

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département génie mécanique*

# **Mémoire**

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**Filière : génie mécanique**

**Spécialité : énergétique**

Par

- **Souileh rafik**
- **Herizi khaoula**

*Intitulé*

Etude de l'influence de situations géographiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<b>Dr. Bentoumi Mohamed</b>	<b>MCA</b>	<b>Président</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>Mr. Rouabah Zahir</b>	<b>Pr</b>	<b>Encadreur</b>	<b>Univ-BBA</b>
<b>Dr. Mezouar Rabei</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>	<b>Univ-BBA</b>

*Année Universitaire 2021/2022*

---

# **R**emerciements

---

Toute notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nos remerciements s'adressent envers notre professeur et notre encadreur Pr **Zahir Rouabah**, professeur à la faculté des sciences et de la technologie de l'Université El Bachir El Ibrahimi, de nous avoir proposés ce sujet intéressant et nous avoir fait partager son expérience, ses conseils judicieux et pour sa grande bienveillance, qui a su nous laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de ce travail.

Nos remerciements aussi à tous nos enseignants du Filière Génie mécanique.

Enfin, à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

---

# **D**édicaces

---

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et immense joie, que

je dédie mon travail :

A mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie.

A tous qui m'ont aidé de près ou de loin.

A toute ma famille.

---

# Nomenclatures

---

<i>PV</i>	Photovoltaïque
BT	basse tension
MT	moyenne tension
MPPT	Maximum Power Point Crackings
<i>C</i>	<i>la capacité delabatterie</i>
<i>CR</i>	<i>la capacité résiduelle</i>
<i>Cu</i>	<i>la capacité util</i>
Icc (A)	le courant de court-circuit de la cellule dependent de l'éclairement et la temperature
IDC max	Le courant de décharge maximal
K (J.K-1)	la constante de Boltzmann
T (K)	la temperature effective de la cellule en Kelvin
S	Surface de cellule solaire.
E	Flux incident

## ***Symboles Grecs***

$\delta$	La déclinaison
$\omega$	L'angle horaire
$\psi$	L'azimuth
$\gamma$	L'angle de la hauteur solaire

---

# Liste des figures

---

## Chapitre 1 : Energie solaire photovoltaïque

<b>Figure 1.1 :</b> Les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire	4
<b>Figure 1.2 :</b> Station photovoltaïques	4
<i>Figure 1.3 :</i> Panneaux solaire thermique	5
<b>Figure 1.4 :</b> feuille de route solaire thermodynamique	6
<b>Figure 1.5 :</b> Le solaire thermodynamique nécessite de grandes surfaces	6
<b>Figure 1.6 :</b> Coordonnées géographiques	7
<b>Figure 1.7 :</b> Coordonnées solaire selon le repère horizontal	9
<b>Figure 1.8 :</b> <i>Couplage direct GPV-charge</i>	10
<b>Figure 1.9 :</b> Système PV autonome alimentant des charges DC et AC (Étage 1 est. DC/AC)	11
<b>Figure 1.10:</b> Système PV autonome alimentant des charges DC et AC (Étage 1 est DC/DC)	11
<b>Figure 1.11 :</b> Systèmes photovoltaïques connectés au réseau sans batterie	11
<b>Figure 1.12 :</b> Constitution d'une cellule photovoltaïques	12
<b>Figure 1.13 :</b> Cellule photovoltaïques monocristalline	13
<b>Figure 1.14:</b> Cellule photovoltaïques polycristalline	13

<b>Figure 1.15:</b> Evolution de la caractéristique $I= f(V)$ et $P= f(V)$	14
<b>Figure1.16:</b> Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) en fonction de l'éclairement	16
<b>Figure 1.17:</b> Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) en fonction de la temperature	17
<b>Figure 1.18:</b> Module photovoltaïques	17
<b>Chapitre 2 :</b> Conception et dimensionnement des systèmes photovoltaïques	
<b>Figure2.1:</b> Systém photovoltaïques avec stockage (avec ou sans conversion d'énergie)	23
<b>Figure 2.2 :</b> Système photovoltaïques raccordé au réseau	24
<b>Figure 2.3:</b> Caractéristiques générateur photovoltaïques et batterie	25
<b>Figure 2.4</b> Dimensionnement du panneaux photovoltaïques Liaison entre les parameters	29
<b>Chapitre 3 :</b> Etude de influence de situations géographiques Sur le Dimensionnement des Systèmes PV	
<b>Figure 3.1 :</b> Interface du logiciel PVsyst	37
<b>Figure 3.2:</b> Irradiation solaire globale moyenne sur l'Algérie et situation des quatre Site étudiés	38
<b>Figure 3.3 :</b> Trajectoire du soleil à Tamanrasset	40
<b>Figure 3.4 :</b> Paramètres d'orientation et d'inclinaison des Panneaux solaires	41
<b>Figure 3.5 :</b> Resultates de sumilation pv-syst de Dimensionnement photovoltaïques du CEM , Tamanrasset	42
<b>Figure 3.6 :</b> Resultats simulation pv-syst de Dimensionnement photovoltaïques du CEM , Adrar	44
<b>Figure 3.7 :</b> Resultates simulation pv-syst de Dimensionnement photovoltaïques du CEM , Laghouat	46

**Figure 3.8** Resultates simulation pv-syst de Dimensionnement photovoltaïques du CEM ,

Alger

48

---

# **L**iste des tableaux

---

<b>Tableau 1.1</b> : Différents types de cellules photovoltaïques	15
<b>Tableau 2.1</b> : Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance	
Crête	29
<b>Tableau 3.1</b> : Billon énergétique	39
<b>Tableau 3.2</b> : Température ambiante au sol annuel de Tamanrasset	40
<b>Tableau 3.3</b> : Irradiation global horizontal de Tamanrasset	40
<b>Tableau 3.4</b> : Température ambiante au sol annuel d'Adrar	43
<b>Tableau 3.5</b> : Irradiation global horizontal de Adrar	43
<b>Tableau 3.6</b> : Température ambiante au sol annuel de Laghouat	45
<b>Tableau 3.7</b> : Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel de Laghouat	45
<b>Tableau 3.8</b> : Température ambiante au sol annuel de Alger	47
<b>Tableau 3.9</b> : Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel de Alger	47
<b>Tableau 3.10</b> . Tableau de comparaison entre les quatre sites étudiés	49





---

# **I**ntroduction Générale

---

Dans notre monde en développement rapide, la principale énergie utilisée pour alimenter nos foyers et faire fonctionner et évoluer les différentes industries, c'est bien l'énergie électrique. Cette dernière est produite généralement à partir de combustibles de différentes natures, tels que le pétrole, le charbon, le gaz, et l'énergie nucléaire. Vu la tendance d'épuisement des combustibles fossiles et le problème des émissions des gaz à effet de serre, une alternative énergétique nouvelle, renouvelable et propre s'avère incontournable. Le solaire photovoltaïque est vu aujourd'hui comme une alternative énergétique principale pour la production de l'électricité propre à grande échelle, notamment des centrales photovoltaïques assure de plus en plus l'approvisionnement en électricité partout dans le monde. Malgré cette prouesse technologique, les panneaux photovoltaïques subissent de nombreuses contraintes météorologiques, climatiques ou électriques au niveau des installations photovoltaïques qui diminuent leur rendement. De ce fait, il est très important de comprendre l'effet de la situation géographique et ses caractéristiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques pour bien maîtriser le dimensionnement des systèmes photovoltaïques. En effet, l'installation sous dimensionnée reste une installation qui manque de fiabilité, tandis qu'une installation surdimensionnée va nous conduire à un coût plus élevé.

Notre étude consiste principalement en le dimensionnement de quatre projets situés dans quatre sites de situations géographiques différentes, à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger. Pour ce faire, nous avons choisi le bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia, déjà étudié, l'année précédente, par les deux étudiants Saadaoui Abderrahim et Raouli Faycel, pour obtenir le diplôme Master.

Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre thèse en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'énergie solaire photovoltaïque.

Le chapitre 2 présente avec un peu de détail, la conception et le dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

## **Introduction générale**

---

Finalemment, dans le 3em chapitre présentera l'effet de la situation géographique et ses caractéristiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

Enfin, nous allons achever notre travail avec par une conclusion générale.

# Chapitre 1

---

## Energie photovoltaïque

---

### Sommaire

1.1 Introduction .....	3
1.2 Généralité sur l'énergie solaire .....	3
1.2.1 Définition de l'énergie solaire .....	3
1.2.2 Différents types de l'énergie solaire.....	3
1.2.3 L'énergie solaire photovoltaïque .....	4
1.2.4 L'énergie solaire thermique .....	5
1.2.5 L'énergie solaire thermodynamique .....	5
1.3 Le gisement solaire.....	7
1.3.1 Le rayonnement solaire.....	7
1.3.2 Position du soleil par rapport à la terre .....	7
1.3.3 La trajectoire apparente du soleil.....	8
1.4 Systèmes photovoltaïques .....	9
1.4.1 Systèmes PV autonomes .....	9
1.4.2 Systèmes PV connectés aux réseaux.....	11
1.5 Conversion photovoltaïque des cellules solaires.....	12
1.5.1 Cellule monocristalline .....	12
1.5.2 Cellule poly cristallin.....	13
1.5.3 Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque.....	14
1.5.4 Influence d'éclairement et de la température.....	16
1.6 Modules photovoltaïques .....	17
1.7 Avantages et inconvénients de l'énergie PV .....	18
1.7.1 Avantages.....	18
1.7.2 Inconvénients .....	18
1.8 Conclusion.....	18

## **1.1 Introduction**

L'Homme a développé de plus en plus de technologies au fil du temps (les voitures, le train, le chauffage individuel, les usines ...), pour toutes ces innovations il faut de la production de l'énergie pour les faire fonctionner. Les sources d'énergies disponible dans notre environnement proche et permettant de produire de l'électricité sont divisés en deux grandes catégories : énergie fossile à savoir le pétrole et le gaz et l'énergie renouvelables à savoir le soleil et le vent [1].

En effet, l'énergie solaire est l'énergie transmise par le Soleil sous la forme de lumière et de chaleur. Cette énergie est virtuellement inépuisable à l'échelle des temps humains, ce qui lui vaut d'être classée parmi les énergies renouvelables (même si le Soleil disparaîtra un jour), aussi L'énergie solaire peut être utilisée directement par l'Homme pour s'éclairer (fenêtres, puits de lumière), se chauffer et cuisiner (chauffe-eau solaire, four solaire) ou pour produire de l'électricité par l'intermédiaire de panneaux photovoltaïques [1].

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents types de l'énergie solaire en se focalisant sur l'énergie solaire photovoltaïque. Nous allons aussi mettre en exergue gisement solaire ainsi que les technologies des cellules et modules photovoltaïques.

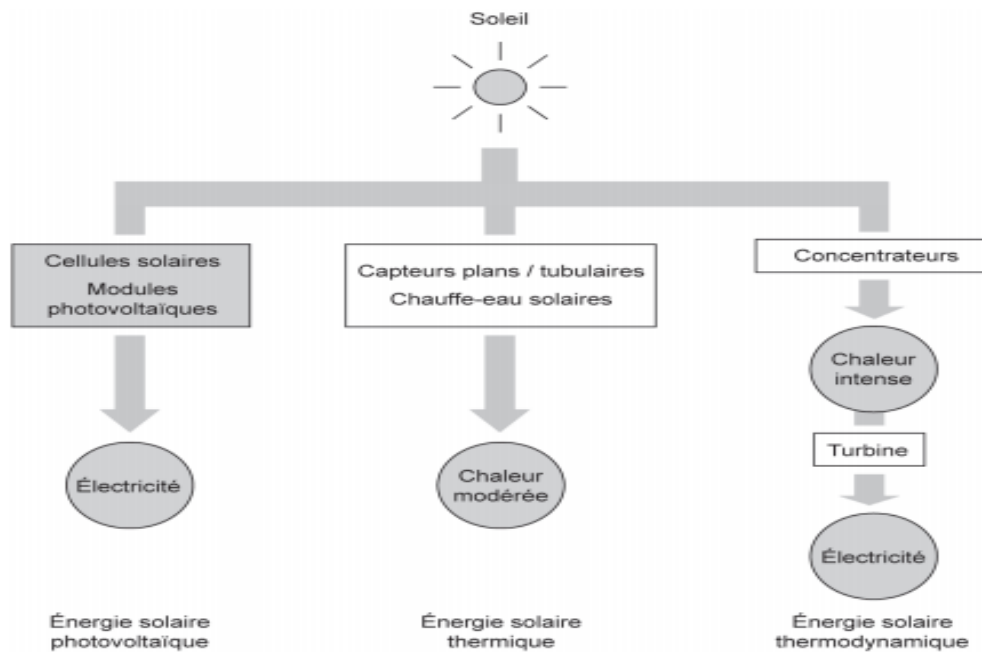
## **1.2 Généralité sur l'énergie solaire**

### **1.2.1 Définition de l'énergie solaire**

L'énergie solaire est la plus dominante de toutes les énergies renouvelables, elle est à l'origine de la quasi-totalité des sources d'énergies utilisées par l'homme, L'utilisation de l'énergie solaire au moyen de capteurs relève de deux technologies bien distinctes : l'une produit des calories, c'est l'énergie solaire thermique, et l'autre produit de l'électricité et c'est l'énergie photovoltaïque [1].

### **1.2.2 Différents types de l'énergie solaire**

Il existe trois types d'énergie solaire à savoir l'énergie solaire photovoltaïque, l'énergie solaire thermique et l'énergie solaire thermodynamique :



**Figure 1.1:** Les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire [2].

### 1.2.3 L'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque **est** obtenue par l'énergie des rayonnements du soleil. C'est la raison pour laquelle les panneaux photovoltaïques qui vont les récolter, se trouvent installés sur les toits, avec la meilleure orientation possible.

Le but est qu'ils soient exposés un maximum aux rayonnements du soleil, pour récolter les photons du soleil, et en faire ensuite de l'électricité

La composition des panneaux solaires est conçue de telle sorte que la superposition des couches, chargées négativement ou positivement, produit une tension électrique quand un photon les traverse. Un fil raccordé à une borne positive et un autre à la borne négative, un peu à l'image d'une pile, permet de mettre à profit l'énergie ainsi produite [3].



**Figure 1.2.** Station photovoltaïque [3].

### 1.2.4 L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est l'énergie thermique du rayonnement solaire. Elle est captée dans le but d'échauffer un fluide (liquide ou gaz). L'énergie reçue par le fluide peut être ensuite utilisée directement (eau chaude sanitaire, chauffage, etc.) ou indirectement (production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir de l'énergie électrique, production de froid, etc). C'est ainsi une forme d'énergie solaire, provenant de la chaleur transmise par le Soleil par rayonnement. Une autre forme notable est l'énergie solaire photovoltaïque, qui utilise l'effet photoélectrique afin de transformer les photons émis par le soleil en électricité. Le capteur solaire est l'instrument utilisé pour transformer le rayonnement solaire en chaleur. Les principes physiques fondamentaux qui fondent cette production d'énergie sont notamment l'absorption et la conduction thermique. Dans le cas particulier des systèmes à concentration (centrale solaire thermodynamique, four solaire, etc.), la réflexion joue aussi un rôle important. Le solaire thermique se développe, malgré un net ralentissement depuis 2009. La Chine représente à elle seule 71 % de la puissance installée des capteurs, mais en puissance par habitant elle est dépassée par sept pays, dont l'Autriche, la Grèce et l'Australie [1].



**Figure 1.3 :** *Panneaux solaire thermique [9].*

### 1.2.5 L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique est produite via des centrales solaires à concentration. Il s'agit d'un assemblage de miroirs contenant des fluides caloporteurs, couplés

à un générateur d'électricité solaire. À l'image des panneaux solaires thermiques, ce sont les miroirs qui transforment l'énergie collectée par les rayons du soleil, en chaleur. Cette chaleur a une température très élevée. Bien supérieure à la température à laquelle elle a été collectée. Elle peut aller de 250 à 800 degrés selon la technique employée. Cette chaleur sera convertie en électricité au moyen d'un turbo-alternateur [4].

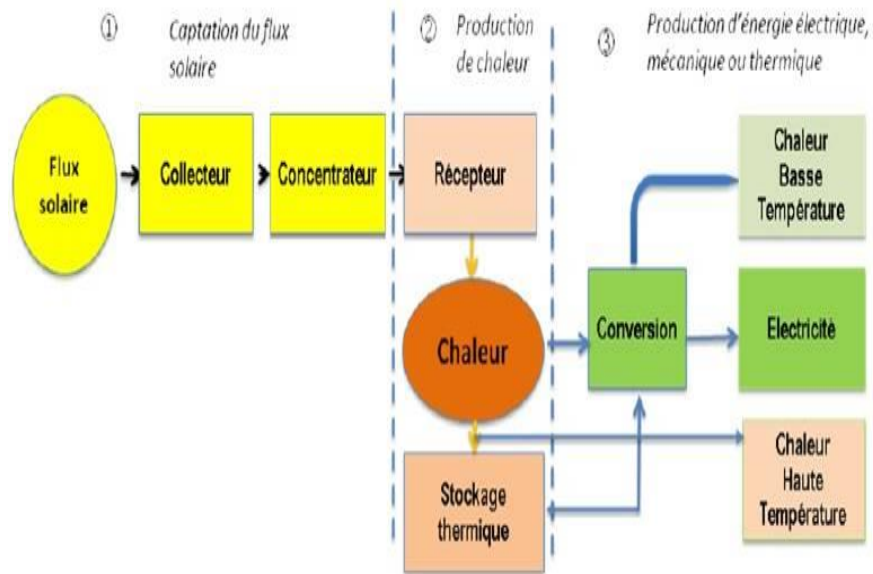


Figure 1.4: feuille de route solaire thermodynamique [5].



Figure 1.5 : Le solaire thermodynamique nécessite de grandes surfaces [6].



### 1.3 Le gisement solaire

#### 1.3.1 Le rayonnement solaire

Le rayonnement arrivant au sol dépend de la réflectance de la surface terrestre et des effets de l'atmosphère qui interviennent dans le double trajet (soleil-terre et terre-satellite) que fait le rayonnement à travers l'atmosphère. Pour connaître l'énergie reçue à un site donné, il est nécessaire de repérer ce site sur la surface terrestre, de connaître les mouvements de la terre autour du soleil [7].

#### 1.3.2 Position du soleil par rapport à la terre

Il est possible de déterminer la position du soleil dans la voûte céleste en fonction du temps et de la position de l'observateur sur la terre [7].

Repérage d'un site à la surface de la terre (coordonnées géographiques)

Pour repérer un site donné à la surface terrestre, on définit les grandeurs suivantes :

- ❖ **La latitude  $\theta$**  : C'est l'angle  $\theta$  que fait la verticale du lieu avec le plan équatorial. Si  $\theta > 0$ , le site se trouve dans l'hémisphère nord, sinon le site est dans l'hémisphère sud.
- ❖ **La longitude  $\varphi$**  : C'est l'angle  $\varphi$  formé par le méridien de Greenwich et le méridien du lieu considéré. La longitude est comprise entre  $-180$  (vers l'ouest) et  $+180$  (vers l'est). Comme la terre met 24 heures pour faire un tour sur elle-même ( $360^\circ$ ), chaque heure représente  $15^\circ$  d'écart de longitude et donc, chaque degré de longitude représente 4 minutes.
- ❖ **L'altitude** : C'est la distance verticale exprimé en mètres, séparant le point considéré du relief terrestre du niveau de la mer, pris comme surface de référence.

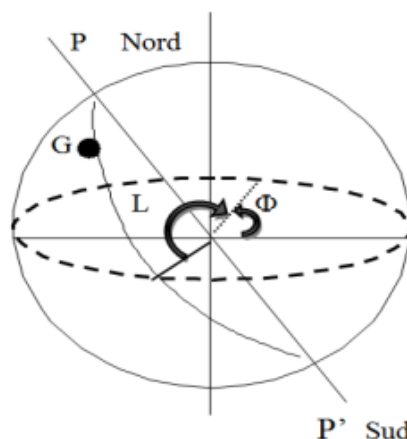


Figure 1.6 : Coordonnées géographiques [7].

### 1.3.3 La trajectoire apparente du soleil

La position du soleil dans la voûte céleste est repérée à tout instant de la journée par deux systèmes de coordonnées [7] :

#### ❖ Les coordonnées équatoriales

Les coordonnées équatoriales sont indépendantes de la position de l'observateur sur la terre, mais elles sont liées à l'heure de l'observation. La position du soleil est exprimée par deux angles qui sont :

##### • La déclinaison $\delta$

C'est l'angle que forme la direction du soleil et le plan équatorial. La déclinaison varie de façon sinusoïdale au cours de l'année : elle vaut 0 aux équinoxes et atteint ses deux valeurs extrêmes au solstice d'hiver ( $-23^{\circ},27^{\circ}$ ) et au solstice d'été ( $+23^{\circ},27^{\circ}$ ). Plusieurs expressions ont été développées pour évaluer la déclinaison, la plus simple est celle utilisée par Cooper.

$$\delta = 23.45 \sin \left[ \frac{360}{365} (j + 284) \right]$$

##### • L'angle horaire $\omega$ (ah)

L'angle horaire mesure le mouvement du soleil par rapport à midi qui est l'instant où le soleil passe au plan méridien du lieu zénith. Cet angle est formé entre la projection du soleil sur le plan équatorial à un moment donné et la projection du Soleil sur ce même plan au midi vrai. L'angle horaire est donné par la relation suivante :

$$\omega = 15(TSV - 12)$$

Où TSV est le temps solaire vrai qui sera décrit dans les paragraphes suivants.

#### ❖ Les coordonnées horizontales

Le soleil est repéré par les grandeurs suivantes [7]:

##### • L'azimut $\Psi$

L'azimut est l'angle entre le plan vertical contenant le rayon solaire et la direction sud. Il se compte de  $0^{\circ}$  à  $360^{\circ}$  à partir du sud dans le sens rétrograde. La relation qui donne l'azimut est donnée ci-dessous [15,16] :

$$\cos \Psi = (\sin \gamma \sin \theta - \sin \delta) / \cos \gamma \cos \theta$$

##### • L'angle de la hauteur solaire $\gamma$ (hs)

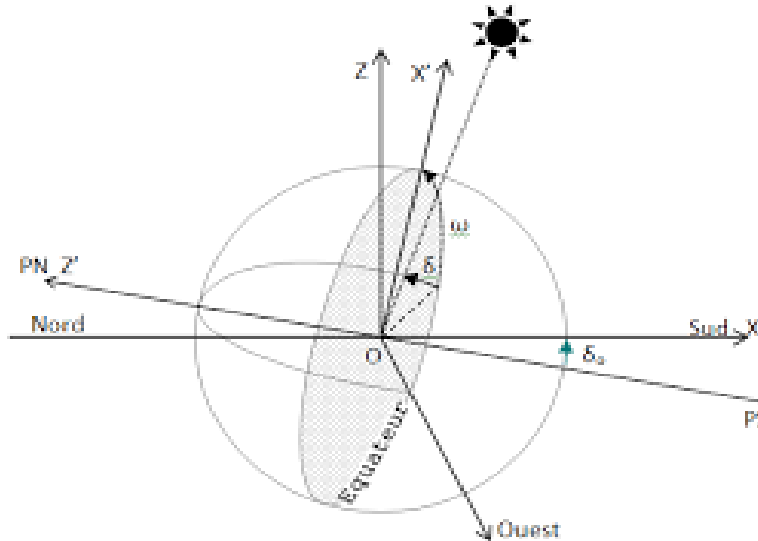
C'est l'angle compris entre la direction du soleil et le plan horizontal.  $\gamma$  varie de  $0^{\circ}$  à  $90^{\circ}$  vers le zénith et de  $0^{\circ}$  vers  $-90^{\circ}$  vers le nadir. L'angle de la hauteur solaire est donné par

$$\sin \gamma = \sin \theta \sin \delta + \cos \theta \cos \delta \cos \omega$$

- **La distance zénithale z**

C'est l'angle entre la direction du soleil et la verticale du lieu (zénith). L'angle z est complémentaire de  $\gamma$

$$\cos z = \sin\delta \sin\theta + \cos\delta \cos\theta \cos\omega$$



**Figure 1.7 :** Coordonnées solaires selon le repère horizontal [7].

## 1.4 Systèmes photovoltaïques

Un système photovoltaïque est constitué en plus d'un champ photovoltaïque d'autres Composants comme le régulateur, la batterie et l'onduleur.

### 1.4.1 Systèmes PV autonomes

Dans le cas d'installations autonomes, les systèmes PV fonctionnent indépendamment des réseaux électriques. L'énergie produite par les panneaux solaires PV est utilisée immédiatement (pompage d'eau, ventilation, ...etc.) ou stockée dans des batteries pour une utilisation différée. Le courant continu produit alimente directement des appareils prévus à cet effet ou est transformé en 230 V alternatif via un onduleur. La configuration la plus simple des systèmes autonomes est le couplage direct où le GPV est directement connecté à la charge continue (Figure 1.21). Dans cette connexion, la charge ne peut être opérationnelle que pendant les périodes d'ensoleillement suffisant. Ce qui est faisable pour des applications qui n'ont pas besoin de fonctionner la nuit ou dans l'obscurité comme le pompage de l'eau [8].



**Figure 1.8:** *Couplage direct GPV-charge [8].*

Pour des applications qui ont besoin de l'énergie électrique même la nuit et lors des moments d'obscurité, un système de stockage peut être ajouté au système. L'énergie produite par le dispositif solaire est emmagasinée dans l'accumulateur d'énergie en vue d'être utilisée au moment du manque de l'éclairage. En effet, c'est presque toujours la batterie qui dure le moins longtemps dans une application solaire. Alors, en vue d'améliorer la durée de vie d'une batterie, on doit empêcher la surcharge (éviter que la tension dépasse un certain seuil) et la décharge profonde (éviter que la batterie soit vidée de plus de 60% de sa charge). Cela est possible par le biais d'un contrôleur de charge. Ainsi, quand l'énergie produite est supérieure à l'énergie consommée, l'excédent d'électricité est stocké dans les batteries jusqu'à ce que la limite de charge des batteries soit atteinte. Inversement, quand l'énergie produite est inférieure à l'énergie consommée, les batteries fournissent la quantité d'énergie manquante jusqu'à ce que la limite de décharge des batteries soit atteinte. Un régulateur charge-décharge est alors indispensable. A titre d'exemple, quand la tension aux bornes de la batterie atteint 14,5 V (seuil haut typique pour une batterie au Plomb de 12 V nominale), le régulateur coupe la liaison panneau - batterie. Cette charge est rétablie vers 13,5 V [8]. De même, quand la tension atteint 11,5 V (seuil bas typique pour 12V), le régulateur coupe la liaison batterie - utilisation, mettant ainsi la charge électrique hors service jusqu'à ce que la tension batterie soit revenue à un niveau de 12,5 V. Il rétablit alors l'utilisation.

Deux architectures plus courantes des systèmes PV autonomes avec stockage d'énergie alimentant à la fois des charges DC et AC sont illustrées dans les figures 1.22 et 1.23. La seule différence entre les deux réside dans le fait que la sortie du GPV est connectée à un convertisseur DC/AC pour la première, et à un convertisseur DC/DC pour la seconde.

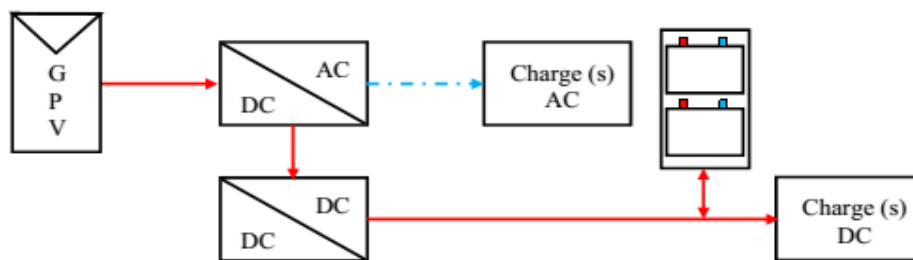


Figure I.9 : Système PV autonome alimentant des charges DC et AC (étage 1 est DC/AC)[8]

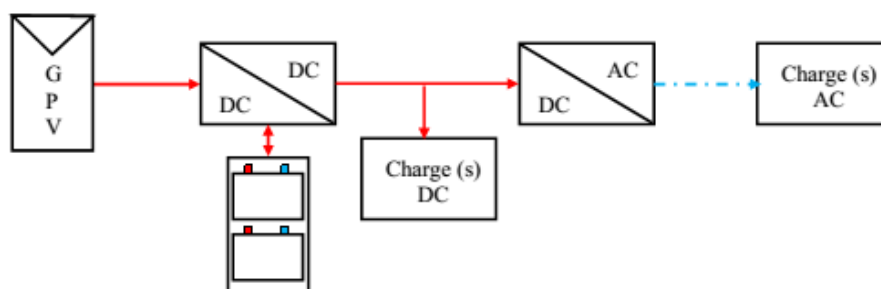


Figure 1.10: Système PV autonome alimentant des charges DC et AC (étage 1 est DC/DC)[8].

### 1.4.2 Systèmes PV connectés aux réseaux

Il produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin, ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie. Il est toujours possible d'utiliser ces systèmes pour servir d'alimentation d'appoint lorsque survient une panne de réseau [9].

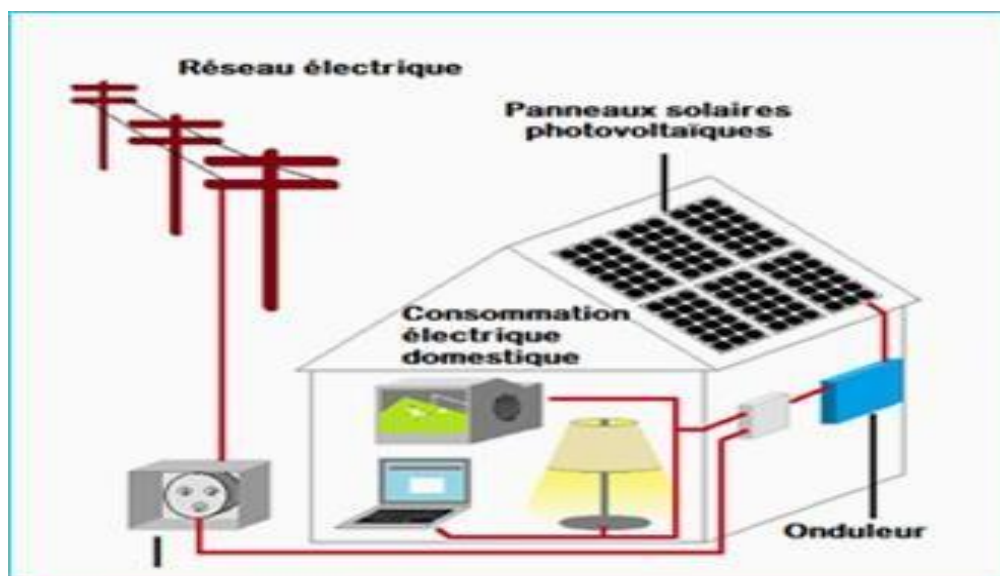
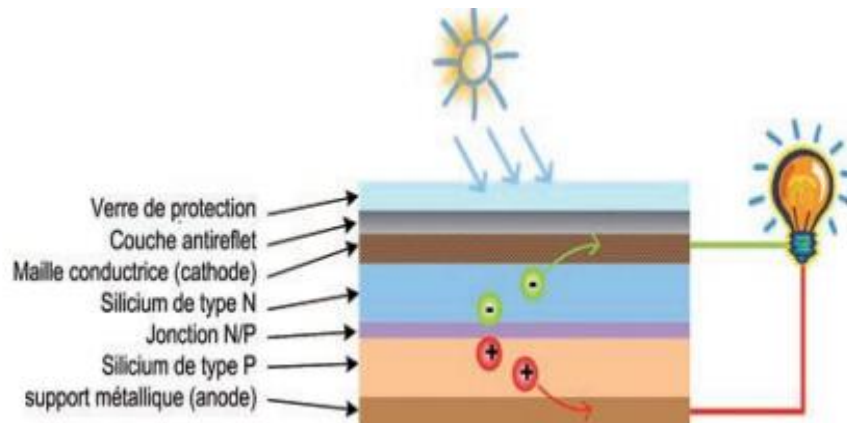


Figure 1.11 : Systèmes photovoltaïque connectés au réseau sans batterie[10].

### 1.5 Conversion photovoltaïque des cellules solaires

Les investissements dans les capacités solaires photovoltaïques augmentent rapidement aussi bien qu'en mode connecté au réseau qu'en mode hors réseau. La production d'énergie solaire a été une source fiable d'approvisionnement en électricité dans les régions qui n'ont pas accès au réseau depuis longtemps. Cependant, la pénétration de l'énergie solaire en tant que source d'énergie connectée au réseau n'a augmenté de manière significative qu'au cours de la dernière décennie. Ainsi, la part globale de la production nette d'énergie reste faible à seulement 1% (2015) au niveau mondial et ne devrait augmenter qu'à l'avenir, Les coûts de la production des panneaux ne cessent de baisser, la technologie s'améliore et une gamme diversifiée et croissante d'applications est ouverte au secteur de l'énergie solaire. Par conséquent, l'énergie solaire sera une source d'énergie ou d'énergie compétitive à l'avenir avec des investissements énormes dans ce segment. La compétitivité peut représenter un défi lorsque le stockage de l'énergie est nécessaire pour répondre à la demande, car les technologies de stockage de l'énergie accusent un retard dans l'apprentissage et que l'acceptabilité commerciale n'est pas encore atteinte [11].



**Figure 1.12 :** Constitution d'une cellule photovoltaïque [12].

#### 1.5.1 Cellule monocristalline

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grandes dimensions [13]. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme. Les cellules monocristallines sont les plus commercialisées offrant un bon rendement électrique compris entre 10% et 17%, mais font appel à une méthode de production plus complexe et donc coûteuse.

En effet, l'obtention d'un cristal pur nécessite une grande quantité d'énergie

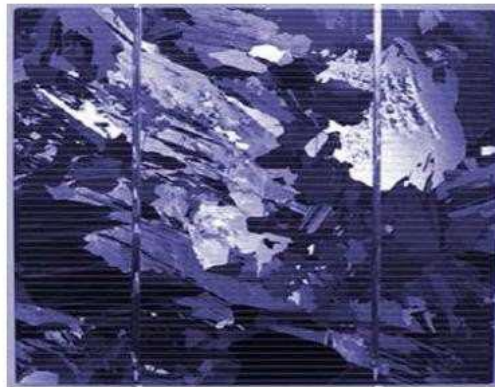


**Figure 1.13 :** *Cellule photovoltaïque monocristalline* [12].

### 1.5.2 Cellule poly cristallin

Pendant le refroidissement du silicium dans une lingotière, il se forme plusieurs cristaux.

La cellule photovoltaïque est d'aspect bleuté, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux. Les cellules polycristallines ont un rendement électrique compris entre 11% et 15%. Leur procédé de fabrication consomme moins d'énergie. Elles ont ainsi un coût de production plus faible mais un rendement légèrement inférieur à celui des cellules monocristallines [13].



**Figure 1.14 :** *Cellule photovoltaïque polycristallines* [13].



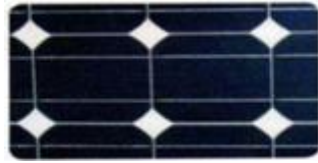
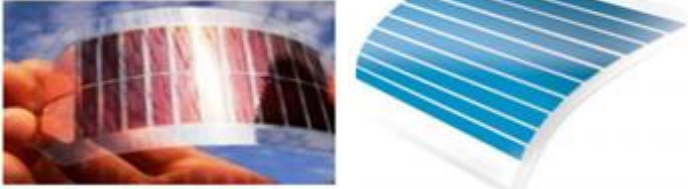
Type de la cellule	Taxeur
Cellule en silicium monocristallin	
Cellule en silicium polycristallin	
Cellule en silicium amorphe	
Cellule a base organique et plastique	

Tableau 1.1: Différents types de cellules photovoltaïques [13].

### 1.5.3 Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque

Les propriétés électriques de la cellule sont synthétisées dans un graphe qu'on appelle caractéristique courant-tension. La figure suivante montre les caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque :

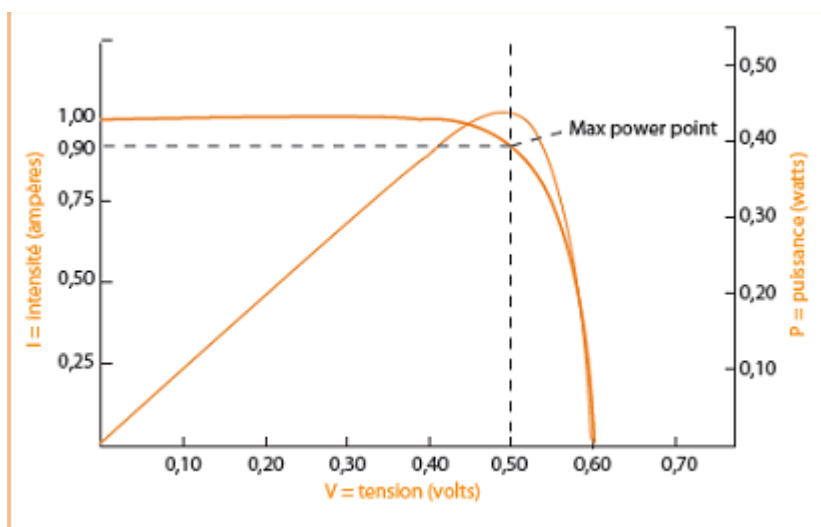


Figure I .15 : Evolution de la caractéristique  $I= f(V)$  et  $P= f(V)$  [14].



**Le courant de court-circuit  $I_{CC}$** 

Le courant de court-circuit  $I_{CC}$  Il s'agit du courant obtenu en court-circuitant les bornes de la cellule. Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la surface éclairée.

$$I_{ph} = I_{CC} - I_S \left[ \exp\left(\frac{v_{cell} + I_{PH} R_S}{nV_t}\right) - 1 \right] - \frac{V_{cell} + I_{PH} R_S}{R_P} \quad (1.1)$$

Où :

**$I_S$  (A)** est le courant de saturation.

**$V_t$  (V)** le potentiel thermodynamique.

**$K$  (J.K<sup>-1</sup>)** la constante de Boltzmann.

**$T$  (K)** la température effective de la cellule en Kelvin.

(C) la charge de l'électron, n le facteur de non idéalité de la jonction.

**$I_{ph}$  (A)** est le courant fourni par la cellule.

**$V_{cell}$  (V)** la tension à ses bornes.

**$I_{CC}$  (A)** le courant de court-circuit de la cellule dépendant de l'éclairement et la température,

**$R_p$  ( $\Omega$ )** la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction et  **$R_s$  ( $\Omega$ )** la résistance série représentant les diverses résistances des contacts et de connexions.

**La tension en circuit ouvert  $V_{CO}$** 

La tension à circuit ouvert est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle décroît avec la température et varie peu avec l'intensité lumineuse

La Puissance maximale  $P_{max}$  :

Pour une cellule solaire idéale, la puissance maximale  $P_{max}$ , correspondrait donc à la tension maximale multipliée par le courant maximum.

$$P_{max} = V_{max} * I_{max} \quad (1.2)$$

Le facteur de forme FF

C'est le rapport entre la puissance maximale que peut fournir une cellule et la puissance qu'il est théoriquement possible d'obtenir (puissance optimale)

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{CO} * I_{CC}} \quad (1.3)$$

**Le rendement  $\eta$** 

Le rendement de la cellule qui correspond au rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule et la puissance solaire incidente,

Où

S : Surface de cellule solaire.

E : Flux incident

$$\eta = \frac{V_{max} I_{max}}{P_{incidente}} \eta = \frac{P_{max}}{E S} \quad (1.4)$$

### 1.5.4 Influence d'éclairement et de la température

#### 1.5.4.1 Influence d'éclairement

La figure (1.16) présente les caractéristiques  $I = f(V)$  et  $P = f(V)$  d'un module photovoltaïque pour différents ensoleillements à la température fixe. Comme on peut voir sur la figure, le courant du module est proportionnel à l'ensoleillement, tandis que la tension change légèrement avec l'ensoleillement.

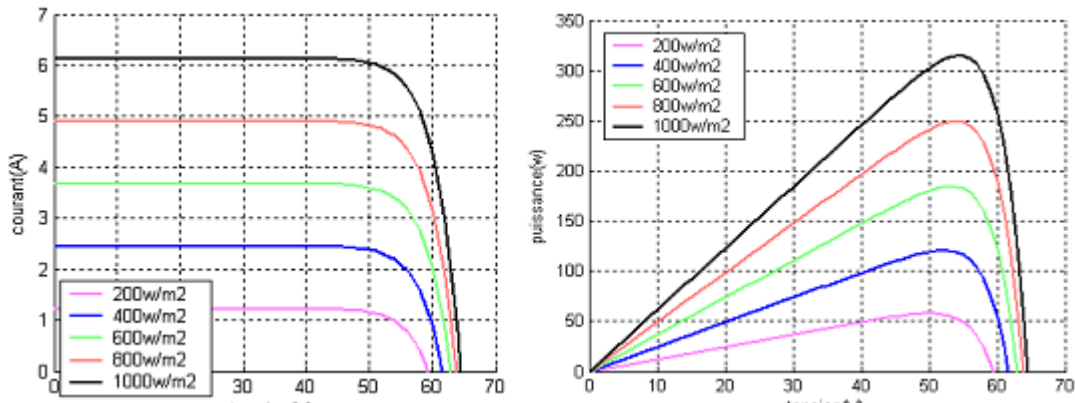
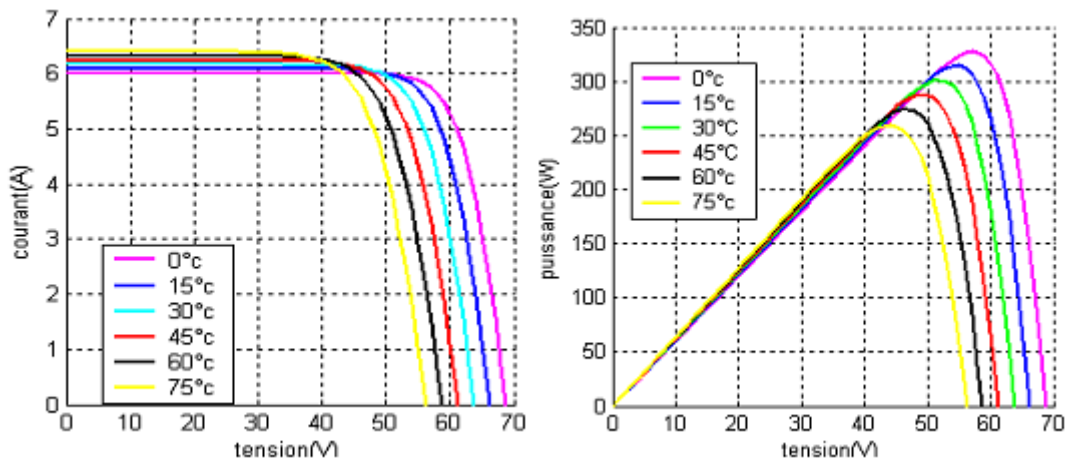


Figure 1.16 : Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) en fonction de l'éclairement.

#### 1.5.2.2. Influence de la température

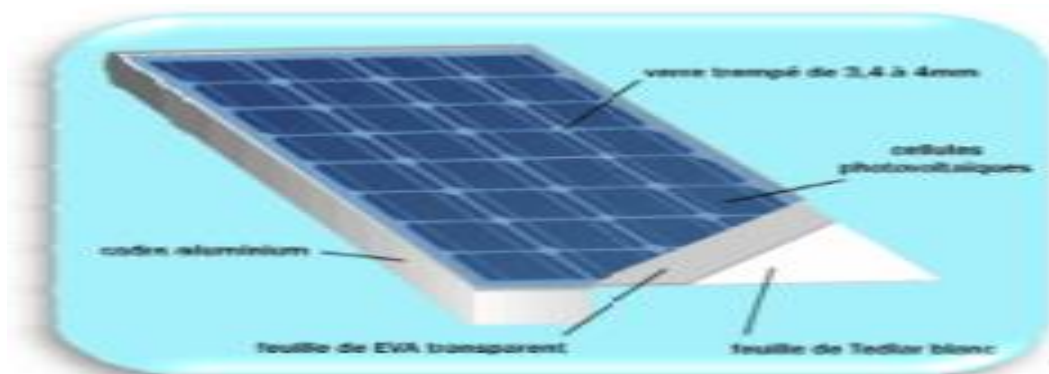
On peut observer l'effet de la température sur la caractéristique  $I(V)$ . Comme le montre la figure (I.16), la température a un léger effet sur le courant, mais une augmentation de la température cause une diminution apparente sur la tension [20].



**Figure 1 .17 :** Evolution de la caractéristique (I-V) (P-V) en fonction de la température [20].

## 1.6 Modules photovoltaïques

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module. Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Ces cellules sont protégées de l'humidité par encapsulation dans un polymère EVA (Ethylène-vinyle-acétate) et protégé sur la surface avant d'un verre, trempé à haute transmission et de bonne résistance mécanique, et sur la surface arrière d'une ou de polyéthylène. Les modules sont généralement entourés d'un cadre rigide en aluminium anodisé comprenant des trous de fixation. A l'arrière de chaque module se trouve une boîte de jonction contenant deux diodes antiparallèles. Ces diodes antiparallèles permettent d'éviter qu'un module au soleil ne se décharge dans un module à l'ombre [15].



**Figure 1.18 :** Module photovoltaïque [15].

**Les modules photovoltaïques assurent la fonction suivante :**

- ✚ Protection des cellules contre les agents atmosphériques.
- ✚ Protection mécanique et support.
- ✚ Connexion électrique entre cellules et avec l'extérieur.

## **1.7 Avantages et inconvénients de l'énergie PV**

### **1.7.1 Avantages**

Les systèmes solaires électriques offrent de nombreux avantages, dont les suivants

[16] :

- Ils sont de fonctionnement sûr, non polluants et silencieux ;
- Ils sont très fiables ;
- Ils n'exigent presque aucun entretien ;
- Ils fonctionnent de façon rentable dans les régions éloignées et dans de nombreuses applications résidentielles et commerciales ;
- Ils sont flexibles et peuvent être élargis à n'importe quel moment pour répondre aux besoins en matière d'électricité ;
- Ils ont une longue durée de vie importante.

### **1.7.2 Inconvénients**

L'inconvénient majeur d'énergie d'origine photovoltaïque est le cas d'absence de l'ensoleillement, ciel couvert ou pendant la nuit, ce qui exige un stockage d'énergie produite par le système durant les jours ensoleillés sous forme chimique dans des accumulateurs, qui sont souvent des batteries. , sachant que ces batteries impose la contrainte de décharge pas plus de 60% ou 70% au maximum de leur capacité maximal, l'énergie stockée n'est pas intégralement restituée, le coût additionnelle de système de stockage est capital en outre ses système ont une durée de vie limitée de 3 à 5 ans, qui alourdit l'investissement [16].

## **1.8 Conclusion**

Dans ce chapitre qui porté l'intitulé l'énergie solaire photovoltaïque nous avons donné un aperçu général sur l'énergie solaire comme nous avons parlé du gisement solaire. Puis, nous avons illustré la conversion photovoltaïque, ainsi les technologies des cellules et modules photovoltaïques.

---

**Références Bibliographiques**

---

- [1] Gasmi, Assia, Hebbir, Nacer, *Et Al.* L'Etude Expérimentale De L'influence De L'inclinaison Et De Vent Sur Le Rendement D'une Cellule Pv. Université L'Arbi Ben M'hidi -Oum El Bouaghi, soutenu le 11.Juin.2019.
- [2] CITE WEB : <https://Climate.Selectra.Com/Fr/Comprendre/Energie-Renouvelable> .Consulté Le 15/04/2022.
- [3] Benrabah, A., & Djaidja, F., *Determination De La Position Du Soleil A M'sila* , Thèse De Doctrat, Université De Msila, S.D., Consulté Le 20.04 2022
- [4] Werner Coppye, Introduction To Photovoltaic, «Engineering Sustainableenergy Future», UCL Cours Energie Renouvelable, 2003.Consulté Le 16/04/2022.
- [5] CITE WEB : <https://Expertises.Ademe.Fr/Energies/Energies-Renouvelables-Enr-Production-Reseaux-Stockage/Passer-A-Laction/Produire-Lelectricite/Solaire-thermodynamique>. Consulté le 02/04/2022
- [6] CITE WEB: <https://Www.Futura-Sciences.Com/Maison/Dossiers/Maison-Electricite-Solaire-Energie-Rayonnante-1225/Page/4/>.
- [7] Salim Mohamed, le gisement solaire, Physique énergétique, Univ Mohamed Boudiaf M'sila 09/2015.consulté le 17/04/2022.
- [8] Belkaid Abdelhakim, Conception et implémentation d'une commande MPPT de haute performance pour une chaine de conversion photovoltaïque autonome,mimore DOCTORAT EN SCIENCES, Univ Ferhat Abbas - Sétif 1, Soutenue le : 19/10/2015,
- [9] Smail Semaoui,Etude de électrification d'un village avec de l'Energie photovoltaïque Thèse de Magister, Université de Ouregla, (2014).
- [10] <http://www.moreenergy.ma/nos-solution.php>. Consulté le 22/04/2022.
- [11] Amrani, D. Rekioua, Etude et identification des différents modèles électriques photovoltaïques, Département d'électrotechnique, Université de Bejaia, (Algérie). <http://eprints.univ-batna2.dz/1648/1/these%20boutabba%20tarek.pdf> , Consulté le 25/04/2022.
- [12] Meghelle Hanine, Hocine Lynda, Contribution à l'étude d'un système photovoltaïque, Mémoire de Master, Université Colonel Akli Mohand-Oulhadj Bouira, Soutenu le : 30 / 09/2018.
- [13] M.R.Nebbali,M.Rafik Belabed, etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque, Mémoire Master, .Univ Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (2017).

[14]. Meghellet Hanine, Hocine Lynda, Contribution à l'étude d'un système photovoltaïque, Mémoire de Master, Université Colonel Akli Mohand-Oulhadj Bouira, Soutenu le : 30 / 09/2018. Consulté LE 29/04/2022.

[15]. BOUTABBA Tarek , Contribution à la modélisation et à la commande d'un système de génération hybride Solaire-Eolien, Mémoire Doctorat en Sciences en Électrotechnique , Soutenu le : 11/10/2018 Consulté LE 29/04/2022.

[16]. Melle Belbachir Soumia, Modélisation et simulation de l'influence de la résistance shunt sur les caractéristiques I(V) et P(V) d'une cellule photovoltaïque, Mémoire En Physique, Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen Consulté Le 30/04/2022.

---

# Chapitre 2

---

## Conception Et Dimensionnement Des Systèmes

### Photovoltaïques

---

#### Sommaire

2.1 Introduction .....	21
2.2 Le principe de fonctionnement d'installation photovoltaïque : .....	21
2.2.1 Les principales applications des installations PV sont les suivantes : .....	22
2.3 Les types de systèmes photovoltaïques .....	22
2.3.1 Système hybride .....	22
2.3.2 Présentation du système hybride .....	22
2.3.3 Systèmes photovoltaïque autonome .....	23
2.3.4 Systèmes raccordés au réseau .....	24
2.4 Les composants d'un système photovoltaïque .....	24
2.4.1 Les batteries .....	25
2.4.2 Les régulateurs de charge .....	25
2.4.3 Les convertisseurs .....	26
2.4.4 Les autres composants .....	26
2.5 Dimensionnement des systèmes photovoltaïque .....	26
2.5.1 Principes de dimensionnement et de positionnement du panneau : .....	27
2.5.2 Dimensionnement sur le mois le moins ensoleillé : .....	27
2.5.3 Dimensionnement sur le mois le plus ensoleillé : .....	28
2.5.4 Stockage inter-saisonnier de l'énergie : .....	28
2.5.5 Procédure de dimensionnement du panneau solaire : .....	28
2.5.6 Choix de la tension du fonctionnement : .....	29
2.6 Dimensionnement de la batterie : .....	29
2.6.1 Choix de la capacité de la batterie .....	30
2.7 Dimensionnement de l'onduleur : .....	32
2.8 Dimensionnement des câbles de raccordement .....	32
2.8.1 La liaison électrique panneau-batterie .....	32
2.8.2 La liaison électrique batterie-appareils .....	33
2.9 Conclusion : .....	33

---

## 2.1 Introduction

Au cours des deux dernières décennies, et vue les prix élevés de l'énergie, le problème d'épuisement des ressources fossiles et la nécessité de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, la demande de production d'énergie à partir de sources renouvelables et l'applications de techniques de récupération d'énergie perdue (gaspillée) pour toutes les installations énergétiques. Cette dernière exige une bonne conception et un dimensionnement de haute précision. L'installation sous dimensionnée reste une installation qui manque de fiabilité, tandis qu'une installation surdimensionnée va nous conduire à un coût plus élevé.

Dans ce chapitre nous allons présenter et détaillé sur la conception et dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

## 2.2 Le principe de fonctionnement d'installation photovoltaïque :

Une installation photovoltaïque (PV) transforme directement et instantanément l'énergie solaire en énergie électrique sans utiliser de combustible. En fait, la technologie photovoltaïque (PV) exploite l'effet photoélectrique, par lequel des semi-conducteurs correctement « dopés » génèrent de l'électricité lorsqu'ils sont exposés au rayonnement solaire [1].

Les principaux avantages des installations photovoltaïques (PV) peuvent être résumés comme suit :

- ✚ Répartition de la génération si nécessaire.
- ✚ Absence d'émission de substances polluantes.
- ✚ Économie de combustibles fossiles.
- ✚ Fiabilité car les installations ne comportent pas de pièces mobiles (vie utile généralement supérieure à 20 ans).
- ✚ Réduction des coûts de fonctionnement et d'entretien ;

Modularité du système (pour accroître l'énergie produite par l'installation, il suffit

D'augmenter le nombre de panneaux) en fonction des besoins réels des utilisateurs.

Cependant, le coût initial du développement d'une installation PV est relativement élevé

Car le marché n'a pas encore atteint sa pleine maturité du point de vue technique et économique [1].

De plus, la génération d'énergie est imprévisible en raison de la variabilité de la source d'énergie solaire.

La production annuelle d'énergie électrique d'une installation PV dépend de différents facteurs.

Notamment :

- Rayonnement solaire incident sur le site de l'installation.
- Inclinaison et orientation des panneaux.



- Présence ou absence d'ombrage.
- Performances techniques des composants de l'installation (principalement les modules et les onduleurs).

### 2.2.1 Les principales applications des installations PV sont les suivantes :

- ✚ Installations (avec systèmes de stockage) pour les utilisateurs isolés du réseau.
- ✚ Installations pour les utilisateurs raccordés au réseau basse tension BT.
- ✚ Centrales PV généralement raccordées au réseau moyenne tension MT.

Les mesures d'incitation telles que le tarif de rachat concernent uniquement les applications de type 2 et 3, à savoir des installations dont la puissance assignée est supérieure ou égale à 1 kW. Une installation PV est essentiellement constituée d'un générateur (panneaux PV), d'un cadre de support pour monter les panneaux au sol, sur un bâtiment ou sur une structure de bâtiment, d'un système de contrôle de l'énergie et de climatisation, d'un éventuel système de stockage de l'énergie, de tableaux de distribution électriques et d'appareils de commutation abritant l'équipement de commutation et de protection et de câbles de raccordement [1].

## 2.3 Les types de systèmes photovoltaïques

### 2.3.1 Système hybride

Ces systèmes ajoutent au système précédent un générateur complémentaire qui devrait si possible compenser le manque d'énergie lorsque l'ensoleillement est limité. On peut citer l'éolienne produit plus par mauvais temps ou le générateur thermo- électrique utilisant des éléments Peltier convertissant un gradient de température directement en courant continu[1.2].

Ces derniers générateurs sont intéressants pour les chalets où le chauffage, en général à bois, permet ainsi de générer également de l'électricité et de recharger l'accumulateur.

Cependant le générateur hybride le plus courant utilise comme complément une génératrice à moteur (essence, diesel ou gaz), ce qui permet de trouver des solutions élégantes aux problèmes de dimensionnement de chalet utilisés toute l'année. La génératrice a comme première fonction de recharger l'accumulateur lors de périodes de faible ensoleillement mais elle permet également d'alimenter des utilisateurs occasionnels en 230 Vac, tels que machines de bricolage, aspirateur et ainsi de se passer d'un onduleur [2].

### 2.3.2 Présentation du système hybride

Le système hybride de production de l'énergie, dans sa vue la plus générale, est celui qui combine et exploite plusieurs sources disponibles facilement mobilisables. Le système qui nous intéresse regroupe trois parties, à savoir l'éolienne, le photovoltaïque, et comme appoint un

groupe électrogène. Ces trois sources de production de l'énergie passent par un stockage électrochimique.

L'ajout du groupe électrogène à un système de production d'énergies renouvelables peut d'une part augmenter la fiabilité du système, alimenter des charges plus énergétivores et, d'autre part, diminuer de manière importante le coût de l'électricité produite par une diminution importante de la taille des générateurs solaire et éolien. Nous allons envisager dans notre étude d'alimenter un village composé d'une dizaine de foyers isolés, situé dans une zone climatique algérienne, ou de manière plus exacte d'apporter un certain service énergétique. En fait, ce n'est pas l'énergie en soi que réclame une population mais un service énergétique, à nous de le lui apporter au moindre coût et avec une efficacité énergétique.

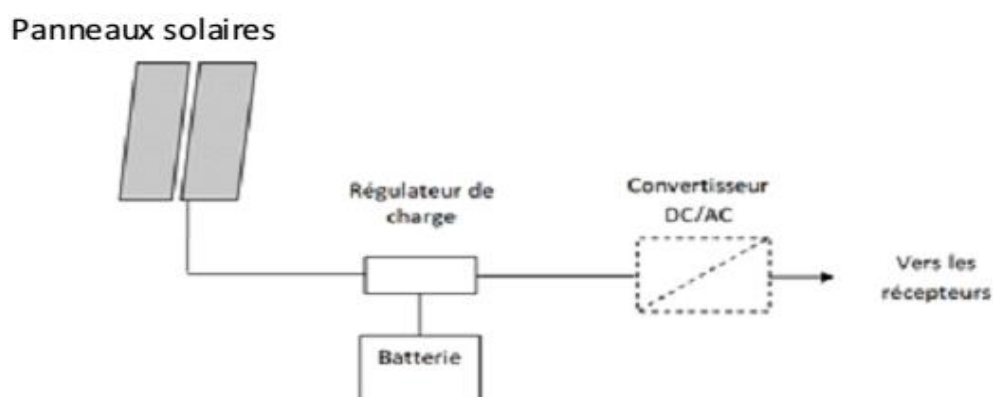
Cette étude fait, en premier lieu, usage de dimensionnement et d'analyse du système hybride précité, se configurant selon plusieurs combinaisons. Le choix de l'une ou de l'autre doit tenir compte du coût de fonctionnement ainsi que de la taille du système [3].

### 2.3.3 Systèmes photovoltaïque autonome

Ce sont les systèmes les plus simples puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux.

#### 2.3.3.1 Systèmes autonomes avec stockage

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes que les anglophones appellent Stand-Alone Systems. La batterie d'un tel système se charge le jour, et sert de réservoir d'énergie en permanence. Les appareils alimentés sont donc câblés sur la batterie au travers du régulateur de charge. Lorsque la batterie est pleine, ce dernier coupe sa charge pour éviter qu'elle ne souffre de surcharge [4].



**Figure 2.1 :** Système photovoltaïque avec stockage (avec ou sans conversion d'énergie)[4]

### 2.3.4 Systèmes raccordés au réseau

Un tel système s'installe sur un site raccordé au réseau. Généralement sur les habitations ou des entreprises qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable et qui bénéficient d'un bon ensoleillement.

L'énorme avantage de cette solution est l'absence de batterie. On ne stocke plus l'énergie, on l'injecte directement au réseau local ou national. Il y a un compteur qui tourne dans un sens pour la consommation, et un autre dans l'autre sens pour la production. Mais il faut tout de même convertir le courant continu des panneaux en alternatif au travers d'un onduleur. Cet onduleur doit être homologué par la compagnie d'électricité qui va recevoir ce courant (il doit respecter des normes sur sa qualité sinusoïdale).

Dans certain cas, on ajoute aux systèmes une batterie de secours pour les coupures de courte durée [4].

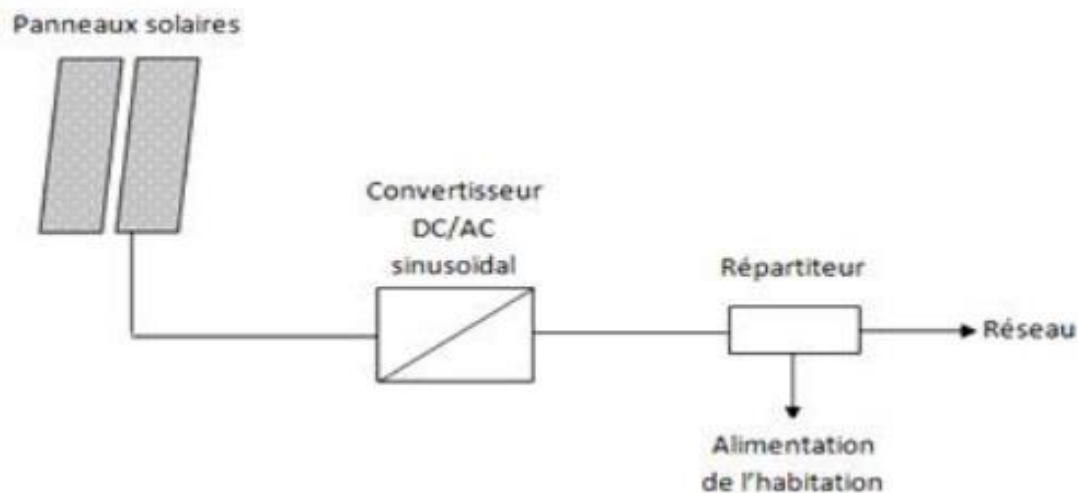


Figure 2.2 : Système photovoltaïque raccordé au réseau [4]

## 2.4 Les composants d'un système photovoltaïque

Les composants d'un système photovoltaïque dépendent de l'application considérée : habitation isolée ou proximité d'un réseau, utilisation de batterie ou « au fil du soleil », convertisseurs de puissance.

Il existe plusieurs composants d'un système photovoltaïque :

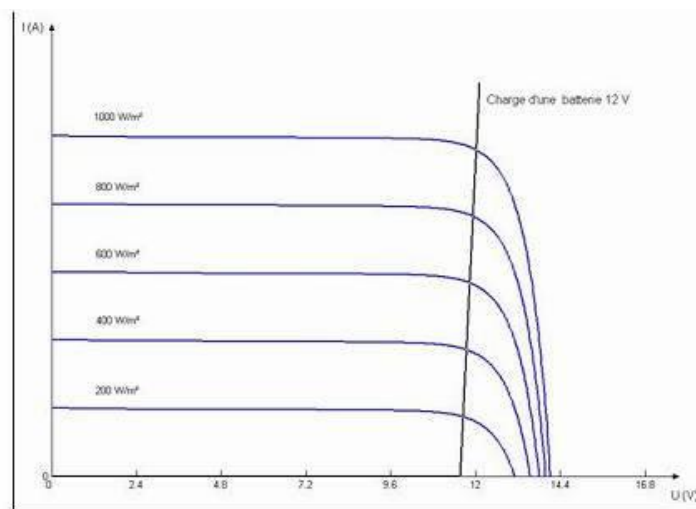
- Les cellules solaires
- les batteries
- Les régulateurs de charge
- Les convertisseurs

- Autres composants

Les cellules solaires étant déjà traitées dans les parties précédentes, nous allons nous attarder sur les autres composants [5].

### 2.4.1 Les batteries

Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques autonomes est en général assuré par les batteries. Les batteries sont des accumulateurs d'énergie, ont une durée de vie et un nombre de cycles prédéterminés à l'avance par le climat (température ambiante) et par le type d'utilisation que l'on va en faire (profondeur de décharge). Le coût de l'investissement et le coût induit par leur durée de vie, vont dépendre de leur qualité de fabrication et du type de technologie [6].



**Figure 2.3 :** Caractéristiques générateur photovoltaïque et batterie [5]

Comme le montre la figure(2.3), la caractéristique des batteries s'adapte assez bien à celles des générateurs photovoltaïques, car elles fonctionnent à tension quasi constante. Il suffit de dimensionner la batterie pour se placer au point de puissance maximale, puisque sa tension  $U_p$  max (tension correspondant à la puissance maximale) varie relativement peu avec l'éclairement.

### 2.4.2 Les régulateurs de charge

Dans un système photovoltaïque comprenant une capacité de stockage nécessite D'insérer un système de régulation de la tension de la batterie, il se place entre les modules et la batterie.

Il déconnecte le générateur photovoltaïque lorsque la batterie est chargée, il déconnecte

Également la charge d'utilisation en cas de décharge profonde, Il ya Plusieurs types de régulateurs peuvent être utilisés dans les systèmes photovoltaïques. Le régulateur contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surcharges (solaires) et décharges profondes (utilisateur). Il doit assurer la surveillance et la sécurité de l'installation.

Les régulateurs de charge se caractérisent en trois groupes principaux :

- Les régulateurs série, qui incorporent un interrupteur entre le générateur et l'accumulateur pour arrêter la charge.
- Les régulateurs shunt, dont l'interrupteur court-circuite le générateur solaire en fin de charge.
- Les régulateurs à recherche de point de puissance maximum (MPPT ou Maximum Power Point Crackings), qui utilisent un circuit électronique spécial permettant de soutirer en permanence du champ de capteurs sa puissance maximale [7].

### 2.4.3 Les convertisseurs

Suivant l'application, on devra souvent utiliser un convertisseur pour adapter la puissance générée à la charge.

Il existe principalement les convertisseurs DC/DC qui fournissent à la charge une tension DC différente de la tension générée par les panneaux et les convertisseurs DC/AC qui produisent une tension alternative pour les charges correspondantes [5].

### 2.4.4 Les autres composants

Les derniers éléments indispensables au bon fonctionnement d'un système photovoltaïque autonome sont les protections contre la foudre, les disjoncteurs et les fusibles.

Comme les panneaux solaires sont des équipements généralement coûteux, ils doivent être protégés pour éviter toute dégradation. Les dangers sont multiples :

- Perturbations induites par les commutations des convertisseurs de puissance. Dans ce cas, on peut introduire des filtres de puissance pour éliminer les harmoniques.
- Fonctionnement en récepteur : les panneaux se détériorent rapidement quand ils absorbent de la puissance. On peut utiliser des diodes pour empêcher le courant de circuler dans le mauvais sens.
- Foudre [5]

## 2.5 Dimensionnement des systèmes photovoltaïque

La détermination de puissance crête installée présente un intérêt tout particulier, compte Tenu du coût du watt-crête.

Généralement, la variation de l'énergie fournie par un panneau photovoltaïque d'inclinaison donnée, ne suit pas celle des besoins en énergie d'une habitation.

Si on fixe la puissance crête pour satisfaire au mieux les besoins d'un mois donné, on obtient généralement un déficit ou un excédent pour d'autre mois.

Sur quelle période faut-il s'efforcer d'égaliser les besoins et les apports ?

Une inclinaison égale à la latitude du lieu permet de capter une quantité d'énergie annuelle maximale, mais [8]:

- Une partie de cette énergie risque d'être inutile ; l'énergie est chère à stocker.
- Le panneau risque d'être trop cher.

Une inclinaison forte (plus proche du vertical : latitude du lieu + 20° par exemple) favorise la captation de l'énergie solaire en hiver (quand le soleil est bas).

### **2.5.1 Principes de dimensionnement et de positionnement du panneau :**

Les deux principes extrêmes illustrent les raisonnements employés pour confronter :

- L'énergie que le panneau doit fournir.
- L'énergie que le panneau peut fournir à partir de l'ensoleillement [8]

### **2.5.2 Dimensionnement sur le mois le moins ensoleillé :**

Une solution simple est sûre consiste à choisir une puissance crête tel que pendant le mois le moins ensoleillé, l'énergie fournie par le panneau satisfasse les besoins, avec une inclinaison voisine de la latitude du lieu.

C'est la solution généralement adoptée par les sociétés commercialisant et installant des systèmes photovoltaïques.

Elle conduit, malheureusement à un gaspillage important d'énergie pendant les autres périodes, et spécialement pour la période la plus ensoleillée.

Pour réduire ce gaspillage, et donc économiser sur la puissance crête du panneau, il est possible :

- De favoriser l'exposition du panneau pendant la saison la moins ensoleillée en choisissant une inclinaison supérieure de 10 à 20° (15° en général) à la latitude du site.
- De surdimensionner la batterie par aux besoins réels (principalement liés au nombre possible de jour sans soleil durant cette saison moins ensoleillée.

Il est alors possible de dimensionner non plus sur le mois le mois ensoleillé, mais sur des mois un peu plus ensoleillé permettant de combler le déficit du mois le mois ensoleillé grâce à une capacité suffisante de la batterie [8 ,9].

### 2.5.3 Dimensionnement sur le mois le plus ensoleillé :

La puissance crête est suffisante pour satisfaire les besoins pendant le mois le plus ensoleillé et généralement tout à fait insuffisante pour satisfaire les besoins d'hiver. Un tel dimensionnement implique le recours à une source d'énergie complémentaire. Dans un système à deux sources, il faut alors favoriser l'utilisation de l'énergie solaire pendant les mois plus ensoleillés et donc, choisir une faible inclinaison des modules ( $\alpha = \text{la Latitude} - 10^\circ \text{ à } 20^\circ$ ). Ce dimensionnement trouve sa limite dans le coût de l'énergie complémentaire.

Un calcul de coût (investissement, fonctionnement) permet de décider de la solution optimale entre :

- Petit panneau peu incliné et source complémentaire très sollicitée.
- Panneau plus important et plus incliné et source complémentaire moins sollicitée [9].

### 2.5.4 Stockage inter-saisonnier de l'énergie :

Il est envisageable de mieux adapter les apports solaires aux besoins en utilisant en hiver de l'énergie stockée en batterie pendant les périodes ensoleillées.

Le stockage à long terme (03 à 06 mois) en batterie et pourtant pratiquement exclu à cause de son coût : la capacité de la batterie nécessaire est trop importante.

De plus :

- La charge de la batterie est alors délicate (il faudrait fractionner la capacité ou augmenter le courant de la charge).
- Le panneau ne peut pas recharger seul la batterie en cas de décharge trop profonde.
- L'autodécharge représente environ 10 % de la capacité en 03 mois, c'est-à-dire qu'en moyen, environ 10 % de cette grosse capacité est installée en pure perte [9].

### 2.5.5 Procédure de dimensionnement du panneau solaire :

Quel que soit le principe retenu, il revient finalement à assurer l'adéquation entre les apports et les besoins pour une période donnée (généralement un mois donné), c'est-à-dire, comparer que doit fournir le panneau avec des tableaux qui donnent l'énergie fournie par un panneau de puissance donnée, selon diverses inclinaisons [8].

Les liaisons entre les principales grandeurs sont représentées dans la figure suivante :

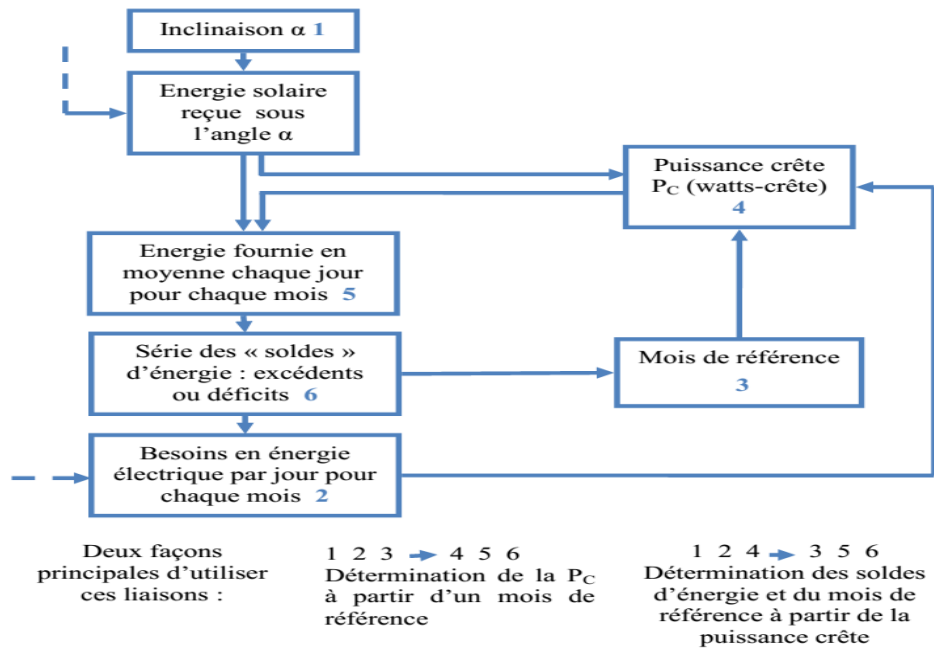


Figure 2.4 : Dimensionnement du panneau photovoltaïque. Liaison entre les paramètres [8]

**2.5.6 Choix de la tension du fonctionnement :**

Le choix de la tension nominale d'un système dépend de la disponibilité de matériels (Modules et récepteurs), aussi, il dépend des niveaux de puissance et d'énergie nécessaire Selon le type d'application [10].

Puissance crête (WC)	<500Wc	500Wc-2KWc	>2KWc
Tension de systèmes (v)	12VDC	24VDC	48VDC

Tableau 2.1. Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance Crête [10] .

**2.6 Dimensionnement de la batterie :**

Celui-ci définit sa capacité de stockage C en KWh puis en Ah. Comment fixer C ?  
Le stock d'énergie répond à deux besoins, et le choix de la capacité doit par ailleurs Satisfaire à 04 contraintes [9].

**Capacité de la batterie :**

La capacité de la batterie est donc :

$$C = CR + Cu \tag{2.1}$$

La capacité de la batterie = la capacité résiduelle + la capacité utile



$C$  : la capacité de la batterie

$CR$  : la capacité résiduelle

$Cu$  : la capacité utile

La capacité résiduelle  $CR$  est la capacité qui n'est pas utilisée, pour préserver la batterie, tandis que la capacité utile  $CU$ , est la capacité qui peut être effectivement déchargée si nécessaire. Elle est égale à

$$CU = C1 + C2 \quad (2.2)$$

la capacité utile = la capacité nécessaire pour faire face au soleil + la capacité nécessaire pour utiliser au mieux le dimensionnement du panneau [11].

### 2.6.1 Choix de la capacité de la batterie

Il s'agit de choisir  $C$ , la capacité en Ah, on est amené à faire trois choix :

1-  $CU/C$

2-  $C1$

3-  $C2$

#### Les contraintes à respecter

Pour le choix de la capacité  $C$ , on se retrouve devant différents critères :

#### Le courant de décharge maximal ( $IDC_{max}$ )

Pendant une période de plus de 10 à 30 secondes, le courant de décharge maximal doit être

Inférieur à  $\frac{1}{10}c$  [11]:

$$IDC_{max} < \frac{1}{10}c \quad (2.3)$$

Où  $C$  est exprimée en Ah.

Ainsi :

$$PDC_{max} < \frac{1}{10}cp \quad (2.4)$$

la puissance maximale en courant continu  $Wh < 1/10$  de l'énergie stockée (Wh) Par exemple, pour une batterie de 500 Ah, le courant de décharge maximal doit être inférieur à 50 A.

#### La quantité d'énergie maximale prélevée chaque jour ( $QDC_{max}$ )

Elle doit être au plus de l'ordre de 10 à 20 % de la capacité totale (selon le type de la batterie) [12] :

$$QDC_{max} < 0.1 \text{ à } 0.2 C \quad (2.5)$$

En considérant le même exemple que précédemment, pour une batterie de 500 Ah, la quantité d'énergie électrique maximale prélevée en un jour sera de 50 à 100 Ah.

### La profondeur de décharge ( $\frac{CU}{C}$ )

La profondeur de décharge, c'est-à-dire le pourcentage de la capacité de la batterie que l'on s'autorise à prélever, conditionne sa durée de vie totale. Cette contrainte diffère selon le type de la batterie utilisée, l'objectif de vie visé et son mode de fonctionnement.

### Charge (et recharge) de la batterie

A partir d'un état « vide » ( $CU=0$ ), la durée de recharge doit être telle que le stock puisse faire face à ses deux rôles ( $C1$  et  $C2$ ) dès que besoin. Pratiquement, l'idéal est d'assurer la recharge selon la procédure optimale pour la batterie. En tous cas, il faut éviter que le courant de recharge de la batterie soit inférieur à  $150C$ . Donc, le courant délivré par le panneau servira partiellement à recharger la batterie [12]:

$$IPV=IU + ICH \quad (2.6)$$

le courant débité par le panneau = le courant utilisé par les occupants + le courant de recharge

### Le choix de la capacité $C1$

Il repose d'abord sur une estimation du nombre maximal de jour consécutifs où le rayonnement global est très faible (sans soleil ou durée d'ensoleillement inférieure à l'heure). Les périodes « sans soleil » longues arrivent généralement en hiver. Par ailleurs, à chaque période sans soleil correspond une demande d'énergie électrique à la batterie. Pour une période sans soleil de  $K$  jours consécutifs [13]:

$$C_{sk}=K \times Bi \quad (2.7)$$

L'énergie totale demandée à la batterie = le nombre de jour sans soleil  $\times$  l'énergie électrique demandée par jour à la batterie

### Choix de la capacité C2

En l'absence d'une source complémentaire, C2 représente une à deux semaines d'utilisation pendant la période la moins ensoleillée (consommation moyenne du mois le moins ensoleillé  $\times 7$  à 14 jours).

#### 2.7 Dimensionnement de l'onduleur :

Pour fixer la puissance nominale de l'onduleur, il faut estimer :

- La charge maximale probable pendant une durée supérieure à 10 – 20 minutes : les charges de courtes durées ne sont pas prises en compte.
- La charge maximale instantanée : elle est généralement égale à 04 fois la puissance du moteur le plus puissant que l'onduleur devra démarrer.

L'onduleur devra pouvoir fournir la charge maximale probable pendant une durée supérieure à 10-20 minutes en permanence et la charge maximale instantanée pendant quelque secondes. Ces deux valeurs sont bien connues des constructeurs.

La puissance maximale doit être la plus faible possible afin de limiter au maximum les pertes à charges faibles ou nulle, tous spécialement si l'onduleur est amenée à fonctionner d'une façon continue [11].

Si la puissance nominale est calculée au plus juste, le disjoncteur de l'onduleur déclenchera de temps en temps. Pour une habitation moyenne, l'onduleur a une puissance nominale comprise entre 0.5 et 2.5 KVA, selon le système retenu (valeur moyenne 1.8 KVA)

#### 2.8 Dimensionnement des câbles de raccordement

La plus part des installations photovoltaïques fonctionne sous une faible tension (12 à 48 Vcc) et courant relativement élevé. Or, les pertes en lignes sont proportionnelles au carré de l'intensité ( $RI^2$  ou  $R$  est la résistance du câble considéré).

Qu'il s'agisse du câble permettant de raccorder le panneau à la batterie, ou de celui permettant de raccorder la batterie aux appareils, il faut en calculer la section de façon à limiter les pertes en lignes. Celles-ci doivent être faibles par rapport à la puissance réellement transmise par la ligne, si possible inférieures à 04 ou 05 % de cette puissance [12].

##### 2.8.1 La liaison électrique panneau-batterie

Soit une installation alimentant une batterie de tension nominale 12 V à partir d'un panneau 12 V/160 Wc.

Il s'agit de calculer la section de câble permettant de limiter à 0.48 V (4% de la tension nominale) la chute de tension maximale dans le câble de liaison, le panneau et la batterie étant distant de 15 mètres environ.

Le courant maximal qui sera délivré à la batterie est donc de l'ordre de 10A (160 W Maximal) sous une tension optimale de 14 V environ.

La résistivité du cuivre est de  $1.8 \cdot 10^{-8} \Omega/m$ . Si on appelle  $\Delta U_{max}$  la chute de tension Maximale, elle s'écrit en fonction du courant  $I_{max}$  :

$$\Delta U_{max} = R \times I_{max} \quad (2.8)$$

La résistance R est fonction des paramètres constitutifs du câble selon la formule :

$$R = \rho (l/s) \quad (2.9)$$

$$R = \Delta U_{max} / I_{max} \quad (2.10)$$

Qui permet de tirer la section du câble S :

$$S = (I_{max} / \Delta U_{max}) \times \rho l \quad (2.11)$$

### 2.8.2 La liaison électrique batterie-appareils

- **Distribution en courant continu**

Le même calcul doit être effectué pour la section du câble entre la batterie et les différents appareils à alimenter.

Il doit tenir compte de la conception de la distribution : dans le cas d'une seule sortie de la Batterie, les appareils sont montés en parallèle. Tandis que dans le cas où la batterie possède Plusieurs sorties (modèles qui existe sur le marché), chacune des ces sortie est branchée à un Appareil ou une série d'appareils.

Le câblage total est souvent plus long, mais le courant maximal dans chacun des circuits est moindre, d'où une section plus faible, et un prix finalement moindre [11].

- **Distribution à partir d'un onduleur**

On distribue du courant alternatif 220 V. la distribution est alors tout à fait classique, et le lecteur pourra se reporter à de nombreux et excellents ouvrages sur ce sujet (ou s'adresser à un installateur).

### 2.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté en détaille la conception et le dimensionnement des systèmes photovoltaïques ; nous avons résumé tout ça dans ce petit passage : premièrement, nous avons expliqué les différents types d'un système photovoltaïque. Ensuite, nous avons présenté les composants de ce système. Finalement, nous avons défini le dimensionnement d'un système photovoltaïque en donnant quelques notions qui sont en relation avec ce dernier.

---

**Bibliographie**

---

- [1] Mihoube Cherif,Rouabah Khaled , dimensionnement et réalisation d'une installation photovoltaïque d'appoint et de secours de laboratoire LMSE, Mémoire de master, université BBA .(2013)
- [2] Hamzaoui, O. (2020). Amélioration des performances des réseaux autonomes hybrides dans le nord du Québec (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- [3] Melle BrihmatFouzia,L'Etude Conceptuelle D'un Système De Conditionnement De Puissance Pour Une Centrale Hybride PV/Eolien, Mémoire De Magister, Ingénieure D'Etat En Electrotechnique, De l'université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, Soutenu le 03/07/2012 (2012).
- [4] Tounsia Benkhemou, Etude et Dimensionnement D'une Installation Photovoltaïque Intégrée au Bâtiment : Cas D'un Laboratoire au CDER, Mémoire De Fin D'Etudes De Master Academique,Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou
- [5] [<https://sites.uclouvain.be/e-.htm> 15-05-2022 16 :16 ]  
lee/FR/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaïques/Principes/Composants
- [6]Fellah Nadia,Sidibe Oumar, Etude et dimensionnement de installation photovoltaïque du DECANAT de la Faculté ST, Mémoire de Master, Université Abd El Hamid Ibn Badis Mostaganem . (2019)
- [7] Tighilt Farhat, dimensionnement et installation d'un système photovoltaïque (application ALAF.G.E.I), Mémoire du fin d'étude présente en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.(2009)
- [8] M Me MeradSouheyla née Mamoun, Dimensionnement d'une Installation Photovoltaïque D'un Lieu Peu Fréquenté : Cas D'un Cabanon Situé à MarsatBen M'Hidi (TLEMEN), Master LMD, Université AbouBekrBelkaid, Soutenu en 08 Juin 2010.
- [9] Baradia Hamza, étude et dimensionnement d'un système d'éclairage solaire pour la Faculté des science et technologie a l'université d'Adrar , Mémoire de Master, Université Ahmed Draia.(2015)
- [10] Anne LABOURET et Michel VILLOZ, «Energie Solaire Photovoltaïque», livre édité par: DUNOD), 2006
- [11] I. BENSEFIA, S. MAMOUN, Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

d'une Maison Autonome Appliquée au Site de Tlemcen, Mémoire de fin d'étude présenté Pour l'obtention du Diplôme Licence LMD en Physique Energétique, Université de Tlemcen, Juillet 2008.

[12] FOGELMAN & Régis MONTLOIN, «Installations Photovoltaïques dans l'habitat isolé» livre édité par: EDISUD, 1983.

[13] Falk ANTONY, Christian DÜSHNER et Karlheinz REMMERS, « Le photovoltaïque pour tous Conception et réalisation d'installation », livre édité par : INES), 2006.

---

# Chapitre 3

---

Etude de l'influence de situations géographiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques

---

## Sommaire

3.1 Introduction .....	36
3.2 Description du projet étudié .....	36
3.2.1 Eléments de base de dimensionnement .....	36
3.2.2 Présentation du logiciel de dimensionnement <i>PVsyst</i> .....	36
3.2.3 Le choix des sites étudiés.....	37
3.2.4 Bilan énergétique .....	38
3.3 Dimensionnement des projets étudiés .....	39
3.3.1 Dimensionnement du projet de Tamanrasset .....	39
3.3.2 Dimensionnement du projet d'Adrar .....	42
3.3.3 Dimensionnement du projet de Laghouat .....	45
3.3.4 Dimensionnement du projet d'Alger :.....	47
3.4 Interprétation et analyse des résultats .....	48
3.5 Conclusion.....	50

### 3.1 Introduction

La réalisation des installations photovoltaïques exige une méthode de calcul et de dimensionnement de haute précision pour son bon fonctionnement et pour la satisfaction de l'utilisateur. L'installation sous dimensionnée reste une installation qui manque de fiabilité, tandis qu'une installation surdimensionnée conduit à un coût plus élevé.

Le dimensionnement des systèmes photovoltaïques est facilité par différents outils logiciels plus ou moins performants. Dans notre étude nous allons utiliser le logiciel PVSYST qui est l'un des plus anciens et des plus performants et professionnels logiciels dédiés au photovoltaïque.

Notre étude consiste principalement en le dimensionnement de quatre projets situés dans quatre sites à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger pour le même bilan énergétique, ou nous avons choisi le bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia, déjà étudié, l'année précédente, par les deux étudiants Saadaoui Abderrahim et Raouli Faycel, pour obtenir le diplôme Master. Cette étude va nous permettre de connaître l'effet de la situation géographique et ses caractéristiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

### 3.2 Description du projet étudié

#### 3.2.1 Eléments de base de dimensionnement

Dans le dimensionnement d'un système photovoltaïque il est nécessaire de connaître :

- Le besoin énergétique la démarche
- Les coordonnées géographiques et le gisement d'énergie solaire des lieux concernés
- Le choix des batteries dans le cas des systèmes autonomes.
- Le choix des modules photovoltaïques, leur implantation et la structure support
- Le choix des composants électriques assurant la régulation et le câblage ainsi que la protection du système et des usagers.

#### 3.2.2 Présentation du logiciel du dimensionnement $PV_{sys}$

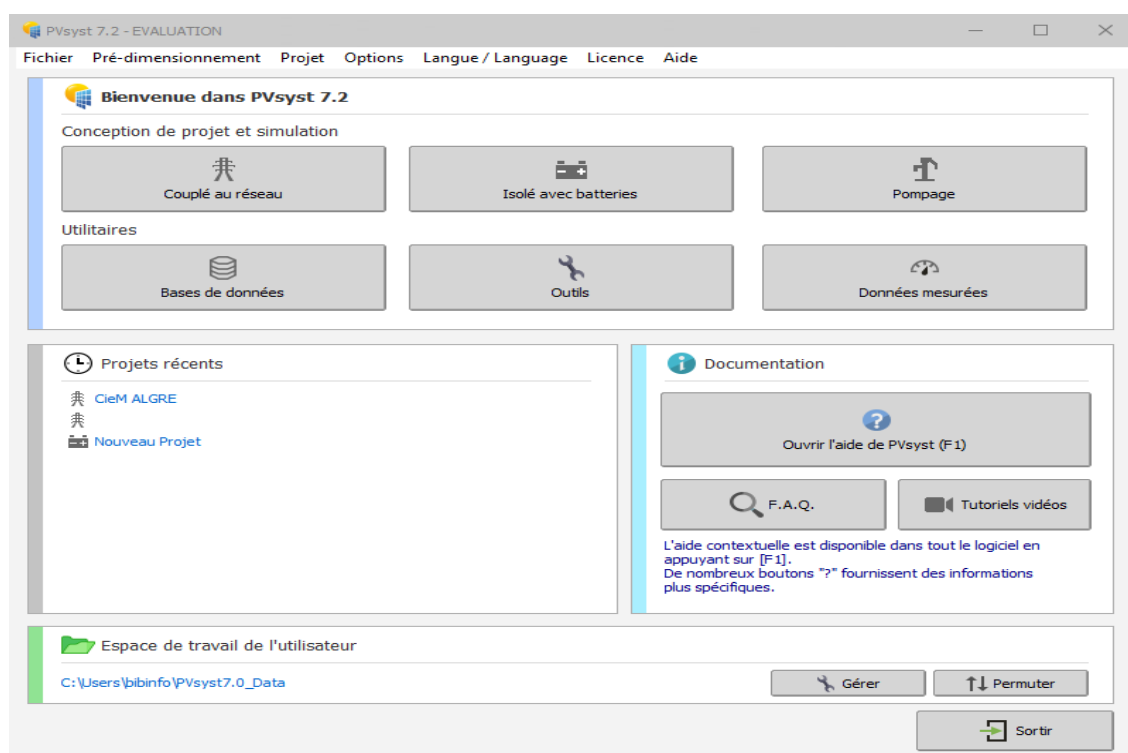
Le logiciel  $PV_{sys}$  est l'un des plus anciens et des plus performants et professionnels logiciels dédiés au photovoltaïque. Il propose des fonctionnalités très poussées telle que son application 3D qui permet de simuler la course du soleil et les ombres portées afin d'optimiser l'implantation des panneaux. et sont indispensable pour les bureaux d'études, architectes, installateurs, qui souhaitent estimer précisément la production photovoltaïque d'un générateur et dimensionner l'ensemble des composants du système : panneaux, onduleurs, câblage...



La simulation calcule la distribution des énergies tout au long de l'année. Un rapport complet avec tous les paramètres impliqués et les résultats principaux, est conçu pour être directement transmis à l'utilisateur.

La simulation détaillée d'un système PV comporte :

- Le choix des composants (panneaux PV, onduleur, matériel de raccordement).
- La disposition détaillée du champ de capteurs (orientation, mode démontage, etc.
- L'estimation de l'énergie produite.
- Une évaluation des coûts de l'installation, et le prix de KWh résultant.



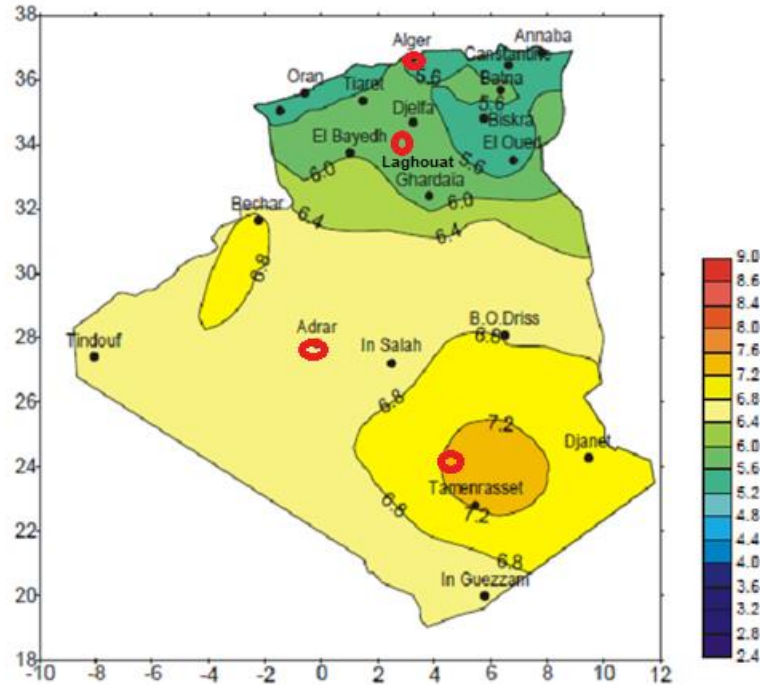
**Figure 3.1.** Interface du logiciel PVsyst.

### 3.2.3 Le choix des sites étudiés

Dans notre étude nous avons choisi quatre sites de déférente situation géographique entre Alger et Tamanrasset à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger. Et ce, pour avoir des différents latitudes (lié à l'inclinaison des panneaux solaires) et de différents d'ensoleillement et de températures ainsi que des différents temps d'ensoleillement annuel. L'Algérie possède un des gisements solaires des plus élevés au monde, en effet de part sa position géographique dispose de plus de 2500 heures d'ensoleillement en moyenne par an sur une très grande partie de son territoire.

La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2500 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures dans le Sahara. L'énergie reçue

quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays. La figure ci après représente la moyenne d'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné en ALGÉRIE exprimée en KWh/m<sup>2</sup>/jour.



**Figure 3.2.** Irradiation solaire globale moyenne sur l'Algérie et situation des quatre sites étudiés [2].

Le flux solaire reçu au niveau du sol dépend essentiellement de :

- L'orientation, la nature et l'inclinaison de la surface terrestre.
- La latitude du lieu de collecte.
- Le degré de pollution, ainsi que de son altitude.
- La période de l'année.
- L'instant considéré dans la journée.
- La nature des couches nuageuses.

### 3.2.4 Bilan énergétique

Pour dimensionner un système photovoltaïque il faut d'abord établir un bilan énergétique par l'identification des appareils de consommation, leur puissance et la durée de leur utilisation afin de calculer les besoins énergétiques de ces appareils, où nous avons choisi le programme PVSyst pour mesurer les différents éléments de l'installation photovoltaïque et batteries.

Comme nous avons déjà mentionné plus haut, nous avons pris le même bilan énergétique pour les quatre sites étudiés : Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger. De ce fait,

nous avons opté le même bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia, déjà étudié dans le mémoire effectué, l'année précédente, par les deux étudiants Saadaoui Abderrahim et Raouli Faycel [1].

<i>Utilisation</i>	<i>Nombre</i>	<i>Puissance</i>	<i>Utilisation</i>	<i>Energie</i>
<i>Lampes classe</i>	152	12w/Lampe	4h/jour	4608 Wh/jour
<i>Entrée</i>	104	12W/Lampa	1h/ jour	1248 Wh/jour
<i>Imprimantes</i>	4	237W/app	2 h/ jour	1896 Wh/jour
<i>PC</i>	20	100w/app	7h/jour	14000 Wh/jour
<i>Climatiseur</i>	01	1000 w tot	4h/jour	4000 Wh/jour
<i>Réfrigérateurs</i>	2	384W		768 Wh/jour
<i>Pompe d'eau</i>	4	350w/app	2h/jour	8000 Wh/jour
<i>Energie journalière totale</i>		<b>24h/jour</b>	<b>24h/jour</b>	<b>32768 Wh/jour</b>

**Tableau 3.1** Bilan énergétique [1].

### 3.3 Dimensionnement des projets étudiés

La conception d'une installation photovoltaïque nécessite une méthode de dimensionnement qui prend en compte les caractéristiques du lieu savoir la latitude, la température, l'irradiation solaire les caractéristiques techniques de chaque composant ainsi que ... etc.)

#### 3.3.1 Dimensionnement du projet de Tamanrasset

##### 3.3.1.1 Données géographique et météorologique du site du projet

###### A. Situation géographique et astronomique du site

- ✚ Altitude : 1051m
- ✚ Latitude : 23.555°
- ✚ Longitude :5.1833°

###### B. Trajectoire du soleil

La position du soleil est définie par deux angles : sa hauteur HS (angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu) et son Azimut AZ (angle avec la direction du sud, compté négativement vers l'est). Le diagramme ci-dessous Figure (III.36) représente la trajectoire du soleil par rapport à wilaya de Tamanrasset.

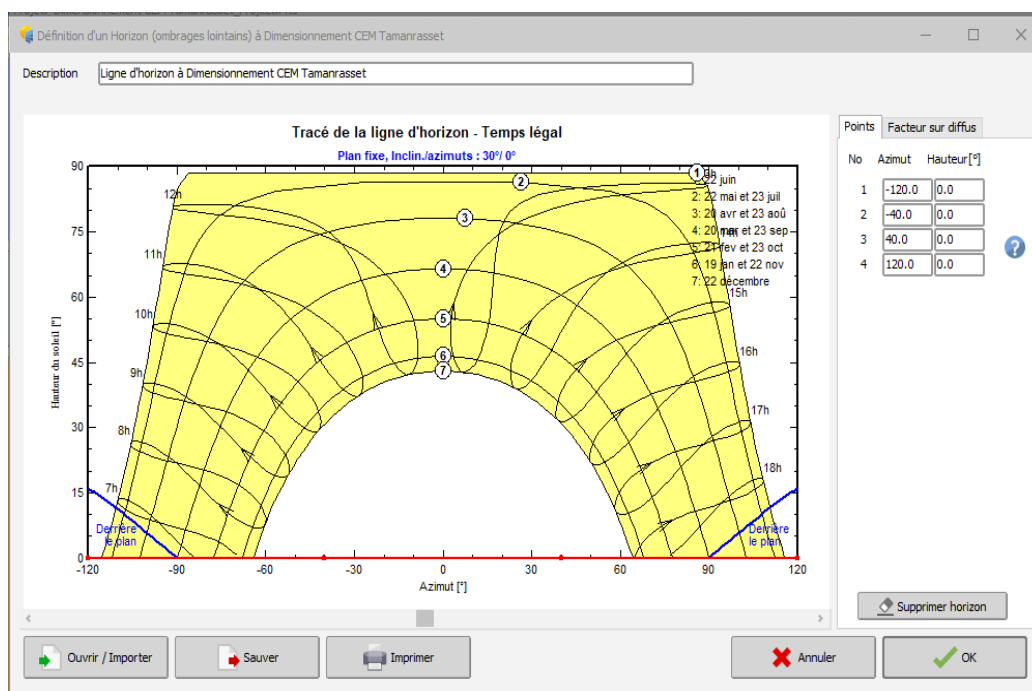


Figure 3.3. Trajectoire du soleil à Tamanrasset.

**C. Température ambiante au sol (°C)**

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
T (Ambiante)	12.7	15.4	20.3	24.6	28.7	30.2	30.8	29.8	28.3	24.5	18.6	14.6	23.2

Tableau 3.2. Température ambiante au sol annuel de Tamanrasset.

**D. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel (kWh/m<sup>2</sup>)**

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
GlobHor	150.9	163.6	212.8	229.7	232.9	217.4	231.4	205.3	188.6	180.1	152.7	141.4	2306.7

Tableau 3.3. Irradiation global horizontal de Tamanrasset.

**E. Orientation et inclinaison et caractéristique de la structure porteuse des panneaux solaires**

Selon les coordonnées géographiques de Tamanrasset, le support des panneaux photovoltaïque doit être orienté vers le sud, et avec une inclinaison de 24 C°. Le support doit être fabriquant cornière métallique, peinturé contre la corrosion.

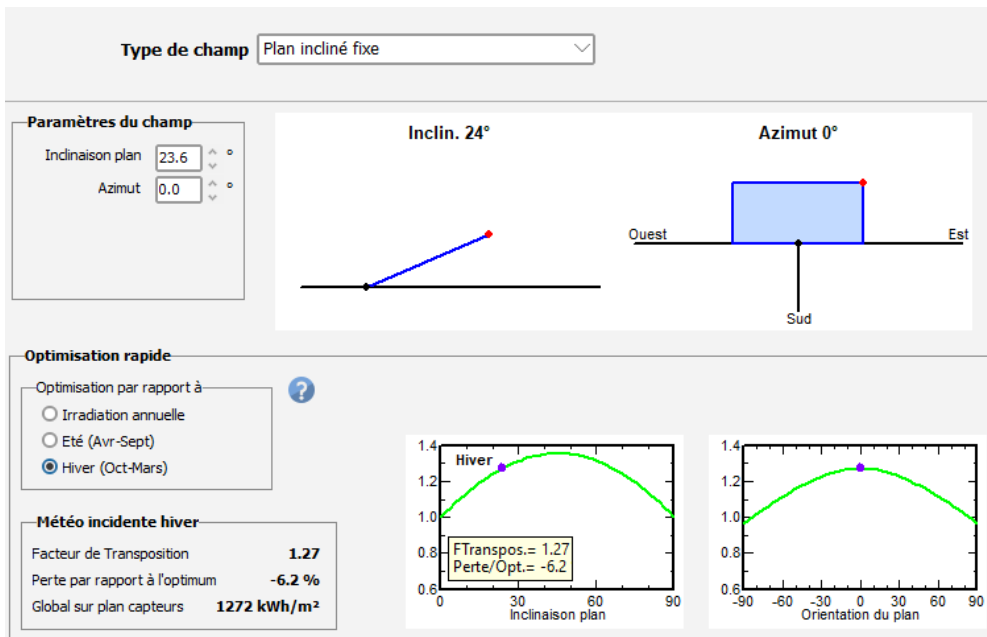


Figure 3.4. Paramètres d'orientation et d'inclinaison des panneaux solaires.

### 3.3.1.2 Résultats de simulation du projet Tamanrasset



PVsyst V7.2.14  
 VCO, Simulé le :  
 20/08/22 14:52  
 avec v7.2.14

#### Projet: Dimensionnement CEM Tamanrassete

Variante: Nouvelle variante de simulation

Paramètres généraux	
<b>Système isolé</b>	<b>Système isolé avec batteries</b>
<b>Orientation plan capteurs</b>	<b>Configuration des sheds</b>
Orientation	Pas de scène 3D
Plan fixe	
Inclinaison/Azimut	
24 / 0 °	
<b>Besoins de l'utilisateur</b>	<b>Modèles utilisés</b>
Consomm. domestique	Transposition
Constants sur l'année	Perez
Moyenne	Diffus Perez, Meteonom
31.1 kWh/Jour	Circumsolaire séparément

Caractéristiques du champ de capteurs			
<b>Module PV</b>		<b>Batterie</b>	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-CB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)			
Puissance unitaire	350 Wc	Technologie	Lithium-ion, LFP
Nombre de modules PV	16 unités	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nominale (STC)	5.60 kWc	Décharge : min. SOC	10.0 %
Modules	4 Chaînes x 4 En série	Energie stockée	32.4 kWh
<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>			
<b>Aux cond. de fonct. (50°C)</b>		Tension	102 V
Pmpp	4983 Wc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U mpp	135 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	37 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	Calcul SOC
Technologie	Convertisseur MPPT	Charge	SOC = 0.96 / 0.80
Coeff. de temp.	-5.0 mV/°C/Élém.	Décharge	SOC = 0.10 / 0.35
<b>Convertisseur</b>			
Efficacité maxi et EURO	97.0 / 95.0 %		
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)	6 kWc		
Total	16 modules		
Surface modules	31.0 m <sup>2</sup>		
Surface cellule	27.3 m <sup>2</sup>		

Pertes champ								
<b>Fact. de pertes thermiques</b>		<b>Pertes câblage DC</b>		<b>Perte diode série</b>				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	63 mΩ	Chute de tension	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Frac. pertes	1.5 % aux STC	Frac. pertes	0.5 % aux STC			
Uv (vent)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes	-0.8 %	Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %			
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, 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 3.5.** Resultates de sumilation pv-syst de dimensionnement photovoltaïque du CEM , Tamanrasset.

### 3.3.2 Dimensionnement du projet d'Adrar

#### 3.3.2.1 Données géographique et météorologique du site du projet

##### A. Situation géographique et astronomique du site

La localisation du site, est comme suit Figure (3.1)

✚ Altitude : 132m

✚ Latitude : 36.73225°

✚ Longitude : 3.08746°

### B. Température ambiante au sol (°C)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
T(Ambiante)	13.1	16.2	21.5	25.7	31.1	35	38.5	37.7	33.5	27.6	19.1	14.3	26.1

Le tableau 3.4. Température ambiante au sol annuel d'Adrar.

### C. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel (kWh/m<sup>2</sup>)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	O	S	O	N	D	Année
GlobHor	110.7	124.8	166.2	192.2	209.1	218.1	226.3	204.7	170.5	144.8	119.9	103.3	1990.6

Tableau 3.5. Irradiation global horizontal de Adrar.

#### 3.3.2.2 Résultats de simulation du projet d'Adrar



Projet: Dimensionnement CEM Adrar

Variante: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.2.14

VCD, Simulé le :  
20/06/22 14:40  
avec v7.2.14

Paramètres généraux

Système isolé		Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>			
Orientation		Configuration des sheds	
Plan fixe		Pas de scène 3D	
Inclinaison/Azimuth		27 / 0 °	
<b>Besoins de l'utilisateur</b>			
Consomm. domestique			
Constants sur l'année			
Moyenne		31.1 kWh/Jour	

Caractéristiques du champ de capteurs

<b>Module PV</b>		<b>Batterie</b>	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-CB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)		Technologie	
		Lithium-ion, LFP	
Puissance unitaire	350 Wc	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nombre de modules PV	24 unités	Décharge : min. SOC	10.0 %
Nominale (STC)	8.40 kWc	Energie stockée	32.4 kWh
Modules	6 Chaînes x 4 En série	<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>	
<b>Aux cond. de fonct. (50°C)</b>		Tension	
		102 V	
Pmpp	7.47 kWc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U mpp	135 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	55 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	
Technologie		Calcul SOC	
Convertisseur MPPT		Charge	
Coeff. de temp.		SOC = 0.96 / 0.80	
-5.0 mV/°C/Élém.		Décharge	
		SOC = 0.10 / 0.35	
<b>Convertisseur</b>			
Efficacité maxi et EURO		97.0 / 95.0 %	
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)		8 kWc	
Total		24 modules	
Surface modules		46.6 m²	
Surface cellule		41.0 m²	

Pertes champ

<b>Fact. de pertes thermiques</b>		<b>Pertes câblage DC</b>		<b>Perte diode série</b>				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ		Chute de tension				
Uc (const)		42 mΩ		0.7 V				
20.0 W/m²K		Frac. pertes		Frac. pertes				
Uv (vent)		1.5 % aux STC		0.5 % aux STC				
0.0 W/m²K/m/s								
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes		Frac. pertes		Frac. pertes				
-0.8 %		2.0 % au MPP		0.1 %				
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, 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 3.6. Resultats simulation pv-syst de dimensionnement photovoltaïque du CEM, Adrar.



### 3.3.3 Dimensionnement du projet de Laghouat

#### 3.3.3.1 Données géographique et météorologique du site du projet

##### A. Situation géographique et astronomique du site

- ✚ Altitude : 761m
- ✚ Latitude : 33.8°
- ✚ Longitude : 2.8814°

##### B. Température ambiante au sol (°C)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
T(Ambiante)	5	7.4	11.7	15.3	20.5	26.2	30.9	29.5	23.4	18.6	10.7	7.1	17.3

Tableau 3.6. Température ambiante au sol annuel de Laghouat.

##### C. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel (kWh/m<sup>2</sup>)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
GlobHor	100.4	144.9	163.6	196.5	218	226.7	232.1	212	168.5	145.9	110.8	93.7	1983.1

Tableau .3.7. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel de Laghouat.

### 3.3.3.2 Résultats de simulation du projet Laghouat



**PVsyst V7.2.14**  
 VCO, Simulé le :  
 20/08/22 15:08  
 avec v7.2.14

#### Projet: Dimennsioment CEM Laghouat

Variante: Nouvelle variante de simulation

Système isolé		Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>		<b>Configuration des sheds</b>	
Orientation		Pas de scène 3D	
Plan fixe			<b>Modèles utilisés</b>
Inclinaison/Azimut	34 / 0 °		Transposition Perez
			Diffus Perez, Meteonorm
			Circumsolaire séparément
<b>Besoins de l'utilisateur</b>			
Consomm. domestique			
Constants sur l'année			
Moyenne	31.1 kWh/Jour		

Caractéristiques du champ de capteurs			
<b>Module PV</b>		<b>Batterie</b>	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-CB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)			
Puissance unitaire	350 Wc	Technologie	Lithium-ion, LFP
Nombre de modules PV	20 unités	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nominale (STC)	7.00 kWc	Décharge : min. SOC	10.0 %
Modules	5 Chaînes x 4 En série	Energie stockée	32.4 kWh
<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>			
Aux cond. de fonct. (50°C)		Tension	102 V
Pmpp	6.23 kWc	Capacité nominale	380 Ah (C10)
U mpp	135 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	46 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	Calcul SOC
Technologie	Convertisseur MPPT	Charge	SOC = 0.96 / 0.80
Coeff. de temp.	-5.0 mV/°C/Élém.	Décharge	SOC = 0.10 / 0.35
<b>Convertisseur</b>			
Efficacité maxi et EURO	97.0 / 95.0 %		
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)	7 kWc		
Total	20 modules		
Surface modules	38.8 m²		
Surface cellule	34.2 m²		

Pertes champ								
<b>Fact. de pertes thermiques</b>		<b>Pertes câblage DC</b>		<b>Perte diode série</b>				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	50 mΩ	Chute de tension	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. pertes	1.5 % aux STC	Frac. pertes	0.5 % aux STC			
Uv (vent)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes	-0.8 %	Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %			
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, 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 3.7. Resultates simulation pv-syst de dimensionnement photovoltaïque du CEM , Lagouat .

### 3.3.4 Dimensionnement du projet d'Alger :

#### 3.3.4.1 Données géographique et météorologique du site du projet

##### A. Situation géographique et astronomique du site

- ✚ Altitude : 132m
- ✚ Latitude 36.7°
- ✚ Longitude :3.08°

##### B. Température ambiante au sol (°C)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
T(Ambiante)	10	10.5	13.2	15.3	18.7	22.7	26.4	26.7	23.4	20.3	14.5	11.3	17.8

Tableau 3.8. Température ambiante au sol annuel de Alger.

##### C. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel (kWh/m<sup>2</sup>)

Mois	J	F	M	Av	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Année
GlobHor	72.1	85.9	129.1	157.7	187.5	213.5	218.6	198.4	147.6	115.2	73.4	56.1	1665.3

Tableau 3.9. Irradiation Global Horizontal mensuel et annuel de Alger.

### 3.3.4.2 Résultats de simulation du projet d'Alger

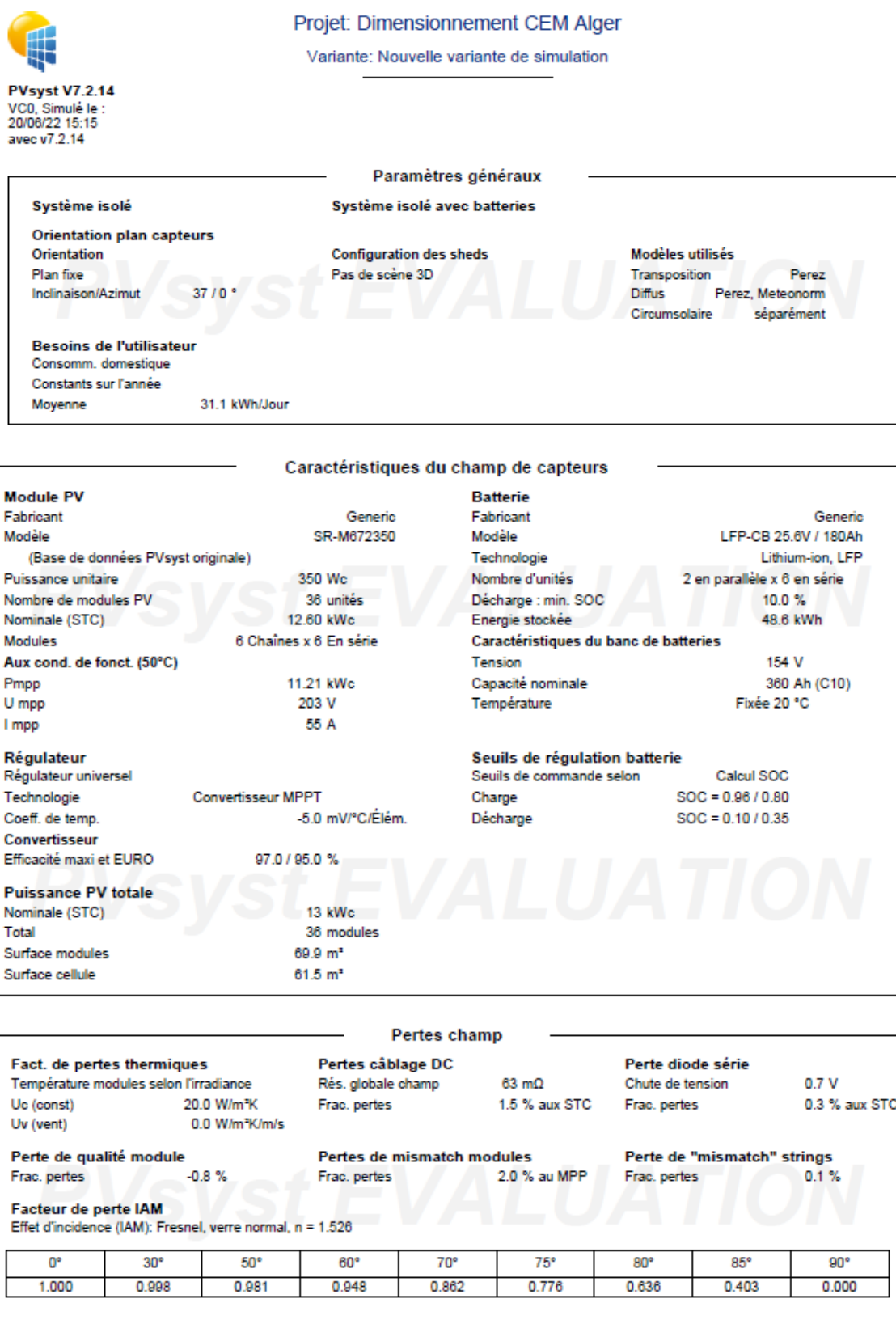


Figure 3.8. Resultates simulation pv-syst de dimensionnement photovoltaïque du CEM ,  
Alger .

## 3.4 Interprétation et analyse des résultats

Le tableau Tableau 3.10. illustre les résultats de dimensionnement des quatre projets à savoir le nombre et la puissance des panneaux solaires et la capacité et le nombre des batteries. Les résultats montrent que ; à part le site d'Adrar, plus que l'éclairement du site et la durée d'ensoleillement sont importants plus que le nombre des panneaux solaires sont moins importants. La figure 1.16 qui montre l'évolution de la caractéristique (I-V) en fonction de l'éclairement, illustre que plus que l'éclairement est important plus que le rendement des cellules solaires est important. En effet, le courant du module est proportionnel à l'ensoleillement, tandis que la tension change légèrement avec l'ensoleillement. De ce fait, on a trouvé 16 panneaux à Tamanrasset, 20 à Laghouat et 36 à Alger correspondant aux Irradiation Global Horizontal annuel, 2306.7 [kWh/m<sup>2</sup>], 1983.1[kWh/m<sup>2</sup>], 1665.3[kWh/m<sup>2</sup>], respectivement. En outre, la durée d'éclairement est plus importante à Tamanrasset ensuite à Laghouat en enfin à Alger. Il est à noter que la durée moyenne d'ensoleillement est de 2650 H/an dans la région côtière, 3000 H/an dans les hauts-plateaux et 3500 H/an au Sahara.

Site	Inc [°]	Tp_A_M [°C]	GlobHor [kWh/m <sup>2</sup> ]	C_Glob_PV [Wc ]	Nbr_PV (350Wc)	Nbr_Bt (180AH)
<b>Tamanrasset</b>	24	23.2	2306.7	4983	16	2 en parallèle × 4 en série
<b>Adrar</b>	27	26.1	1990.6	7470	24	2 en parallèle × 4 en série
<b>Laghouat</b>	34	17.3	1983.1	700	20	2 en parallèle × 4 en série
<b>Alger</b>	37	17.8	1665.3	1121	36	2 en parallèle × 6 en série

**Tableau 3.10.** Tableau de comparaison entre les quatre sites étudiés.

- **Inc** : Latitude (Inclinaison des panneaux solaires),
- **Tp\_A\_M** : Température annuelle moyenne.

- **GlobHor** : Irradiation globale horizontale annuelle
- **C\_Glob\_PV** : Champ Global photovoltaïque,
- **Nbr\_PV**: Nombre de Panneaux solaires de puissance de 350Wc.
- **Nbr\_Bt** : Nombre de Batteries de capacité de 180AH

Pour le cas d'Adrar, et bien que l'irradiation globale horizontale annuelle est de 1990.6 [kWh/m<sup>2</sup>] qui est presque égal à la même radiation du site de Laghouat qui est de 1983.1[kWh/m<sup>2</sup>], mais la simulation nous a donnée 24 panneaux solaires qui est supérieur à celui du site de Laghouat qui est de 20 panneaux solaires. Ceci est du probalement, de la température élevée dans cette région. Dans la figure 1.17 on peut observer l'effet de la température sur la caractéristique I(V), ou la température peut diminuer la puissance des panneaux solaires. En effet, La température a une influence relativement considérable sur le comportement de la cellule et donc sur son rendement. Cette influence se traduit principalement par une diminution de la tension générée (et une très légère augmentation du courant). Par exemple, la puissance d'un module PV en silicium cristallin décroît approximativement de 0.5% (relative) par °C au dessus de 25°C.

En somme, nous constatons que la production des panneaux photovoltaïques varie en fonction de l'éclairement, de la température ambiante, La durée d'insolation annuelle, et tous ces paramètres changent en fonction de la situation géographique du site choisi pour l'installation des modules.

### 3.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié principalement le dimensionnement de quatre projets situés dans quatre sites à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger pour le même bilan énergétique, en se focalisant sur le dimensionnement des panneaux solaire et ce pour voir l'effet des situation géographiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques. Pour cela, nous avons choisi , pour l'étude quatre sites, le bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia,

En somme, nous constatons que la production des panneaux photovoltaïques varie en fonction de l'éclairement, de la température ambiante, La durée d'insolation annuelle, et tous ces paramètres changent en fonction de la situation géographique du site choisi pour l'installation des modules.

### Bibliographie

---

[1] Sadaoui Abdrahim Raouli Faycel, Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation électrique du CEM Sahed Mohamed, commune d'Elhamadia, Wilaya de Bordj Bou Arreridj, Mémoire Master, *Université de Bordj Bou Arreridj*, Soutenue le : 20/09/2021

[2] Mohamed Rédha YAICHE, Abdellah BOUHANIK, Atlas solaire Algérien, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Algerie (2002).

---

---

# Conclusion Générale

---

Notre objectif l'était simulée de l'effet de la situation géographique et ses caractéristiques sur le dimensionnement des systèmes photovoltaïques pour bien maîtriser le dimensionnement des systèmes photovoltaïques. Pour se faire, nous avons étudié le dimensionnement de quatre projets situés dans quatre sites de situation géographiques différentes, à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger, en choisissant le même bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia, déjà étudié, l'année précédente, par les deux étudiants Saadaoui Abderrahim et Raouli Faycel, pour obtenir le diplôme Master.

Les résultats obtenus nous à donner 16 panneaux solaires à Tamanrasset, 20 à Laghouat et 36 à Alger correspondant aux Irradiation Global Horizontal annuel, 2306.7 [kWh/m<sup>2</sup>], 1983.1[kWh/m<sup>2</sup>], 1665.3[kWh/m<sup>2</sup>], respectivement. Cela paraît logique, puisque plus que les Irradiation sont importante plus que le rendement des panneaux solaires est important. En outre, la durée d'éclairement est plus importante à Tamanrasset ensuite à Laghouat en enfin à Alger. Il est à noter que durée moyenne d'ensoleillement est de 2650 H/an dans la région côtière, 3000 H/an dans les hauts-plateaux et 3500 H/an au Sahara.

En somme, nous constatons que la production des panneaux photovoltaïques varie en fonction de l'éclairement, de la température ambiante, La durée d'insolation annuelle, et tous ces paramètres changent en fonction de la situation géographique du site choisi pour l'installation des modules.



**الملخص:** تعتمد دراستنا أساسا على تقييم أربعة مشاريع محددة ضمن أربعة مواقع جغرافية مختلفة وهي: تمناست، أغواط، أدرار والجزائر، للقيام بهذا سنختار الميزانية العمومية لمتوسطة صاهد محمد "الحمادية" التي سبق دراستها العام الماضي من قبل الطالبين سعداوي عبد الرحيم ورولي فيصل. في النهاية نجد أن انتاج الألواح الكهروضوئية يختلف حسب الإضاءة ودرجة حرارة المحيط، وكذا مدة الإشعاع الشمسي السنوي.

**الكلمات المفتاحية:** الألواح الكهروضوئية، الطاقة الشمسية، المخزون الشمسي.

**Résumé :** Notre étude consiste principalement en le dimensionnement systèmes photovoltaïques de quatre projets situés dans quatre sites de situation géographiques différents, à savoir Tamanrasset, Adrar, Laghouat et Alger. Pour se faire, nous avons choisi le bilan énergétique du CEM Sahad Mohamed, El Hamadia, déjà étudiés, l'année précédente, par les deux étudiants Saadaoui Abderrahim et Raouli Faycel. En somme, nous constatons que la production des panneaux photovoltaïques varie en fonction de l'éclaircissement, de la température ambiante et la durée d'insolation annuelle.

**Mots clefs :** Panneaux photovoltaïques, énergie solaire, gisement solaire.

**Abstract:** Our study is based mainly on dimensioning of photovoltaic system of four specific projects within four different geographical locations: Tamanrasset, Laghouat, Adrar and Algiers. To do this, we will choose the energy balance sheet for the Sahid Mohamed "Al Hammadiyah" Intermediate School, which was previously studied last year by the two students, Saadawi Abdel Rahim and Roli Faisal. In short, we find that the production of photovoltaic panels varies according to the insolation, the ambient temperature and the annual insolation period.

**Keywords:** Photovoltaic panels, solar energy, solar field.

## Annex 01 : résultats PV syst site Tamanrasset



**PVsyst V7.2.14**

VC0, Simulé le :  
20/06/22 14:52  
avec v7.2.14

### Projet: Dimensionnement CEM Tamanrasset

Variante: Nouvelle variante de simulation

#### Résumé du projet

Site géographique	Situation	Paramètres du projet
Dimensionnement CEM Tamanrasset	Latitude 23.55 °N	Albédo 0.20
Algeria	Longitude 5.18 °E	
	Altitude 1051 m	
	Fus. horaire UTC+1	
<b>Données météo</b>		
Dimensionnement CEM Tamanrasset		
Meteonorm 8.0 (1994-2017), Sat=100 % - Synthétique		

#### Résumé du système

Système isolé	Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>	<b>Besoins de l'utilisateur</b>	
Plan fixe	Consomm. domestique	
Inclinaison/Azimut 24 / 0 °	Constants sur l'année	
	Moyenne	31.1 kWh/Jour
<b>Information système</b>	<b>Pack de batteries</b>	
<b>Champ PV</b>	Technologie	Lithium-ion, LFP
Nombre de modules 16 unités	Nombre d'unités	8 unités
Prom total 5.60 kWc	Tension	102 V
	Capacité	360 Ah

#### Résumé des résultats

Energie disponible	10985 kWh/an	Productible	1962 kWh/kWc/an	Indice perf. PR	75.21 %
Energie utilisée	10621 kWh/an			Fraction solaire (SF)	93.58 %

#### Table des matières

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Besoins de l'utilisateur	4
Résultats principaux	5
Diagramme des pertes	6
Graphiques spéciaux	7



PVsyst V7.2.14

VCS, Simulé le :  
20/06/22 14:53  
avec v7.2.14

## Projet: Dimensionnement CEM Tamarassete

Variante: Nouvelle variante de simulation

## Paramètres généraux

Système isolé		Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Configuration des sheds</b>	
Plan fixe		Pas de sheds 3D	
Inclinaison/Azimut	24 / 0 °	<b>Modules utilisés</b>	
		Transposition	Parez
		Diffus	Parez, Meteorom
		Circumolaire	séparément
<b>Besoins de l'utilisateur</b>			
Consomm. domestique			
Constante sur l'année			
Moyenne	31.1 kWh/Jour		

## Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV		Batterie	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M572350	Modèle	LFP-CB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)		Technologie	Lithium-ion, LFP
Puissance unitaire	350 Wc	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nombre de modules PV	16 unités	Décharge : min. SOC	10.0 %
Nominale (STC)	5.60 kWc	Energie stockée	32.4 kWh
Modules	4 Chaines x 4 En série	<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>	
<b>Aux cond. de fonct. (50°C)</b>		Tension	102 V
Pmpp	4983 Wc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U mpp	135 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	37 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	
Technologie		Calcul SOC	
Coef. de temp.		Charge	SOC = 0.98 / 0.80
Convertisseur		Décharge	SOC = 0.10 / 0.25
Efficacité maxi et EURO			
97.0 / 95.0 %			
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)			
6 kWc			
Total			
16 modules			
Surface modules			
31.0 m²			
Surface cellule			
27.3 m²			

## Pertes champ

Fact. de pertes thermiques		Pertes câblage DC		Perte diode série				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ		Chute de tension				
Uc (const)		63 mΩ		0.7 V				
20.0 W/m²K		Frac. pertes		Frac. pertes				
Uv (vent)		1.5 % aux STC		0.5 % aux STC				
0.0 W/m²Km/s								
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes		Frac. pertes		Frac. pertes				
-0.8 %		2.0 % au MPP		0.1 %				
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, n = 1.528								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.882	0.776	0.636	0.403	0.000

Annex 02 : résultats PV syst site Adrar



**PVsyst V7.2.14**  
 VCO, Simulé le :  
 20/06/22 14:40  
 avec v7.2.14

Projet: Dimensionnement CEM Adrar

Variante: Nouvelle variante de simulation

**Résumé du projet**

<b>Site géographique</b> Dimensionnement CEM Adrar Algeria	<b>Situation</b> Latitude 26.73 °N Longitude -0.92 °W Altitude 268 m Fus. horaire UTC+1	<b>Paramètres du projet</b> Albédo 0.20
<b>Données météo</b> Dimensionnement CEM Adrar Meteonorm 8.0 (1986-2005), Sat=100 % - Synthétique		

**Résumé du système**

<b>Système isolé</b> <b>Orientation plan capteurs</b> Plan fixe Inclinaison/Azimut 27 / 0 °	<b>Système isolé avec batteries</b> <b>Besoins de l'utilisateur</b> Consomm. domestique Constants sur l'année Moyenne 31.1 kWh/Jour
<b>Information système</b> <b>Champ PV</b> Nombre de modules 24 unités Pnom total 8.40 kWc	<b>Pack de batteries</b> Technologie Lithium-ion, LFP Nombre d'unités 8 unités Tension 102 V Capacité 360 Ah

**Résumé des résultats**

Energie disponible	14137 kWh/an	Productible	1683 kWh/kWc/an	Indice perf. PR	62.44 %
Energie utilisée	11290 kWh/an			Fraction solaire (SF)	99.47 %

**Table des matières**

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Besoins de l'utilisateur	4
Résultats principaux	5
Diagramme des pertes	6
Graphiques spéciaux	7



PVsyst V7.2.14

VCO, Simulé le :  
20/09/22 14:40  
avec v7.2.14

Projet: Dimensionnement CEM Adrar

Variante: Nouvelle variante de simulation

## Paramètres généraux

Système isolé		Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>		<b>Configuration des sheds</b>	
Orientation		Configuration des sheds	
Plan fixe		Pas de scène 3D	
Inclinaison/Azimut	27 / 0 °		
<b>Besoins de l'utilisateur</b>		<b>Modules utilisés</b>	
Consomm. domestique		Technologie	Transposition
Constante sur l'année		Défilé	Pensez, Météonorm
Moyenne		Circulaire	alignement
Moyenne		31.1 kWh/Jour	

## Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV		Batterie	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-DB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)		Technologie	
		Lithium-ion, LFP	
Puissance unitaire	350 Wc	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nombre de modules PV	34 unités	Décharge : min. SOC	50.0 %
Nominale (STC)	8.40 kWc	Energie stockée	32.4 kWh
Modules	6 Chaines x 4 En série	<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>	
<b>Aux cond. de fonct. (55°C)</b>		Tension	102 V
Pmpp	7.47 kWc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U mpp	135 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	55 A	<b>Seuils de régulation batterie</b>	
<b>Régulateur</b>		Seuils de commande selon	
Régulateur universel		Calcul SOC	
Technologie	Convertisseur MPPT	Charge	SOC = 0.95 / 0.80
Coeff. de temp.	-5.0 mW/°C/élém.	Décharge	SOC = 0.10 / 0.35
<b>Convertisseur</b>			
Efficacité max et EURO	97.0 / 95.0 %		
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)	8 kWc		
Total	34 modules		
Surface modules	46.6 m²		
Surface cellule	41.0 m²		

## Pertes champ

Fact. de pertes thermiques		Pertes câblage DC		Perte diode série				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	42 mΩ	Chute de tension	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. pertes	1.5 % aux STC	Frac. pertes	0.5 % aux STC			
Uv (vent)	0.0 W/m²Km/s							
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes	-0.8 %	Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %			
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, vers normal, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.892	0.776	0.636	0.433	0.000

Annex 03 : résultats PV syst site Laghuoat



Projet: Dimensiement CEM Laghouat

Variante: Nouvelle variante de simulation

**PVsyst V7.2.14**

VC0, Simulé le :  
20/06/22 15:08  
avec v7.2.14

**Résumé du projet**

<b>Site géographique</b> Dimensionnement CEM Laghouat Algeria	<b>Situation</b> Latitude 33.80 °N Longitude 2.87 °E Altitude 763 m Fus. horaire UTC+1	<b>Paramètres du projet</b> Albédo 0.20
<b>Données météo</b> Dimensionnement CEM Laghouat Meteonorm 8.0 (1996-2015), Sat=100 % - Synthétique		

**Résumé du système**

<b>Système isolé</b> <b>Orientation plan capteurs</b> Plan fixe Inclinaison/Azimut 34 / 0 °	<b>Système isolé avec batteries</b> <b>Besoins de l'utilisateur</b> Consomm. domestique Constants sur l'année Moyenne 31.1 kWh/Jour	
<b>Information système</b> <b>Champ PV</b> Nombre de modules 20 unités Prom total 7.00 kWc	<b>Pack de batteries</b> Technologie Lithium-ion, LFP Nombre d'unités 8 unités Tension 102 V Capacité 360 Ah	

**Résumé des résultats**

Energie disponible 13093 kWh/an	Productible 1870 kWh/kWc/an	Indice perf. PR 69.83 %
Energie utilisée 11240 kWh/an		Fraction solaire (SF) 99.03 %

**Table des matières**

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Besoins de l'utilisateur	4
Résultats principaux	5
Diagramme des pertes	6
Graphiques spéciaux	7



PVsyst V7.2.14

VCS, Simulé le :  
20/06/22 15:08  
avec v7.2.14

## Projet: Dimensionnement CEM Laghouat

Variante: Nouvelle variante de simulation

## Paramètres généraux

Système isolé		Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Configuration des sheds</b>	
Plan fixe		Pas de sheds 3D	
Inclinaison/Azimat	34 / 0 °		
<b>Besoins de l'utilisateur</b>			
Consomm. domestique			
Constante sur l'année			
Moyenne	31.1 kWh/Jour		
<b>Modules utilisés</b>		<b>Modules utilisés</b>	
Transposition		Pensez	
Diffus		Pensez, Meteoronom	
Circumciliaire		alignement	

## Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV		Batterie	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-OB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)			
Puissance unitaire	350 Wc	Technologie	Lithium-Ion, LFP
Nombre de modules PV	20 unités	Nombre d'unités	2 en parallèle x 4 en série
Nominale (STC)	7.00 kWc	Décharge : min. SOC	90.0 %
Modules	5 Chaines x 4 En série	Energie stockée	32.4 kWh
<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>			
<b>Aux cond. de fonct. (50°C)</b>		Tension	102 V
Pmpp	6.23 kWc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U <sub>mpp</sub>	135 V	Température	Fixée 20 °C
I <sub>mpp</sub>	46 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	
Technologie	Convertisseur MPPT	Charge	Calcul SOC
Coef. de temp.	-5.0 mV/°C/déc.	Décharge	SOC = 0.85 / 0.80
<b>Convertisseur</b>		SOC = 0.10 / 0.35	
Efficacité maxi et EURO	87.0 / 95.0 %		
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)	7 kWc		
Total	20 modules		
Surface modules	38.8 m <sup>2</sup>		
Surface cellule	34.2 m <sup>2</sup>		

## Pertes champ

Fact. de pertes thermiques		Pertes câblage DC		Perte diode série				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	50 mΩ	Chute de tension	0.7 V			
U <sub>c</sub> (const)	25.0 W/m <sup>2</sup> K	Frac. pertes	1.5 % aux STC	Frac. pertes	0.5 % aux STC			
U <sub>v</sub> (vent)	0.0 W/m <sup>2</sup> km/h							
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes	-0.8 %	Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %			
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, vent normal, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.892	0.776	0.636	0.493	0.000

Annex 04 : résultats PV syst site Alger



**PVsyst V7.2.14**  
 VCO, Simulé le :  
 20/06/22 15:15  
 avec v7.2.14

**Projet: Dimensionnement CEM Alger**

Variante: Nouvelle variante de simulation

**Résumé du projet**

<b>Site géographique</b> Dimensionnement CEM Alger Algeria	<b>Situation</b> Latitude 36.73 °N Longitude 3.09 °E Altitude 132 m Fus. horaire UTC+1	<b>Paramètres du projet</b> Albédo 0.20
<b>Données météo</b> Dimensionnement CEM Alger Meteonorm 8.0 (1995-2010), Sat=100 % - Synthétique		

**Résumé du système**

<b>Système isolé</b>  <b>Orientation plan capteurs</b> Plan fixe Inclinaison/Azimut 37 / 0 °	<b>Système isolé avec batteries</b>  <b>Besoins de l'utilisateur</b> Consomm. domestique Constants sur l'année Moyenne 31.1 kWh/Jour	<b>Information système</b> <b>Champ PV</b> Nombre de modules 36 unités Pnom total 12.60 kWc	<b>Pack de batteries</b> Technologie Lithium-ion, LFP Nombre d'unités 12 unités Tension 154 V Capacité 360 Ah
--	---	--	---

**Résumé des résultats**

Energie disponible 19573 kWh/an	Productible 1553 kWh/kWc/an	Indice perf. PR 47.65 %
Energie utilisée 11256 kWh/an		Fraction solaire (SF) 99.17 %

**Table des matières**

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Besoins de l'utilisateur	4
Résultats principaux	5
Diagramme des pertes	6
Graphiques spéciaux	7





**PVsyst V7.2.14**  
 VCO, Simulé le :  
 20/09/22 15:15  
 avec v7.2.14

Projet: Dimensionnement CEM Alger

Variante: Nouvelle variante de simulation

**Paramètres généraux**

Système isolé	Système isolé avec batteries	
<b>Orientation plan capteurs</b>	<b>Configuration des sheds</b>	
<b>Orientation</b>	Pas de sheds	<b>Modèles utilisés</b>
Plan fixe	Pas de scène 3D	Transposition
Inclinaison/Azmut	37 / 0 °	Diffus
		Percé, Meteorom
		Circulaire
		séparément
<b>Beoins de l'utilisateur</b>		
Consomm. domestique		
Constante sur l'année		
Moyenne	31.1 kWh/Jour	

**Caractéristiques du champ de capteurs**

Module PV		Batterie	
Fabricant	Generic	Fabricant	Generic
Modèle	SR-M672350	Modèle	LFP-CB 25.6V / 180Ah
(Base de données PVsyst originale)		Technologie	Lithium-ion, LFP
Puissance unitaire	350 Wc	Nombre d'unités	2 en parallèle x 6 en série
Nombre de modules PV	36 unités	Décharge : min. SOC	10.0 %
Nominale (STC)	12.60 kWc	Energie stockée	48.6 kWh
Modules	6 Chaines x 6 En série	<b>Caractéristiques du banc de batteries</b>	
<b>Aux cond. de fonct. (25°C)</b>		Tension	154 V
Pmpp	11.21 kWc	Capacité nominale	360 Ah (C10)
U npp	303 V	Température	Fixée 20 °C
I mpp	35 A		
<b>Régulateur</b>		<b>Seuils de régulation batterie</b>	
Régulateur universel		Seuils de commande selon	Calcul SOC
Technologie	Convertisseur MPPT	Charge	SOC = 0.96 / 0.80
Coef. de temp.	-5.0 mW/C/élémt.	Décharge	SOC = 0.10 / 0.35
<b>Convertisseur</b>			
Efficacité maxi en EURO	97.0 / 95.0 %		
<b>Puissance PV totale</b>			
Nominale (STC)	13 kWc		
Total	36 modules		
Surface modules	69.9 m²		
Surface cellule	61.5 m²		

**Pertes champ**

<b>Fact. de pertes thermiques</b>	<b>Pertes câblage DC</b>	<b>Perte diode série</b>						
Température modules selon l'irradiance	Rés. globale champ	Chute de tension						
Uc (const)	63 mΩ	0.7 V						
Uv (var)	Frac. pertes	Frac. pertes						
20.0 W/m²K	1.5 % aux STC	0.3 % aux STC						
0.0 W/m²C/m/s								
<b>Perte de qualité module</b>	<b>Pertes de mismatch modules</b>	<b>Perte de "mismatch" strings</b>						
Frac. pertes	Frac. pertes	Frac. pertes						
-0.8 %	2.0 % au MPP	0.1 %						
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.882	0.776	0.636	0.483	0.300