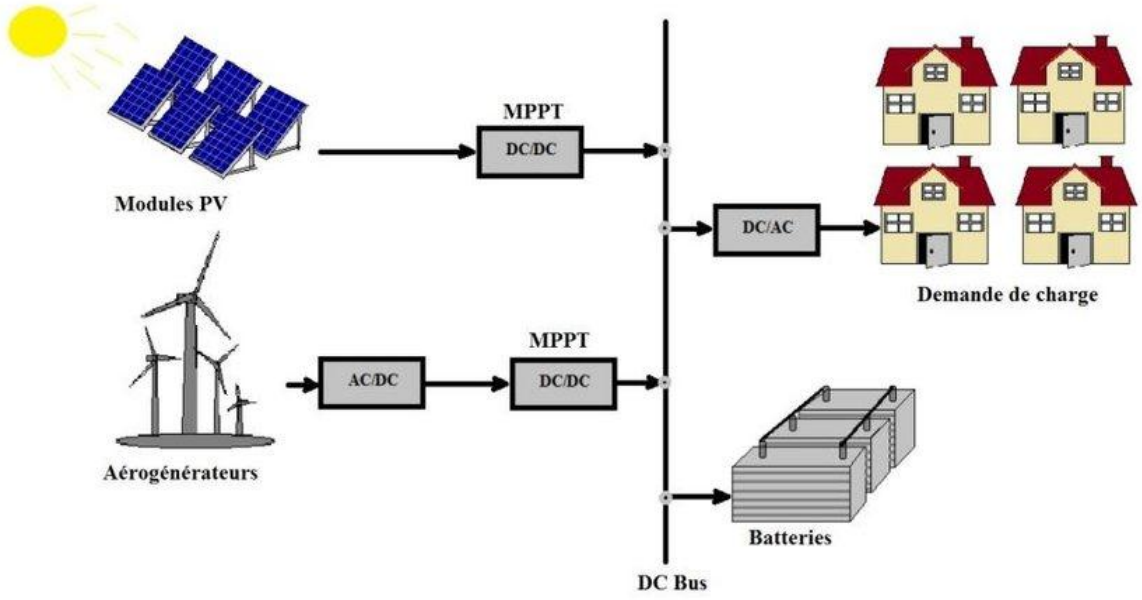



**Figure II.3 :** Schéma d'une installation d'un système hybride

## II.5. Composants d'un système photovoltaïque autonome

Étant donné que notre projet se concentre essentiellement sur l'analyse d'un système autonome, nous allons nous focaliser sur ce domaine. Nous allons examiner en détail ces systèmes en mettant en avant leurs composants principaux :

### II.5.1 Modules photovoltaïques

Les modules solaires sont constitués d'assemblages de cellules photovoltaïques connectées en série afin d'obtenir la tension requise, telle que 12V, 24V, etc (Figure II.4). La cellule photovoltaïque représente l'élément fondamental du processus de conversion de l'énergie solaire en électricité. Plusieurs cellules sont regroupées au sein d'un module, qui constitue l'unité de base transformable, visible et manipulable sur le terrain. Ces modules sont ensuite regroupés en panneaux solaires, lesquels sont assemblés pour former des champs photovoltaïques adaptés aux besoins spécifiques. Les cellules photovoltaïques sont principalement

fabriquées à partir de silicium cristallin, utilisé sous forme monocristalline ou multicristalline, en plaquettes, rubans ou en couches semi-minces sur un substrat. Les modules solaires sont interconnectés en série et/ou en parallèle afin d'augmenter la puissance et d'atteindre la tension requise. Des diodes de dérivation, aussi appelées "diodes by-pass", sont placées en parallèle avec chaque cellule photovoltaïque pour prévenir la surchauffe. De plus, des diodes anti-retour sont insérées en série sur chaque branche pour éviter le fonctionnement en mode récepteur d'un module photovoltaïque [12,15]



**Figure II.4 :** Panneau solaire photovoltaïque**.**

### II.5.2 Batteries

Dans les systèmes autonomes, le stockage de l'énergie solaire est crucial en raison de son caractère intermittent (absence d'ensoleillement). Les batteries jouent donc un rôle essentiel dans ce processus. Les batteries au plomb, bien qu'économiques et facilement recyclables, nécessitent un entretien régulier et ont une durée de vie limitée. En revanche, les batteries alcalines (Ni/Cd et Ni/MH) offrent une meilleure résistance et performance à basse température, mais leur coût est plus élevé. Les batteries au lithium se distinguent par leurs performances techniques supérieures, caractérisées par une autodécharge minimale et une densité énergétique élevée. Les batteries de type "gel" (Figure II.5), qui renferment un électrolyte immobilisé, peuvent être améliorées en y ajoutant

de l'acide phosphorique pour accroître leur durabilité lors de cycles de charge et décharge profonds [14] [15].




**Figure II.5 :** Batteries GEL - 12V - 60A/h à 220A/h

### II.5.3 Régulateurs

Les régulateurs de charge sont des dispositifs qui exercent un contrôle sur l'intensité du courant entrant dans les batteries afin de prévenir les surcharges et les décharges profondes dans les systèmes photovoltaïques autonomes. Leur rôle est de garantir la préservation des batteries tout en facilitant un transfert efficace de l'énergie du champ photovoltaïque vers les utilisateurs. Diverses catégories de régulateurs sont disponibles, notamment les régulateurs à effet shunt, à effet série, à modulation de largeur d'impulsion (PWM) et à point de puissance maximale (MPPT) (Figure II.6) [12].




**Figure II.6 :** Régulateur Smart Solar MPPT 10A à 100A

### II.5.4 Onduleurs

Les onduleurs sont des dispositifs qui transforment le courant continu (CC) produit par les panneaux solaires en courant alternatif (CA) (Figure II.7), indispensable pour la fourniture d'énergie aux dispositifs et équipements électriques résidentiels ou industriels [12].

Il existe principalement deux catégories d'onduleurs dans les systèmes photovoltaïques autonomes :

- **Onduleurs hors réseau :** Ces dispositifs sont mis en œuvre en l'absence de connexion du système photovoltaïque au réseau électrique, afin de transformer le courant continu en courant alternatif en vue de l'alimentation des équipements isolés du réseau.

.

- **Onduleurs hybrides :** Ils combinent à la fois les caractéristiques des onduleurs autonomes et des chargeurs de batterie, ce qui leur permet non seulement d'assurer la conversion du courant continu en courant alternatif, mais également de recharger les batteries à partir du réseau électrique en cas de besoin.

Chaque type est sélectionné en fonction des exigences spécifiques de l'installation et de la disponibilité du réseau électrique.




**Figure II.7 :** Easy Solar -II GX 48V - 3000VA à 5000VA – MPP

### II.5.4.1 Caractéristiques des onduleurs

Les caractéristiques principales des onduleurs sont les suivantes :

- Les onduleurs légers (de basse puissance) fournissent une puissance de sortie allant de 100 à 10 000 W.
- Les onduleurs de résistance moyenne offrent une puissance allant de 500 à 20 000 W.
- Les onduleurs robustes (de grande puissance) peuvent délivrer une puissance électrique allant de 10 000 à 60 000 W.

### II.5.4.2 Charges des onduleurs (utilisateurs)

Il existe deux types d'appareils alimentés par le système :

- Les onduleurs qui fonctionnent en courant continu, comme les équipements de télécommunications et les pompes à eau.
- Les onduleurs qui fonctionnent en courant alternatif, notamment dans les applications résidentielles. Ainsi, l'installation d'un onduleur est indispensable dans ce contexte. Afin de d'optimiser l'utilisation de l'énergie photovoltaïque, il est recommandé de favoriser l'utilisation d'appareils fonctionnant en courant continu plutôt que d'introduire un onduleur et un appareil consommant du courant alternatif.

## II.5.5 Accessoires

Lorsqu'il s'agit des accessoires, il est essentiel de mentionner les câbles qui garantissent la connexion entre les divers composants du système photovoltaïque.

## II.6. Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques

Le dimensionnement des systèmes photovoltaïques revêt une importance capitale afin d'assurer leur efficacité et de satisfaire les besoins des utilisateurs en matière d'énergie électrique. Ce processus implique l'évaluation de la taille idéale du générateur photovoltaïque et du dispositif de stockage, en tenant compte de la demande électrique anticipée. Deux paramètres fondamentaux doivent être pris en considération [16].

- **Rayonnement incident sur le système** : Il est crucial de prendre en considération l'irradiation solaire reçue par le dispositif photovoltaïque, laquelle est influencée par la localisation géographique et l'orientation des panneaux solaires.
- **Précision de la consommation** : Il est essentiel de calculer de manière précise la consommation électrique anticipée, en prenant en compte la puissance maximale des appareils (exprimée en W ou kW), leur temps d'utilisation et la tension nécessaire [16].

### II.6.1 Paramètres d’entrée intervenants dans le dimensionnement

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque nécessite la prise en compte de divers paramètres fondamentaux. Les principaux paramètres à prendre en considération lors de l'élaboration et du dimensionnement d'un système solaire sont les suivants :

- **L’emplacement du générateur PV :** Il est essentiel de sélectionner avec soin l'emplacement des panneaux solaires en prenant en considération des facteurs tels que l'orientation, l'inclinaison, l'exposition au soleil et l'absence d'ombres portées.
- **Les composants du système PV** : Il est essentiel d'évaluer les spécifications des modules photovoltaïques, du régulateur de charge, de l'onduleur et des batteries. Chaque élément doit être adapté aux besoins spécifiques de l’installation et être compatible avec les autres composants.
- **La charge électrique** : Il est important d'estimer avec précision la consommation électrique anticipée (exprimée en kWh) afin de dimensionner adéquatement le système en tenant compte des équipements électriques en usage et de leur durée d'utilisation.

#### II.6.1.1 Paramètres relatifs au système PV

Les paramètres du système photovoltaïque (PV) permettent d'estimer de manière approximative les performances de l'installation. Elles englobent les panneaux solaires, les composants de stockage d'énergie, le régulateur et l'onduleur disponibles sur le marché, conformément aux normes de l'industrie ou aux spécifications techniques fournies par les fabricants.

#### II.6.1.2 Paramètres relatifs au site d’installation

Il est essentiel de tenir compte des caractéristiques suivantes pour dimensionner un générateur photovoltaïque (PV) en fonction des conditions du site :

- **La localisation** : La position géographique influence l’irradiation solaire reçue.
- **Altitude** : L’élévation par rapport au niveau de la mer affecte également l’irradiation
- **Réflectivité du sol (ou albédo)** : La capacité du sol à réfléchir la lumière solaire affecte la quantité de lumière indirecte reçue par les panneaux.

- **Irradiation moyenne journalière la plus défavorable dans l'année** : Cette valeur est employée afin de garantir que le système sera dimensionné de manière à fonctionner même durant les journées présentant le moins d'ensoleillement.

### II.6.1.3 paramètres relatifs aux modules photovoltaïques (PV)

Les principaux paramètres à considérer lors de l'installation des modules photovoltaïques sont les suivants :

- **Tension maximale (Voc) :** La tension électrique maximale produite par le module PV sous une irradiance solaire de 1000 W/m² et à une température de 25 °C correspond à la tension en circuit ouvert (Voc) du module, c'est-à-dire la tension aux bornes du module en l'absence de connexion à un circuit électrique.
- **Courant maximal (Isc) :** Le courant électrique maximal généré par le module PV en cas de court-circuit (c'est-à-dire lorsque les bornes du module sont directement connectées sans résistance) est mesuré dans des conditions standard d'irradiance solaire et de température, tout comme la tension maximale.
- **Puissance maximale (Pmax) :** La puissance électrique maximale fournie par le module PV est déterminée en multipliant la tension maximale (Voc) par le courant maximal (Isc) lorsqu'il fonctionne à son point de puissance maximale (MPP), qui correspond au point où le module génère le plus d'énergie électrique dans des conditions spécifiques.

Ces paramètres revêtent une importance cruciale lors de la conception et du dimensionnement des systèmes photovoltaïques, car ils orientent le choix des modules en adéquation avec les exigences énergétiques, la localisation géographique et les paramètres environnementaux. Il convient de souligner que ces caractéristiques peuvent présenter des variations selon le fabricant et le type de module photovoltaïque [17].

### II.6.1.4 Paramètres concernant les batteries de stockage

Lors de l'installation des batteries de stockage, il convient de prendre en compte des paramètres qui revêtent une importance cruciale dans le processus de conception et d'utilisation efficace des systèmes de stockage d'énergie, car ils impactent directement la capacité de stockage, la durabilité et les performances globales des batteries. Ainsi, il est recommandé de se référer aux spécifications fournies par le fabricant afin d'obtenir les valeurs spécifiques associées à chaque type de batterie. Les principaux paramètres sont les suivants :

- **Profondeur de décharge (DoD)** : La profondeur de décharge désigne la quantité d'énergie pouvant être prélevée d'une batterie avant qu'elle ne soit considérée comme déchargée, exprimée en pourcentage et variant selon le type de batterie. Par exemple, une batterie au plomb-acide peut supporter une DoD plus élevée (jusqu'à 80 %) sans subir de dommages majeurs, tandis qu'une batterie lithium-ion a généralement une DoD recommandée plus basse (environ 80 % maximum). Il est crucial de respecter ces seuils afin de prolonger la durée de vie de la batterie.
- **Rendement énergétique** : Le taux de rendement énergétique d'une batterie évalue l'efficacité de la conversion d'énergie entre la charge et la décharge, et est habituellement exprimé en pourcentage. Lors du processus de chargement d'une batterie, une fraction de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur, de résistance interne et d'autres formes de pertes. Le rendement énergétique reflète la capacité de la batterie à stocker et à restituer l'énergie de manière efficace. Un rendement élevé, dépassant les 90 %, est préférable afin de réduire au minimum ces pertes.

Il convient de souligner que la sélection de composants certifiés et conformes aux normes internationales revêt une importance capitale afin d'assurer la sécurité et la fiabilité d'un système photovoltaïque. Ces composants font l'objet de tests rigoureux visant à évaluer leur qualité et leurs performances, garantissant ainsi une efficacité optimale et une durabilité accrue du système. Leur utilisation permet également de prévenir les problèmes techniques et les pannes qui pourraient résulter de l'emploi de composants non conformes, pouvant entraîner des pertes de rendement ou même des risques pour la sécurité. Ainsi, opter pour des composants certifiés représente un investissement avisé pour la pérennité et la performance d'un système photovoltaïque.

#### II.6.1.5 Paramètres concernant le régulateur de charge

Les principaux paramètres à considérer sont les suivants :

- **Tension nominale du régulateur de charge (Voc)** : C'est la tension maximale que le régulateur peut gérer en entrée. Elle dépend du système de batterie et du type de panneaux solaires utilisés. Assurez-vous qu'elle est compatible avec la tension du panneau solaire.
- **Tension de charge (Vbat**) : Cette tension est utilisée pour charger la batterie. Elle doit être adaptée au type de batterie (plomb-acide, lithium-ion, etc.). Par exemple, une batterie au plomb-acide nécessite une tension de charge différente de celle d'une

batterie lithium-ion. Le réglage précis de cette tension est essentiel pour prolonger la durée de vie de la batterie.

- **Rendement du régulateur de charge** : Le rendement mesure l'efficacité de conversion de l'énergie entre le panneau solaire et la batterie. Un rendement élevé (supérieur à 90 %) est souhaitable pour minimiser les pertes d'énergie pendant la charge.
- **Protection contre la surcharge et la décharge** excessive : Le régulateur protège la batterie contre la surcharge (lorsqu'elle est complètement chargée) et la décharge excessive (lorsqu'elle est trop déchargée). Il surveille la tension de la batterie et ajuste la charge en conséquence.
- **Modes de fonctionnement** : Certains régulateurs proposent divers modes de fonctionnement, tels que la modulation de largeur d'impulsion (PWM) ou le suivi du point de puissance maximale (MPPT). Le MPPT s'avère plus performant en raison de son aptitude à maximiser la production d'énergie en adaptant automatiquement la tension de charge en fonction des conditions solaires.

#### II.6.1.6 Paramètres concernant l'onduleur

En ce qui concerne l'onduleur continu/alternatif, un paramètre crucial à définir est le rendement, généralement fourni par le fabricant. Ce dernier représente l'efficacité de conversion de l'énergie continue des panneaux solaires en énergie alternative du réseau électrique. Un rendement élevé est préférable pour optimiser l'exploitation de l'énergie solaire.

#### II.6.1.7 Paramètres concernant la charge

Les paramètres liés à la charge dans un système photovoltaïque sont essentiels pour la conception et le dimensionnement du système. Voici quelques détails sur ces paramètres :

- **Type d'alimentation :** Il est nécessaire de déterminer le type de courant utilisé par la charge, qu'il s'agisse de courant continu (CC) ou de courant alternatif (CA), car cela influencera la sélection de l'onduleur.
  Les charges en courant continu comprennent des équipements tels que des pompes, des ventilateurs et des éclairages à basse tension.
  Alors que les charges AC font référence à celles qui requièrent une alimentation électrique standard provenant du secteur (tension de 230 V en Europe).

- **Puissance de la charge :** La puissance nominale de la charge (exprimée en watts) indique la quantité d'énergie qu'elle consomme. Il nécessaire de s'assurer que l'onduleur est dimensionné pour gérer la puissance maximale de la charge.

- **Durée de fonctionnement par jour :** Quelle est la durée quotidienne d'utilisation de la charge ? Cette donnée impacte directement la capacité de stockage des batteries. En cas d'utilisation continue de la charge tout au long de la journée, il conviendra d'ajuster la dimension du système en conséquence.

## II.7. Méthodes du dimensionnement

Diverses méthodes sont disponibles pour le dimensionnement d'un système photovoltaïque :

### II.7.1. Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation

Cette méthode permet d'améliorer la conception d'un système dans des situations complexes (telles que les variations saisonnières de l'irradiation, la couverture nuageuse, etc.) en utilisant un logiciel adapté. Cependant, un inconvénient de cette méthode est la nécessité de disposer de données sur le rayonnement solaire sur une période caractérisée par une longue durée (au moins 10 ans) [19].

### II.7.2. Dimensionnement du moyen annuel

Cette approche consiste à évaluer la quantité d'énergie exploitable pendant une période critique d'un mois, désignée comme le mois le plus contraignant. Ce mois est celui où l'irradiation moyenne mensuelle est la plus basse de l'année, ou dans certaines régions, pendant la saison hivernale rigoureuse [19].

### II.7.3. Méthode LPSP

Probabilité de Perte d'énergie (Loss of Power Supply Probability), c'est une approche probabiliste qui a été introduite par Abou Zahr et Ramakumar dans le domaine des systèmes de génération photovoltaïque. Elle est largement utilisée dans la conception et l'optimisation des systèmes autonomes (stand alone). Cette méthode repose sur le concept de LPSP, qui représente la probabilité qu'un système soit confronté à une pénurie énergétique à un moment donné au cours d'une période d'analyse, indiquant ainsi un état où le système ne serait pas en mesure de répondre aux besoins énergétiques de la charge [20].

### II.7.4. Méthode simplifiée

Ce modèle est réputé pour sa simplicité, offrant une approche complète pour le dimensionnement de tous les aspects de l'installation solaire en un minimum d'étapes.

## II.8 Conclusion

Ce chapitre a examiné les systèmes photovoltaïques et les diverses catégories disponibles sur le marché, en mettant l'accent sur les systèmes photovoltaïques autonomes. Nous avons exposé les différentes composantes du système, en mettant l'accent sur les paramètres essentiels de chaque composant afin d'optimiser la génération d'électricité en fonction des conditions d'exploitation et des besoins quotidiens des consommateurs. De plus, nous avons présenté les différentes approches de dimensionnement disponibles dans la littérature.

# Chapitre III

# Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome :

# Modélisation et résultats

## III.1 Introduction

Afin de préserver les précieuses ressources naturelles en pétrole et en gaz naturel de l'Algérie pour la production d'électricité et de réduire l'impact environnemental des gaz à effet de serre émis lors de la combustion de combustibles fossiles, les autorités ont préconisé l'utilisation des énergies renouvelables. En particulier, elles ont encouragé le recours à l'énergie solaire pour la production d'électricité domestique, en accordant des subventions pour l'installation de systèmes solaires dans des infrastructures publiques. C'est dans ce contexte que ce chapitre se concentre sur l'étude du dimensionnement d'un système solaire autonome destiné à répondre aux besoins énergétiques d'une habitation située à Ain D'Heb, dans la ville de Médéa en utilisant deux approches de calcul différentes respectivement la méthode simplifiée et au moyen de l'utilisation de logiciel PVsyst

## III.2 Présentation de l'habitat à étudier

Le but de cette recherche consiste à installer des systèmes photovoltaïques pour approvisionner en électricité une maison individuelle située à Ain D'heb, dans la ville de Médéa. Cette maison se compose de deux chambres, d'un salon, d'une cuisine, d'une salle de bains et d'un couloir, et loge une famille de cinq membres.

## III.3 Données géographiques Climat et rayonnement solaire

La wilaya de Médéa est localisée à 90 km au sud-ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie d'environ 2 300 km² et compte une population d'environ 990 592 habitants, ce qui correspond à une densité de population d'environ 430,8 habitants par km². Les données géographiques, climatiques et rayonnement solaire de la ville de Médéa se présentent comme suit.

### III.3.1 Coordonnées géographiques

Latitude : 35.7058 degrés Nord

Longitude : 4.5419 degrés Est

Altitude : 494 mètres

Médéa se trouve dans le fuseau horaire TU+1

### III.3.2 Climat

Le climat semi-aride de Médéa est caractérisé par des conditions sèches et froides. Les températures varient généralement entre 3 °C et 38 °C au cours de l'année. Le mois le plus chaud est juillet avec des températures moyennes allant de 23 °C à 38 °C, tandis que janvier est le mois le plus froid avec des températures moyennes allant de 3 °C à 14 °C.

### III.3.3 Rayonnement solaire

Le flux de rayonnement solaire reçu quotidiennement à la surface terrestre sur une large zone, en prenant en considération les variations saisonnières de la durée du jour, de l'élévation du Soleil dans le ciel, de l'absorption par les nuages et d'autres éléments atmosphériques, est présenté dans la figure III.2.

D'après cette illustration, il est observé que la période la plus ensoleillée de l'année s'étend sur environ 3,4 mois, allant du 7 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident d'au moins 6,8 kWh par mètre carré. Le mois le plus lumineux à Médéa est juillet, affichant une moyenne de 7,8 kWh. La période la plus sombre de l'année s'étend sur 3,4 mois, allant du 30 octobre au 11 février, caractérisée par un rayonnement solaire incident inférieur à 3,5 kWh par mètre carré. En décembre, qui est le mois le plus sombre de l'année à Médéa, la moyenne de ce rayonnement est de 2,5 kWh.

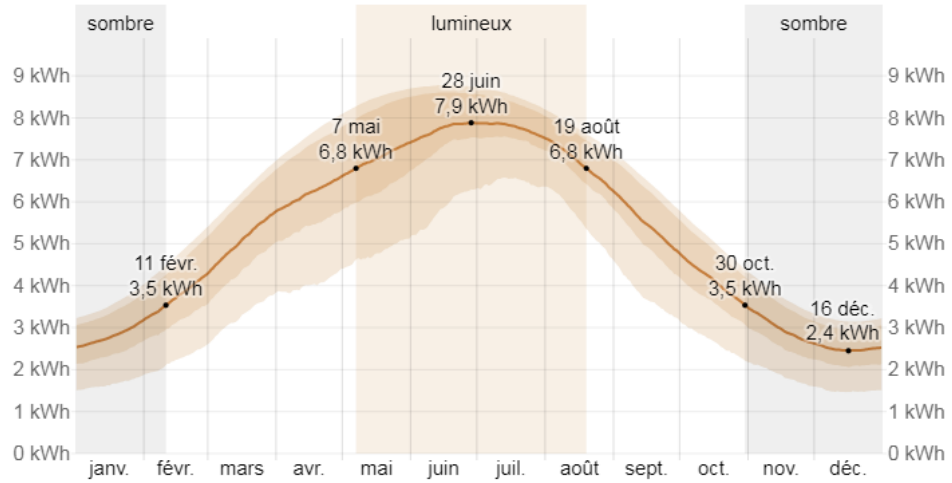



**Figure III.1 :** Rayonnement solaire incident quotidien moyen à Médéa

## III.4 Profile de charge

Le profil de charge électrique du logement reflète les besoins de consommation des occupants. Le tableau III.1 et la figure III.2 recensent les différentes charges, en fournissant toutes les données techniques nécessaires concernant des appareils ménagers et la durée de fonctionnement pendant la journée, afin d'estimer la consommation énergétique quotidienne et la puissance totale des équipements électroménagères.

| Equipements | Puissance unitaire (W) | Temps de fonctionnement (heure) | Nombre | Puissance (W) | Consommation journalière (Wh/j) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lampes** | 13 | 10 | 4 | 52 | 520 |
| **TV** | 170 | 4 | 1 | 170 | 680 |
| **Climatiseur** | 1200 | 6 | 1 | 1200 | 7200 |
| **Frigo** | 300 | 24 | 1 | 300 | 7200 |
| **PC portable** | 75 | 3 | 1 | 75 | 225 |
| **Machine à laver** | 500 | 1 | 1 | 500 | 500 |
| **Autres utilisations** | 1500 | 1 | 1 | 1500 | 1500 |
| | | | | $P_{tot}$ **=3797W** | $E_{cj}$ **=17825Wh/j** |

**Tableau III.1 :** Appareils ménagers : puissance et durée d'utilisation




**Figure III.2 :** Profil de charge des appareils de logement et la période d'utilisation

En se basant sur le profil de charge, on peut estimer la consommation journalière( $E_{cJ}$ )du logement à l'aide de la relation suivante :

$$\boldsymbol{E_{cj} = \sum E_j} \qquad \text{III.1}$$

Où Ej désigne la consommation en watt de l'appareil j qui se calcul à partir de la relation suivante :

$$\boldsymbol{E_j = P_j * t_j * N_j} \qquad \text{III.2}$$

Avec :

$P_j$ : Puissance de l'appareil j

$t_j$ : Durée de fonctionnement (ou utilisation)

$N_j$ : Nombre de l'appareil en question

Sur la base des données et après calcul il en résulte que :

$$E_{cj} = 17825\ Wh/J$$

En prenant en considération les pertes dans l'installation, évaluées à 10 % de la consommation journalière, il est possible d'estimer l'énergie totale effectivement consommée par le logement, exprimée par la relation suivante :

$$\boldsymbol{E_{totale} = E_{cj} + 0.1 * E_{cj}} \qquad \text{III.3}$$

À prés calcul on trouve :

$$\boldsymbol{E_{totale} = 17825 + 0.1 * 17825 = 19607.5\ Wh/J} \qquad \text{III.4}$$

Il est également important de procéder au calcul de la puissance totale ($P_{totale}$) des équipements électroménagers du domicile, laquelle est évaluée de la manière suivante :

**$P_{totale}$** = Lampes (13W×4) +TV (170W×1) Climatiseur (1200W×1) + Frigo (300W×1) + PC portable (75W×1) + Machine à laver (500W×1) + Autres utilisation (1500W×1) **III.5**

**$P_{totale:}$** (52W+170W+1200W+300W+75W+500W+1500W) =**3797 W**

Étant donné que la puissance totale excède 2000 W, il est recommandé d'utiliser une tension de système de 48VDC du point de vue technique.

En prenant en compte à la fois l'énergie totale consommée par la résidence ($E_{totale)}$ et la puissance totale des appareils ($P_{totale}$), il sera envisageable de déterminer le nombre requis de

panneaux solaires, de batteries ainsi que les spécifications de l'onduleur indispensables pour l'installation photovoltaïque.

## III.5 Dimensionnements d'un système PV par la méthode simplifiée

En prenant en compte à la fois l'énergie totale consommée par la résidence ($E_{totale}$) et la puissance totale des appareils ($P_{totale}$), il sera envisageable de déterminer le nombre requis de panneaux solaires, de batteries ainsi que les spécifications de l'onduleur indispensables pour l'installation photovoltaïque.

### III.5.1 Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques

Nous avons choisi un panneau photovoltaïque monocristallin de 250 W / 24 V, ce qui signifie qu'il produit 250 W sous un rayonnement de 1000 W/m². Ainsi, la puissance totale des panneaux peut être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$\boldsymbol{P_t = \frac{E_{totale}}{PSH * \eta}} \qquad \text{III.6}$$

Avec :

Pt : La puissance totale des panneaux

η : L'efficacité de système (η = 0.8)

PSH : Nombre d'heure d'ensoleillement qui est estimée à 5 heures par jour le long de l'année

Donc :

$$\boldsymbol{P_t = \frac{19607.5}{PSH * \eta} = 4901.87\ W} \qquad \text{III.7}$$

Cela conduit à calculer le nombre de panneaux en utilisant la relation suivante :

$$\boldsymbol{N_{panneaux} = \frac{P_t}{250} = 19.61 \approx 20} \qquad \text{III.8}$$

Pour notre installation, nous aurons besoin de 20 panneaux photovoltaïques qui seront interconnectés de la manière suivante :

Deux modules photovoltaïques sont connectés en série, tandis que dix modules photovoltaïques sont connectés en parallèle.

### III.5.2 Calcul du nombre de batteries

En partant d'une réserve énergétique de 4 jours pour pallier les périodes partiellement ou totalement ensoleillées durant la saison hivernale, il est possible d'évaluer la demande en électricité devant être assurée par les batteries en se basant sur l'équation suivante :

$$\boldsymbol{E_{batteries} = E_{totale} * 4} \qquad \text{III.9}$$

Cela donne :

$$\boldsymbol{E_{batteries} = 19607.5 * 4 = 78430\ kW} \qquad \text{III.10}$$

Pour le calcul du nombre de batteries nécessaires, il a été choisi d'opter pour des batteries au plomb-gel de 12 V/200 Ah. Par conséquent, le nombre de batteries $N_{batterie}$ de ce type est déterminé en fonction de la relation suivante :

$$\boldsymbol{N_{batteries} = \frac{E_{batteries}}{2400} = 32.6 \approx 32} \qquad \text{III.11}$$

Par conséquent, il est nécessaire d'installer 32 batteries de 12 V / 200 Ah. Pour la connexion des batteries, la configuration retenue est la suivante : 4 batteries en série et 8 batteries en parallèle.

## III.5.3 Choix de l'onduleur

La puissance fournie par l'onduleur ($P_{ond}$) se calcule en divisant la puissance totale des appareils électroménagers par le rendement de l'onduleur, noté η = 0.8.

$$\boldsymbol{P_{Ond} = \frac{P_{tot}}{\eta} = \frac{3797}{0.8} = 4746.25\ W} \qquad \text{III.12}$$

Cela conduit à des caractéristiques de l'onduleur de 48 V / 5000 W.

## III.6 Conception et dimensionnement d'une installation photovoltaïque à l'aide du logiciel PVsyst

### III.6. 1 Présentation du logiciel de simulation PVsyst :

PVsyst représente un logiciel largement répandu dans le secteur de l'énergie solaire photovoltaïque, destiné à accompagner les professionnels tels que les architectes, ingénieurs et chercheurs dans les phases de conception, de simulation et d'évaluation des performances des systèmes solaires photovoltaïques. Il se distingue par sa polyvalence et son aptitude à l'analyse approfondie des installations photovoltaïques, offrant ainsi un support essentiel tant pour la modélisation de projets solaires que pour l'exploitation de données mesurées et leur confrontation avec les résultats de simulations.

Cette approche intégrée vise à optimiser les performances des installations PV. Voici quelques éléments clés à retenir concernant PVsyst [20] :

- **Conception de projet** : PVsyst est un logiciel de modélisation permettant d'analyser des systèmes photovoltaïques en prenant en compte divers paramètres tels que les modules solaires, les onduleurs, ainsi que les effets d'ombrage causés par les bâtiments environnants. Il offre la possibilité de créer plusieurs scénarios en fonction de la localisation, de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux solaires.
- **Base de données** : PVsyst dispose d'une base de données intégrée pour les données météorologiques (rayonnement solaire, température, etc.) ainsi que les caractéristiques des composants (panneaux, onduleurs, câbles, etc.).
- **Simulation des performances** : Le logiciel réalise des simulations horaires afin d'évaluer la quantité d'énergie solaire produite pendant une période déterminée. Il intègre les pertes causées par les ombres, la température, les pertes de câbles et entre autres.
- **Analyse financière** : PVsyst peut également générer des rapports financiers,
- **Visualisation et exportation des résultats :** Il est possible de visualiser et d'exporter les résultats sous forme de graphiques, de tableaux ou de rapports imprimables.

### III.6.2 Conception et dimensionnement de l'installation PV par PVsyst

La conception de l'installation par PV syst est une procédure qui suit les étapes suivantes.

1- **Spécification de la puissance désirée ou de la surface disponible :** Dans un premier temps, il est nécessaire d'évaluer la quantité d'électricité souhaitée pour l'installation de panneaux photovoltaïques.

2- **Choix des modules PV :** Consultation des données internes afin de choisir les modules photovoltaïques appropriés et la sélection des onduleurs adaptés à l'installation [21]

### III.6.3 Données météorologiques du site

Une fois que le site ou la résidence a été localisé, on sélectionne le bouton « importer » afin d'importer les données météorologiques du site dans PVSYST Comme le montre la figure III.3.Ces informations illustrent l'intensité de l'irradiation, la température moyenne et la vitesse du vent mensuelles :

Site **Aïn Dhab (Algérie)**

Source des données NASA-SSE satellite data 1983-2005

| | Irradiation globale horizontale | Irradiation diffuse horizontale | Température |
|---|---|---|---|
| | kWh/m²/jour | kWh/m²/jour | °C |
| Janvier | 2.57 | 0.85 | 11.2 |
| Février | 3.47 | 1.09 | 11.6 |
| Mars | 4.68 | 1.44 | 13.3 |
| Avril | 5.80 | 1.82 | 15.4 |
| Mai | 6.51 | 2.11 | 18.6 |
| Juin | 7.26 | 2.08 | 22.9 |
| Juillet | 7.26 | 1.95 | 25.7 |
| Août | 6.51 | 1.75 | 26.2 |
| Septembre | 5.34 | 1.48 | 23.5 |
| Octobre | 3.82 | 1.22 | 20.1 |
| Novembre | 2.69 | 0.94 | 15.7 |
| Décembre | 2.23 | 0.80 | 12.6 |
| **Année** | **4.85** | **1.46** | **18.1** |

**Figure III.3 :** Données météorologiques du site

### III.6.4 Trajectoire du soleil

La localisation du mouvement apparent du soleil à un certain point sur Terre nécessite deux angles principaux :

- **Hauteur solaire (HS) :** Cet angle mesure la distance angulaire entre le soleil et le plan horizontal du lieu d'observation. Plus la hauteur solaire est grande, plus le soleil se trouve proche du zénith, ce qui influence directement l'intensité de l'ensoleillement reçu.
- **Azimut solaire (AZ) :** L'azimut solaire est l'angle horizontal mesuré entre la direction du sud géographique et la position actuelle du soleil dans le ciel. Il est compté positivement de 0° (sud) à 180° (est) et négativement de 0° (sud) à -180° (ouest). Ainsi, un azimut de 0° indique que le soleil est exactement au sud, et un azimut de +90° ou -90° signifie qu'il est respectivement à l'est ou à l'ouest.

Il est essentiel de prendre en compte ces paramètres lors de la conception d'installations solaires photovoltaïques, en particulier pour étudier les ombres portées et maximiser l'exposition aux rayons solaires permettant d'optimiser le rendement énergétique des panneaux solaires tout au long de l'année . La figure III.4 illustre la trajectoire du soleil sur le site d'étude pour différentes journées de l'année.

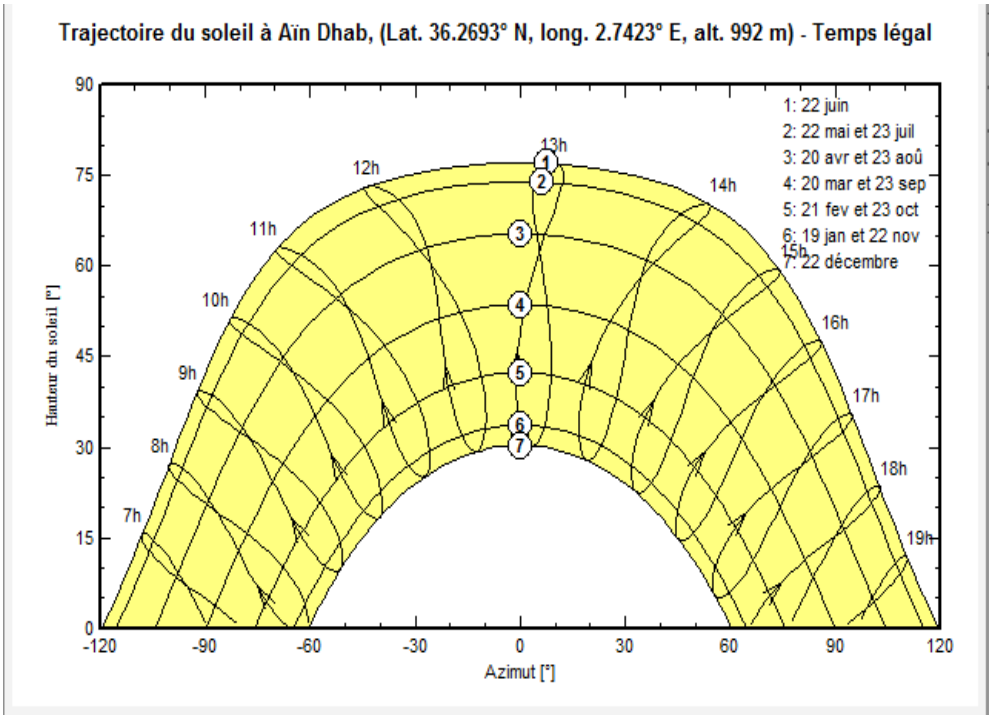



**Figure III.4 :** Trajectoire du soleil.

## III.6.5 Orientation des modules PV

Étant donné le prix élevé des panneaux solaires photovoltaïques, il est essentiel de choisir des orientations et des inclinaisons idéales pour optimiser le rendement énergétique. Une inclinaison fixe de 30° par rapport à l'horizontale a été recommandée par PVsyst comme étant l'optimum comme le montre la figure

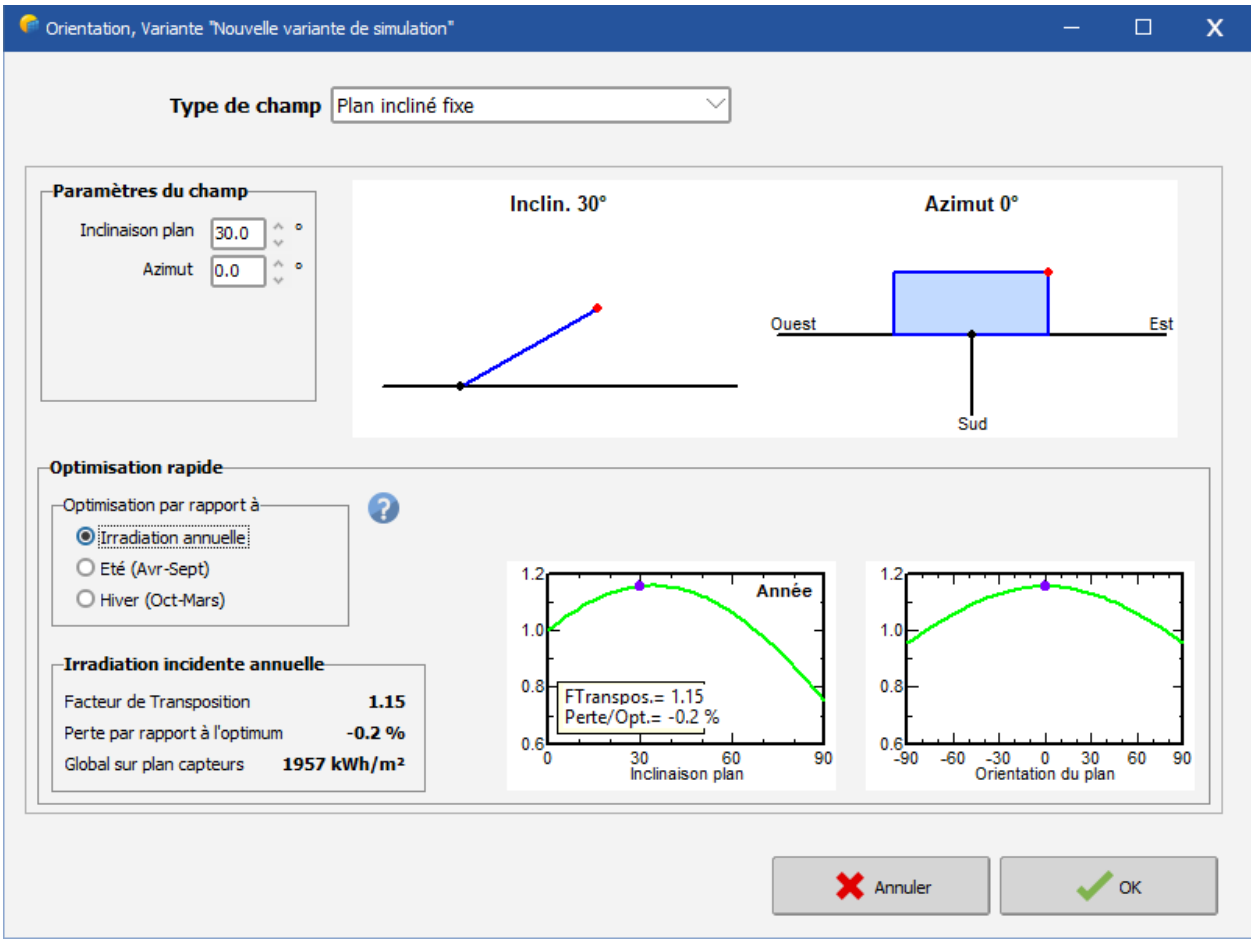



**Figure III.5 :** Orientation des modules PV

### III.6.6 Schéma de l'installation PV

La figure représente le schéma de l'installation PV autonome prise en compte dans la simulation.

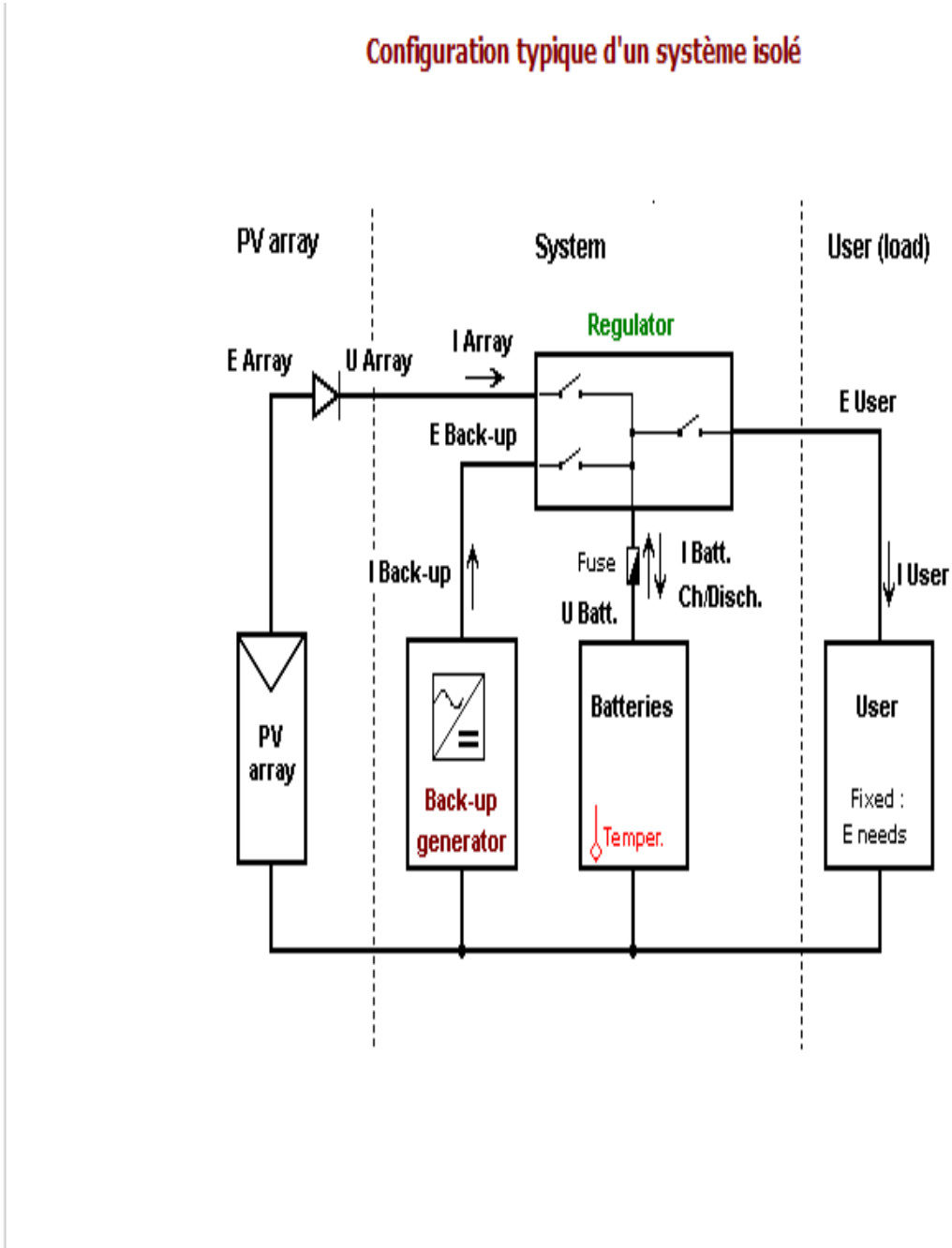



**Figure III.6 :** Schéma de l'installation PV

## III.7 Résultats de simulation par PVsyst

### III.7.1 Besoins électriques

Comme le montre la figure III.7, on introduit sur PVsyst les appareils, le nombre associe ainsi que leurs puissances et la durée de leur utilisation comme données principale pour le dimensionnement de l'installation.

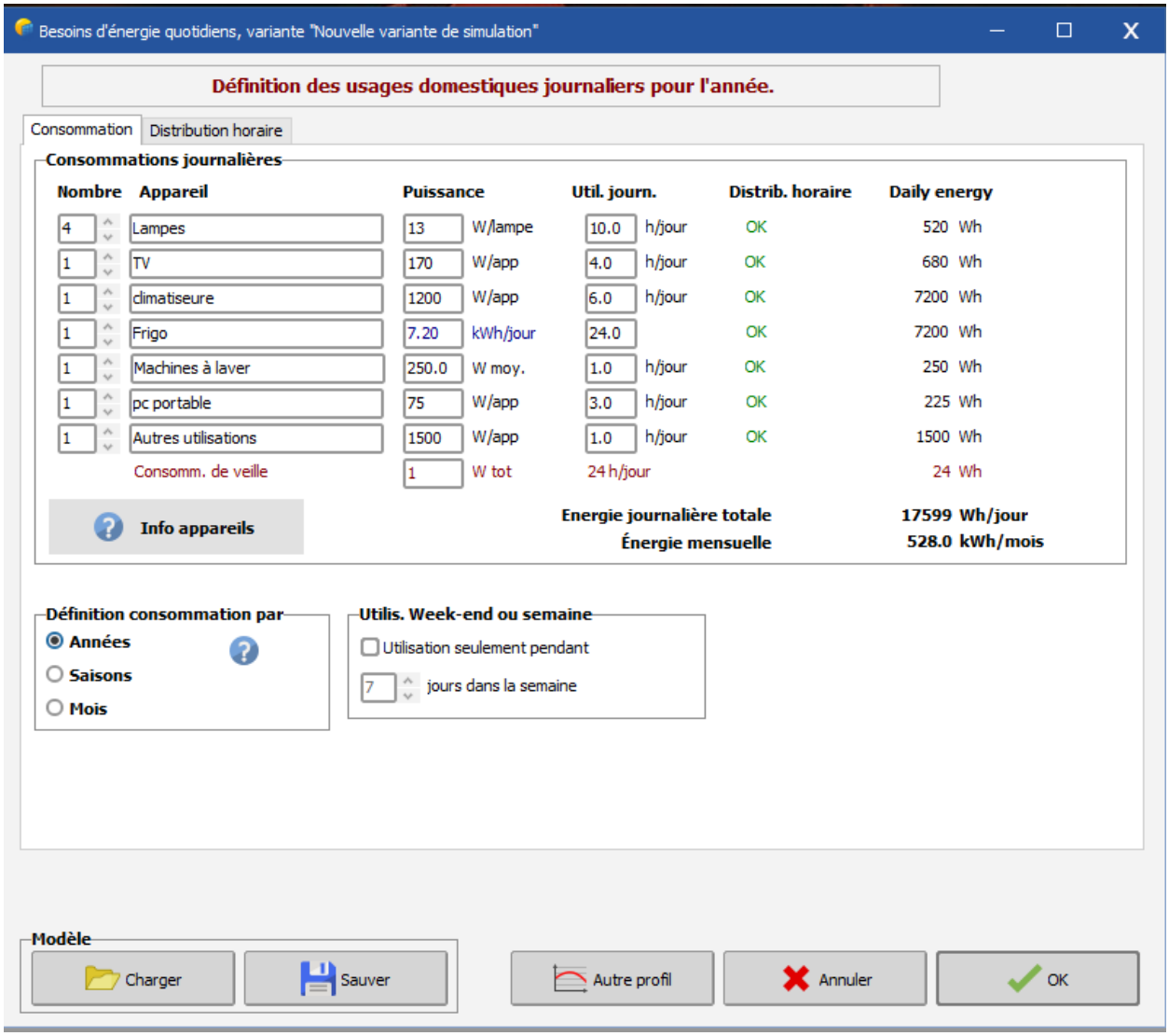



**Figure III.7 :** Besoins électriques

### III.7.2 Simulation des équipements énergétiques

#### III.7.2.1 Batteries

Pour le montage des batteries, nous avons choisi d'utiliser des batteries de type Pb-gel 12V/200Ah, à une température constante de 20°C. Afin d'assurer une autonomie de quatre jours (4J) , il est indiqué par le logiciel, tel qu'illustré dans la figure III.8, que trente-deux batteries sont requises pour alimenter en électricité le domicile. De plus, les résultats fournis par PVsyst indiquent que le raccordement des batteries se fait avec 4 batteries en série et 8 batteries en parallèle.

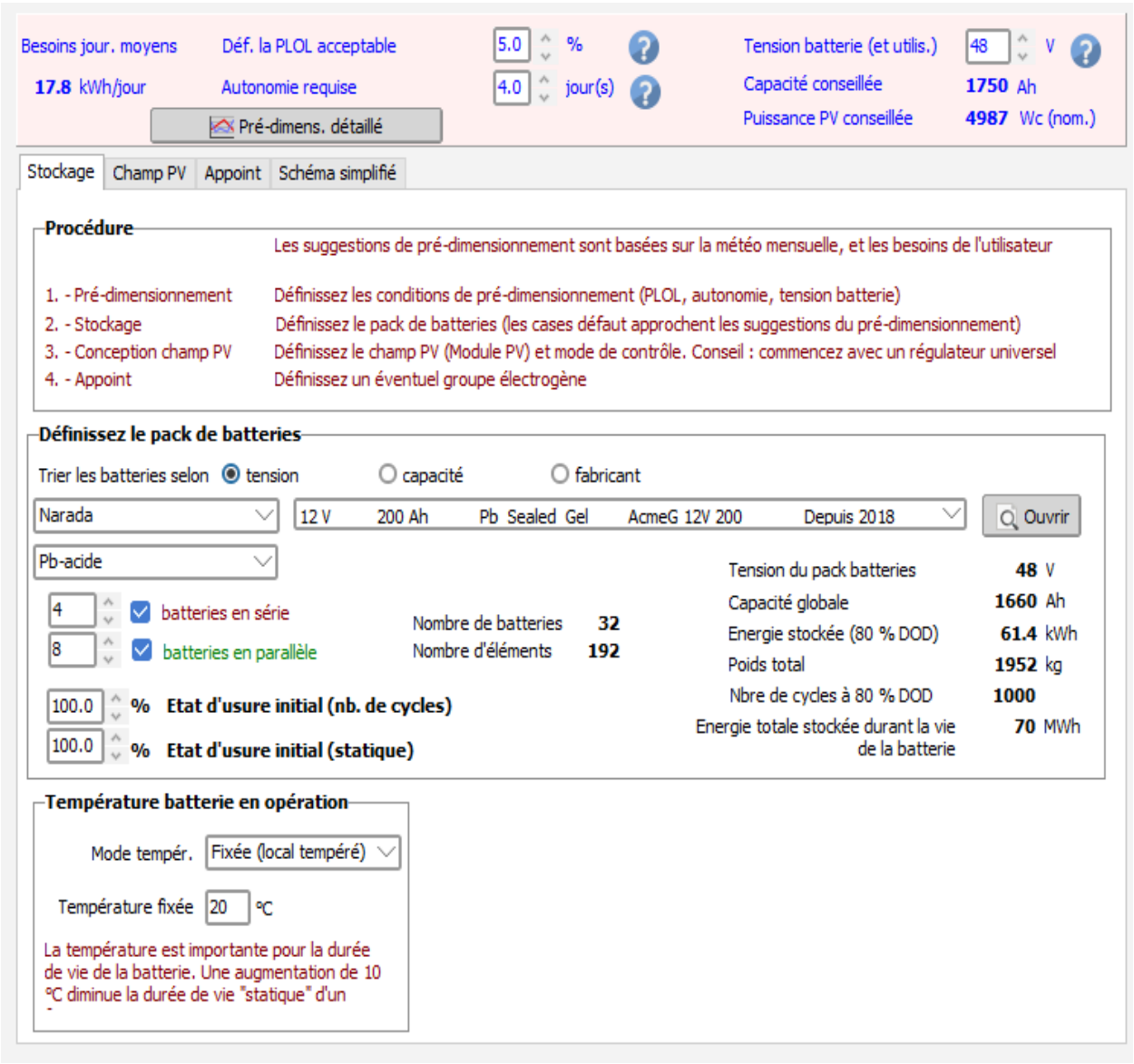



**Figure III .8 :** Nombre de batteries

### III.7.2.2 Le nombre des Panneaux photovoltaïques et caractéristique d'onduleurs :

Comme illustré sur la figure III.9 la résidence en question nécessite l'installation de 20 panneaux photovoltaïques de puissance 250W/25 V en poly cristallin repartis sur une surface de 33 m2 . Ces panneaux sont connectés en 02 modules en série.

Et 10 modules en parallèle.

En ce qui concerne les caractéristiques de l'onduleur nous avons opté pour un onduleur MPPT 1000W/48V/120A.

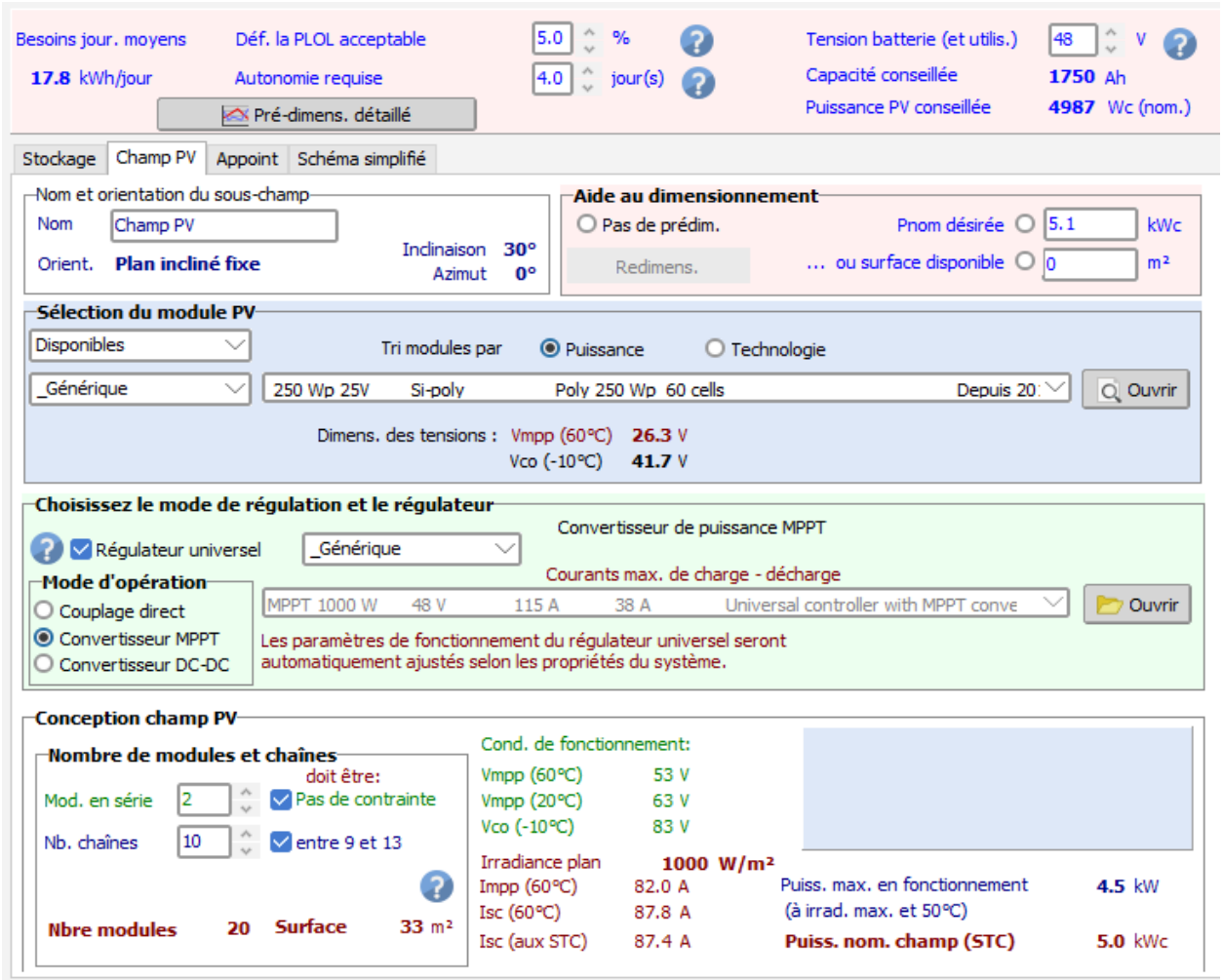



**Figure III.9**: simulation des onduleurs et modules

### III.7.3 Rapport de simulation

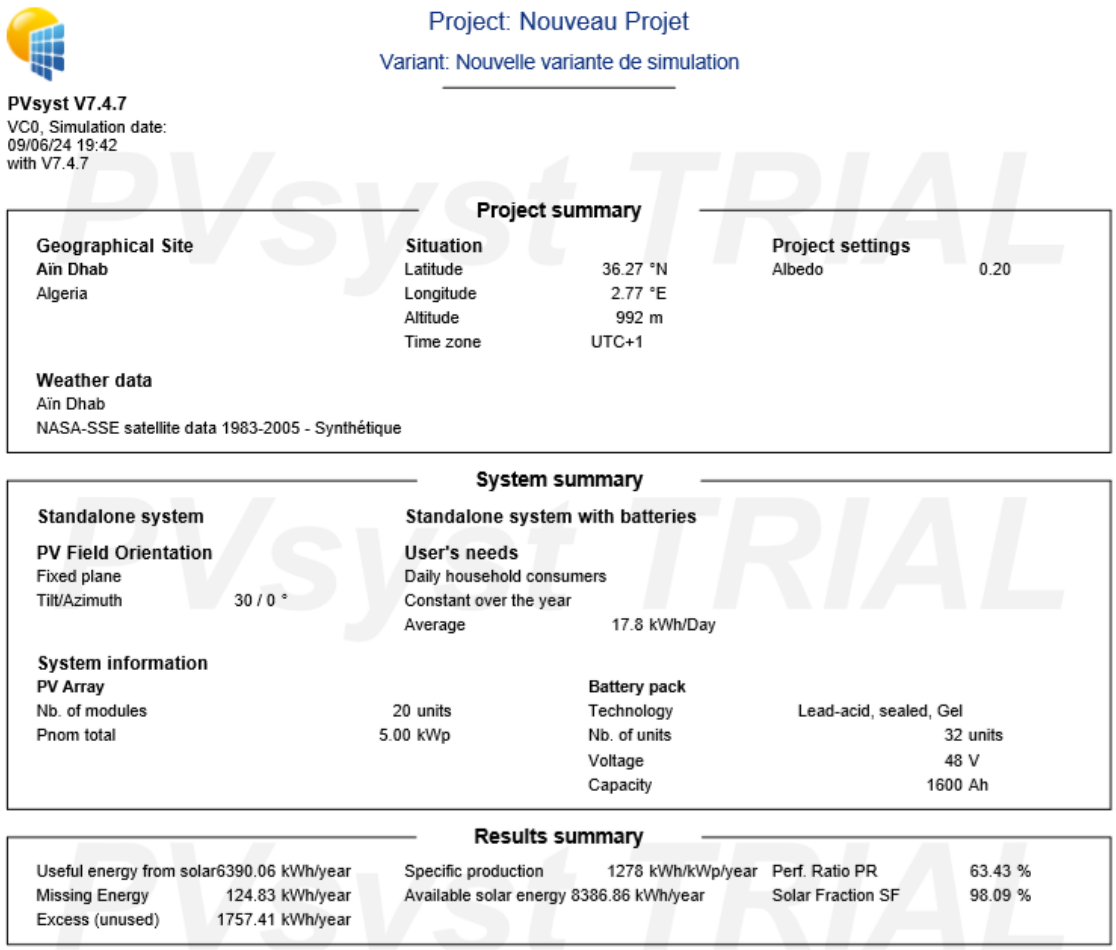
Après la simulation par PVSyst de la consommation de la maison, onobtient le rapport de la simulation illustrée sur les figures III.10 au III.13 . Sur ces figures est les informations suivantes sont indiquées en détails :

Sur la figure III.10 sont indiqués les données géométriques, la consommation journalière, le nombre de panneaux et le nombre de batteries

Sur la figure III.11 sont regroupés les données relatives au panneau solaire utilisé dans l'installation et la superficie totale nécessaire pour le positionnement des panneaux

Sur la figure III.12 est indiqué le besoin journalier en énergie électrique pour l'alimentation du foyer

Sur la figure III.13 les informations relatives à la production en électricité et l'efficacité de l'installation mensuelle du système



Project: Nouveau Projet
Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.4.7
VC0, Simulation date:
09/06/24 19:42
with V7.4.7

**Project summary**

| Geographical Site | Situation | | Project settings | |
|---|---|---|---|---|
| **Aïn Dhab** | Latitude | 36.27 °N | Albedo | 0.20 |
| Algeria | Longitude | 2.77 °E | | |
| | Altitude | 992 m | | |
| | Time zone | UTC+1 | | |

**Weather data**
Aïn Dhab
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthétique

**System summary**

| Standalone system | Standalone system with batteries |
|---|---|
| **PV Field Orientation** | **User's needs** |
| Fixed plane | Daily household consumers |
| Tilt/Azimuth 30 / 0 ° | Constant over the year |
| | Average 17.8 kWh/Day |

**System information**

| PV Array | | Battery pack | |
|---|---|---|---|
| Nb. of modules | 20 units | Technology | Lead-acid, sealed, Gel |
| Pnom total | 5.00 kWp | Nb. of units | 32 units |
| | | Voltage | 48 V |
| | | Capacity | 1600 Ah |

**Results summary**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Useful energy from solar | 6390.06 kWh/year | Specific production | 1278 kWh/kWp/year | Perf. Ratio PR | 63.43 % |
| Missing Energy | 124.83 kWh/year | Available solar energy | 8386.86 kWh/year | Solar Fraction SF | 98.09 % |
| Excess (unused) | 1757.41 kWh/year | | | | |

**Figure III.10** : Résumé du projet et des résultats

## General parameters

**Standalone system** — **Standalone system with batteries**

**PV Field Orientation**

| Orientation | | Sheds configuration | | Models used | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fixed plane | | No 3D scene defined | | Transposition | Perez |
| Tilt/Azimuth | 30 / 0 ° | | | Diffuse | Perez, Meteonorm |
| | | | | Circumsolar | separate |

**User's needs**

Daily household consumers
Constant over the year
Average 17.8 kWh/Day

## PV Array Characteristics

**PV module**

| | |
|---|---|
| Manufacturer | Generic |
| Model | Poly 250 Wp 60 cells |
| (Original PVsyst database) | |
| Unit Nom. Power | 250 Wp |
| Number of PV modules | 20 units |
| Nominal (STC) | 5.00 kWp |
| Modules | 10 string x 2 in series |
| **At operating cond. (50°C)** | |
| Pmpp | 4524 Wp |
| U mpp | 55 V |
| I mpp | 82 A |

**Battery**

| | |
|---|---|
| Manufacturer | Generic |
| Model | AcmeG 12V 200 |
| Technology | Lead-acid, sealed, Gel |
| Nb. of units | 8 in parallel x 4 in series |
| Discharging min. SOC | 20.0 % |
| Stored energy | 63.3 kWh |
| **Battery Pack Characteristics** | |
| Voltage | 48 V |
| Nominal Capacity | 1600 Ah (C10) |
| Temperature | Fixed 20 °C |

**Controller**

| | |
|---|---|
| Universal controller | |
| Technology | MPPT converter |
| Temp coeff. | -5.0 mV/°C/Elem. |
| **Converter** | |
| Maxi and EURO efficiencies | 97.0 / 95.0 % |

**Battery Management control**

| | |
|---|---|
| Threshold commands as | SOC calculation |
| Charging | SOC = 0.90 / 0.75 |
| approx. | 53.9 / 51.3 V |
| Discharging | SOC = 0.20 / 0.45 |
| approx. | 47.9 / 49.7 V |

**Total PV power**

| | |
|---|---|
| Nominal (STC) | 5 kWp |
| Total | 20 modules |
| Module area | 32.5 m² |
| Cell area | 29.2 m² |

## Array losses

**Thermal Loss factor**
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

**DC wiring losses**
Global array res. 11 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

**Serie Diode Loss**
Voltage drop 0.7 V
Loss Fraction 1.1 % at STC

**Module Quality Loss**
Loss Fraction -0.8 %

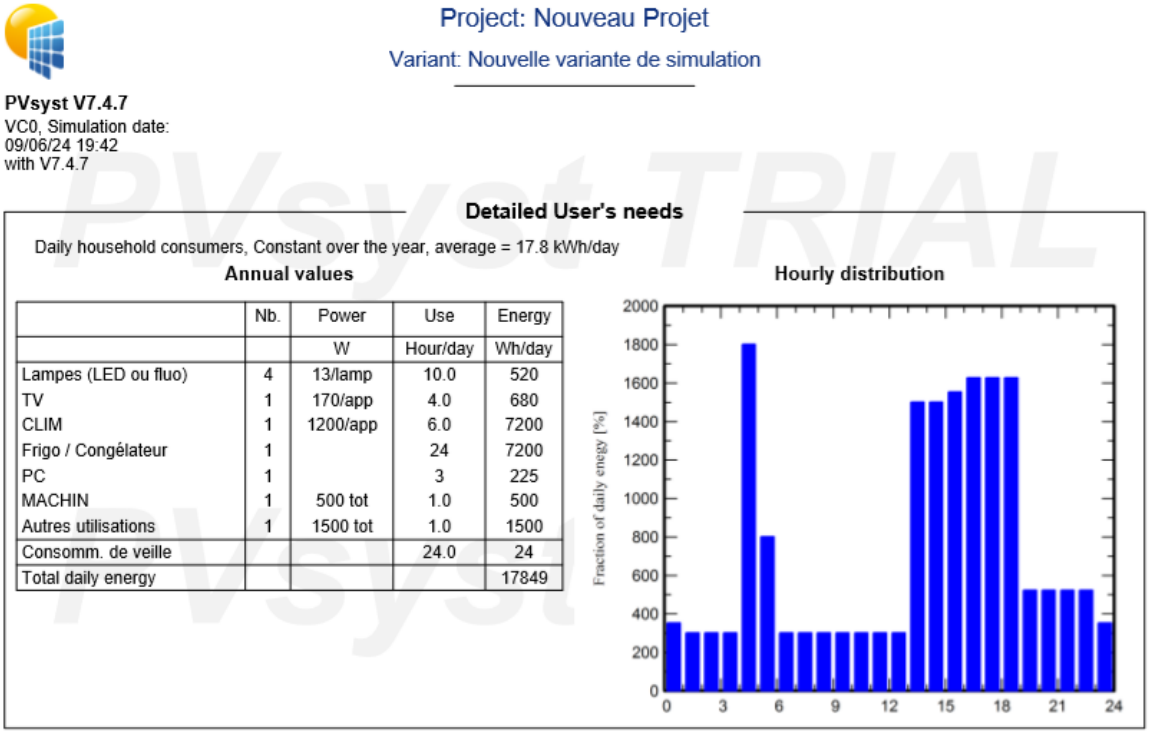
**Module mismatch losses**
Loss Fraction 0.5 % at MPP

**Strings Mismatch loss**
Loss Fraction 0.1 %

**IAM loss factor**
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

| 0° | 30° | 50° | 60° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.000 | 0.998 | 0.981 | 0.948 | 0.862 | 0.776 | 0.636 | 0.403 | 0.000 |

**Figure III.11** : Paramètres généraux, caractéristiques du champ de capteurs, et pertes système




| | Nb. | Power | Use | Energy |
|---|---|---|---|---|
| | | W | Hour/day | Wh/day |
| Lampes (LED ou fluo) | 4 | 13/lamp | 10.0 | 520 |
| TV | 1 | 170/app | 4.0 | 680 |
| CLIM | 1 | 1200/app | 6.0 | 7200 |
| Frigo / Congélateur | 1 | | 24 | 7200 |
| PC | 1 | | 3 | 225 |
| MACHIN | 1 | 500 tot | 1.0 | 500 |
| Autres utilisations | 1 | 1500 tot | 1.0 | 1500 |
| Consomm. de veille | | | 24.0 | 24 |
| Total daily energy | | | | 17849 |

**Figure III.13** : Besoins journalier en énergie

Project: Nouveau Projet

Variant: Nouvelle variante de simulation

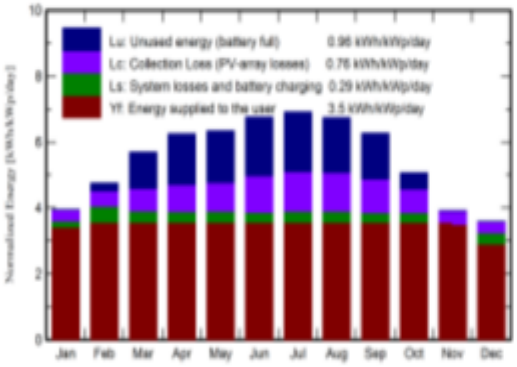
**PVsyst V7.4.7**
VC0, Simulation date:
09/06/24 19:42
with V7.4.7

## Main results

**System Production**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Useful energy from solar | 6390.06 kWh/year | Perf. Ratio PR | 63.43 % |
| Available solar energy | 8386.86 kWh/year | Solar Fraction SF | 98.09 % |
| Excess (unused) | 1757.41 kWh/year | | |
| **Loss of Load** | | **Battery aging (State of Wear)** | |
| Time Fraction | 0.0 % | Cycles SOW | 95.0 % |
| Missing Energy | 124.83 kWh/year | Static SOW | 91.7 % |

**Normalized productions (per installed kWp)**




**Performance Ratio PR**




**Balances and main results**

| | GlobHor kWh/m² | GlobEff kWh/m² | E_Avail kWh | EUnused kWh | E_Miss kWh | E_User kWh | E_Load kWh | SolFrac ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| January | 79.7 | 119.2 | 536.1 | 0.0 | 22.3 | 531.0 | 553.3 | 0.960 |
| February | 97.2 | 130.1 | 576.6 | 31.4 | 0.0 | 499.8 | 499.8 | 1.000 |
| March | 145.1 | 171.5 | 750.4 | 169.1 | 0.0 | 553.3 | 553.3 | 1.000 |
| April | 174.0 | 182.5 | 789.4 | 230.8 | 0.0 | 535.5 | 535.5 | 1.000 |
| May | 201.8 | 190.6 | 821.1 | 241.3 | 0.0 | 553.3 | 553.3 | 1.000 |
| June | 217.8 | 196.6 | 821.6 | 265.7 | 0.0 | 535.5 | 535.5 | 1.000 |
| July | 225.1 | 207.9 | 858.7 | 279.1 | 0.0 | 553.3 | 553.3 | 1.000 |
| August | 201.8 | 203.4 | 837.4 | 257.6 | 0.0 | 553.3 | 553.3 | 1.000 |
| September | 160.2 | 183.2 | 763.2 | 207.7 | 0.0 | 535.5 | 535.5 | 1.000 |
| October | 118.4 | 153.2 | 647.2 | 74.8 | 0.0 | 553.3 | 553.3 | 1.000 |
| November | 80.7 | 114.7 | 503.4 | 0.0 | 0.0 | 535.5 | 535.5 | 1.000 |
| December | 69.1 | 108.3 | 481.7 | 0.0 | 102.5 | 450.8 | 553.3 | 0.815 |
| Year | 1770.9 | 1961.3 | 8386.9 | 1757.4 | 124.8 | 6390.1 | 6514.9 | 0.981 |

**Figure III.13** : Résultats principaux

## III.8 Comparaison des résultats des deux approches

La confrontation des estimations par la méthode simplifiée avec celles produites par le logiciel met en évidence une forte concordance des résultats. Malgré des écarts minimes le modèle de PVsyst employé est jugé fiable et offre une analyse approfondie en vue du dimensionnement des installations des panneaux photovoltaïque pour la génération de l'énergie électrique. Aussi les informations fournies pars PVsyst sous forme de graphiques et tables fournissent une analyse complète des performances d'un système photovoltaïque autonome sur l'ensemble de l'année, mettant en évidence le potentiel et l'efficacité de la production énergétique ainsi que des informations sur les tendances mensuelles de production et de consommation énergétiques.

## III.9 Conclusion

Ce chapitre avait pour objectif principal de satisfaire entièrement les besoins énergétiques d'une résidence situé à Ain D'Heb, ville de Médéa, uniquement à partir de l'énergie photovoltaïque (PV. Cette approche met en évidence que la transition d'une maison vers une source d'énergie propre, grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques, permettra de répondre aux exigences environnementales liées à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et aux impératifs économiques de production d'énergie propre à partir de sources renouvelables. Cette étude a également validé la précision des estimations fournies par le logiciel PVsyst pour la conception de systèmes photovoltaïques. Les résultats obtenus sont en étroite corrélation avec les estimations simplifiée

# Conclusion générale

Dans le cadre de cette étude, nous avons examiné la mise en place d'un système de panneaux solaires photovoltaïques adapté aux besoins en électricité d'une résidence située dans la région de Médéa à AinD'Heb. Ce système solaire se compose principalement de trois composants essentiels, à savoir les panneaux photovoltaïques, les batteries et les onduleurs. Notre méthodologie comprend plusieurs étapes visant à assurer l'autonomie énergétique et la fiabilité du système.

En premier lieu, le dimensionnement du système a été réalisé en prenant en considération les exigences électriques spécifiques de l'habitation. À l'aide de calculs précis, il a été possible de déterminer le nombre exact de panneaux photovoltaïques, de batteries pour le stockage et d'onduleurs nécessaires. Cette évaluation a été menée selon deux approches : une méthode simplifiée et une modélisation à l'aide du logiciel PVsyst. Cette configuration assure une production d'énergie adéquate tout au long de l'année, même en cas de conditions climatiques défavorables.

Par la suite, une sélection minutieuse des composants du système a été effectuée. Des panneaux solaires à haute performance aux onduleurs adéquats, chaque élément a été choisi afin d'optimiser l'efficacité énergétique et de réduire au minimum les pertes. Les caractéristiques ont également été prises en considération.

Selon les résultats obtenus, notre recherche a démontré que l'exploitation de l'énergie solaire au moyen de panneaux photovoltaïques représente une solution viable pour satisfaire les besoins énergétiques des foyers.

# Bibliographies


[1] NDIAYE Papa Amadou , KAWTHER Achari ‘’ Production d’énergie électrique à partir d’un système photovoltaïque ‘’ Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 – Guelma , 2019.

[2] ANNE LABOURET, MICHEL VILLOZ « énergie solaire photovoltaïque »,2e édition, DUNOD.

[3] G. Boyle. Énergie renouvelable : l'énergie pour un avenir durable, 2e éd. Oxford, Royaume-Uni : Oxford University Press, 2004.

[4] Khadidja Baalla ,M’hammedou Faiza ‘’ Analyse des performances de la centrale photovoltaïque de 20 MW D’Adrar ‘’ ’ Mémoire de Master , UNIVERSITE AHMED DRAIA ,2021 -ADRAR

[5] Ebru Kondolot Solak , Erdal Irmak ‘’ Advances in organic photovoltaic cells: a comprehensive review of materials, technologies, and performance‘’ *Chemistry and Chemical Processing Technologies, Technical Sciences Vocational School, Gazi University, Ankara, Turkey, 2023.*

[6] B. Flèche, D. Delagnes."Énergie solaire photovoltaïque". Académie de Toulouse, juin 2007.

[7] Module photovoltaïque : définition et type - Mon Panneau Solaire .... https://mon-panneau-solaire.info/panneaux-solaires/module-photovoltaique/.

[8] Thomas Mambrini ‘’ Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d’implantation et en fonction des différentes technologies ‘’ Thèse de doctorat, Ecole doctorale Sciences et Technologies de l'Information, des Télécommunications et des Systèmes (Orsay, Essonne ; 2000-2015).

[8] VIANNEY, ‘’ Pourquoi passer à l’énergie solaire maintenant ? ‘’ FÉVRIER 2017

[9] Moulay Ahmed SLIMANI ‘’Cellules solaires pérovskites imprimées et optimisation des couches pérovskites pour les cellules tandems ‘’ , mémoire présenté à l’école de technologie supérieure comme exigence partielle à l’obtention de la maitrise avec mémoire en génie, des énergies renouvelables et efficacité énergétique, école de technologie supérieure université du QUEBEC, 2019.

[10] Azoui, Notes de cours, Master Energies renouvelables 2019/2020.

[11] ZERROUKI Zolikha et BEREKSI REGUIG Rym «Dimensionnement d’un système photovoltaïque autonome », Mémoire de master, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen (2016 / 2017).

[12] DJILAT Zahra ,BOURAS Sarra‘’ Méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque, application à la région de M'sila ‘’ Mémoire de Master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M’SILA , 2019.

[13] M lle D.Hocine , M lle L.Chibane‘’ Etude d’une installation photovoltaïque pour l’alimentation en électricité d’un centre enfûteur de GPL (NAFTAL) ‘’ Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.

[14] Melle AMARA Karima ‘’ Contribution à l’étude de conception d’une centrale photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension ‘’ memoire de magister, universite mouloud mammeri de tizi-ouzou, 2015.

modules PV.

Samuel R. Fahim , Hany M. Hasanien , Rania A. Turky, ‘’A Comprehensive Review of Photovoltaic Modules Models and Algorithms Used in Parameter Extraction” : Cette étude examine les modèles mathématiques utilisés pour simuler les performances des modules PV ‘’, Energies 2022.

[15] Vandrasi Raja Kumar, Sravana Kumar Bali & Ramesh Devarapalli ‘’Application of AI-Based Algorithms for Industrial Photovoltaic Module Parameter Extraction ‘’ , 2023

[16] NDIAYE Modou, « conception et optimisation d’un modèle d’électrification hybride raccordé au réseau de distribution de la SENELEC application à la résidence hôtelière MOUNA NDAYANE », Diplômed’ingénieur de conception (2002/2003).

[17] ZERROUKI Zolikha et BEREKSI REGUIG Rym «Dimensionnement d’un système photovoltaïque autonome », Mémoire de master, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen (2016 / 2017).

[18] SEMAOUI Smaïl, Etude de l’électrification d’un village avec de l’énergie solaire photovoltaïque, Mémoire de Magister, Université de Ouargla ( 2004).

[19] BENCHERIF Mohammed, « Modélisation de systèmes énergétiques photovoltaïques et éoliens intégration dans un système hybride basse tension », Thèse de doctorat, Université Abou-Bakr Belkaide de Tlemcen

[20] BOUKHLIF Hamza, « Dimensionnement technique d’uneinstallation photovoltaïque De 300kw », Mémoire de Master, Université M’hamed Bougara de Boumerdes, promotion juin 2017

**Des sites internet :**

https://mon-panneau-solaire.info/panneaux-solaires/module-photovoltaique/

https://circuitcourt-energie.com/lavenir-des-panneaux-solaires-photovoltaiques/.

https://bing.com/search?q=Avenir+du+photovolta%c3%afque

https://www.connaissancedesenergies.org/cellules-en-perovskite-lavenir-du-solaire-photovoltaique-220218.

https://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Installation_photovolta%C3%AFque_autonome

https://www.researchgate.net/figure/Schema-synoptique-du-systeme-hybride-etudie_fig1_338230620