

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التربية الوطنية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت  
Universitaire de Ain Témouchent -Belhadj Bouchaib  
Faculté des sciences et de la technologie  
Département d'électrotechnique



Projet de fin d'études  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
**Domaine** : Sciences et technologie  
**Filière** : Electrotechnique  
**Spécialité** : Commandes Electriques  
Thème

***Dimensionnement technique d'une installation  
photovoltaïque de 200 kW***

**Présenté Par :**

- 1) MILOUD Abd el madjid
- 2) BENRAMDANE Heythem younes

**Devant les jurys composés de :**

M. FLITI Mohammed	MCA	Université de Ain Témouchent	Encadrant
M . BERRACHED Djelloul	MCB	Université de Ain Témouchent	Président
M. BENAZZA Beghdadi	MCB	Université de Ain Témouchent	Examineur

*Année universitaire 2020/2021*

# *Dédicace*

*Avant tout, je tiens à remercier le dieu, et l'unique qui m'offre le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie,*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents Miloud Lakhder et Miloud khadija ,*

*Pour leurs sacrifices, leur amour, leur prières et leur soutien. A mes sœurs .*

*A ma chère famille, petite ou grande, proche ou lointaine. A mon cher cousin Brahim*

*A tous mes amis, Chafik et Youcef et med et mon binôme younes*

*Sans qui la vie me semblerait bien fade, je vous souhaite la prospérité et le succès, Et a tous ceux qui nous ont assisté dans la réalisation et le bon déroulement de ce travaille.*

# *Dédicace*

*Avant tout, je tiens à remercier le dieu, et l'unique qui m'offre le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie,*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents Benramdane Safi et Miloud Fatima Dalila,*

*Pour leurs sacrifices, leur amour et leur prières, a mon frère, mes sœurs.*

*A ma chère famille, petite ou grande, proche ou lointaine. A mes chers amis , Fekih Zakaria, Raghaout Abdel Illah et mon binôme Madjid*

*Sans qui la vie me semblerait bien fade, je vous souhaite la prospérité et le succès, Et a tous ceux qui nous ont assisté dans la réalisation et le bon déroulement de ce travail.*

# Sommaire

## Tableau de Figure

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
----------------------------	---

## I Généralités sur l'énergie photovoltaïque

I.1. Introduction .....	5
I.2. Historique .....	5
I.3. État de l'art des systèmes PV .....	8
I.4. Les panneaux solaires.....	8
I.5. Rayonnement solaire .....	8
I.5.1. Le rayonnement direct .....	9
I.5.2. Le rayonnement diffus.....	9
I.5.3. Le rayonnement réfléchi.....	9
I.5.4. Le rayonnement global.....	9
I.6. Effet photovoltaïque .....	9
I.7. La Cellule photovoltaïque .....	10
I.8. L'énergie solaire dans le monde .....	13
I.9. Le solaire photovoltaïque dans l'Afrique .....	14
I.10. Le solaire photovoltaïque dans l'Algérie .....	15
I.11. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque .....	16
I.11.1 Avantages .....	16
I.11.2 Inconvénients.....	17
I.13. Conclusion .....	17

## II : Dimensionnement et conceptions d'installation photovoltaïque

II.1. Introduction.....	19
II.2. Types de système photovoltaïque .....	19
II.2.1. Système au fil du soleil.....	19
II.2.2. Système connecté au réseau.....	19
II.2.3. Système autonome.....	19
II.3. Spécification de conception de l'installation PV .....	20
II.3. .1 Conditions de service.....	20

II.3. 2 Description des unités d'alimentation solaire.....	20
II.3. 3Spécifications de tension continue de sortie.....	21
II.3. 4 Panneau solaire (générateur photovoltaïque).....	21
II.4.Batteries d'accumulateurs.....	22
II.4.1 Contrôleur / régulateur de charge des batteries.....	24
II.4.2 Régulateur de tension.....	25
II.4.3 Détecteur de surtension (OVL).....	25
II.4.4 Coffret de distribution.....	25
II.4.5 Voyants, mesure et signalisation.....	26
II.4.6 Câble d'interconnexion.....	26
II.4.7 Mise à la terre.....	27
II.5. Installation.....	27
II.6. Le champ de modules photovoltaïques.....	28
II.7. Mise en place d'une structure.....	28
II.8.Fixation des panneaux.....	29
II.9.L'orientation des panneaux.....	29
II.10.Câblage des boîtes de jonction.....	29
II.11.Pose des UCP.....	29
II.12.Installation des batteries.....	32
II.13.Câblage des batteries.....	33
II.14.Protection et accessoires.....	33
II.15.Les appareils de gestion et de conversion d'énergie.....	34
II.16.Implantation des appareils de gestion et de conversion d'énergie.....	34
II.17.Installation des appareils de gestion et de conversion d'énergie.....	34
II.18.Installation d'un boîtier de report d'information.....	36
II.19.Domaines d'application.....	36
II.20.Avantages et Inconvénients.....	36
II.21.Conclusion.....	37

### **III. Simulation numérique d'une installation photovoltaïque**

<b>III.1. Présentation de logiciel PVSYST.....</b>	<b>38</b>
<b>III.2. Conception du système.....</b>	<b>38</b>
<b>III.3. Dimensionnement de système.....</b>	<b>39</b>
<b>III.4 la simulation numérique.....</b>	<b>40</b>
<b>III.4.1 Site d'implantation.....</b>	<b>40</b>
<b>III.4.2 Données géographique.....</b>	<b>41</b>
<b>III.4.3 Donnés métrologique.....</b>	<b>41</b>
<b>III.4.4 La trajectoire du soleil.....</b>	<b>42</b>
<b>III.5 Orientation des modules PV.....</b>	<b>43</b>
<b>III.6 Schéma de l'installation PV.....</b>	<b>44</b>
<b>III.7 Paramètre de simulation.....</b>	<b>44</b>
<b>III.8 Le rapport de simulation.....</b>	<b>49</b>
<b>III.9 Conclusion.....</b>	<b>54</b>

### **IV. la rentabilité économique et de l'investissement**

<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.2 Tableaux de l'étude technico-économique des systèmes PV.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.3 Discussion et analyse des résultats du l'installation dimensionnée.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.3.1 Objectif général.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.3.2 Matériels et méthodes.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.4.1 Etude technique.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.4.2 Collecte des données.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.5 Constitutions du système.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.5.1 Modules photovoltaïques.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.5.2 Régulateur de charge et décharge.....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5.3 Batteries d'accumulation.....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5.4. Onduleur de tension.....</b>	<b>63</b>

<b>IV.5.5 Contrôleur DC/DC.....</b>	<b>63</b>
<b>IV.5.6 Récepteurs et charges.....</b>	<b>63</b>
<b>IV.6 Différentes configurations des systèmes photovoltaïques.....</b>	<b>63</b>
<b>IV.7 Choix des composants du système.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.8 Caractéristiques des composants utilisés pour le dimensionnement des systèmes PV.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.9 Estimation et calcul de la demande énergétique.....</b>	<b>67</b>
<b>IV.10 Conclusion.....</b>	<b>70</b>
<b>-Conclusion Générale.....</b>	<b>71</b>
<b>-Bibliographie.....</b>	<b>72</b>
<b>-Résumé.....</b>	<b>74</b>

# Tableau de Figure

<b>Figure 1.1</b> : Types de rayonnements solaires reçus au sol.....	9
<b>Figure 1.2</b> : effet photovoltaïque.....	10
<b>Figure 1.3</b> : Constitution d'une cellule .....	11
<b>Figure 1.4</b> : Cellule solaire au silicium monocristallin.....	12
<b>Figure 1.5</b> : cellules poly cristallines .....	12
<b>Figure 2.1</b> : L'installation photovoltaïque.....	21
<b>Figure 2.2</b> : Panneaux solaire de type BP-Solar 375.....	22
<b>Figure 2.3</b> : Banc des batteries de type NI-Cd.....	24
<b>Figure 2.4</b> : Contrôleur / régulateur de charge des batteries.....	25
<b>Figure 2.5</b> : Détecteur de surtension (OVL).....	25
<b>Figure 2.6</b> : Boîtes de protection et de distribution.....	26
<b>Figure 2.7</b> : Implantation du champ de modules photovoltaïques .....	28
<b>Figure 2.8</b> : La boîte de raccordement .....	31
<b>Figure 2.9</b> : Installation des batteries.....	32
<b>Figure 2.10</b> : Câblage des batteries.....	33
<b>Figure 2.11</b> : Protection des câbles.....	33
<b>Figure 2.12</b> : Appareils de gestion et de conversion d'énergie.....	34
<b>Figure 3.1</b> : logiciel PVSYST.....	38
<b>Figure 3.2</b> : Configuration de system.....	39
<b>Figure 3.3</b> : Conditions de dimensionnement.....	40
<b>Figure 3.4</b> : Les données géographiques du Ain Temouchent.....	41
<b>Figure 3.5</b> : La donnée météorologique mensuelle du Ain temouchent.....	41
<b>Figure 3.6</b> : la trajectoire du soleil à Ain Temouchent.....	42
<b>Figure 3.7</b> : positionnement des systèmes PV.....	43



<b>Figure 3.8</b> : Schéma simplifié d'une installation PV liée aux réseaux.....	44
<b>Figure 3.9</b> : l'effet de l'ensoleillement sur la courbe I/V.....	45
<b>Figure 3.10</b> : l'effet de la température sur la courbe I/V.....	46
<b>Figure 3.11</b> : Température fixe.....	47
<b>Figure 3.12</b> : Ensoleillement fixe.....	48

# *Introduction Générale*

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir, en effet l'énergie est un facteur essentiel au développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. L'augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse [1].

L'énergie est la base de toute activité humaine. De nos jours, une grande partie de la demande mondiale en énergie est assurée à partir de ressources fossiles. Cependant, les réserves de combustibles fossiles sont limitées. En effet, la croissance de la demande énergétique mondiale, l'épuisement inévitable des ressources fossiles et le réchauffement climatique causé par l'émission des gaz à effet de serre imposent le recours aux énergies propres. Certains pays développés se sont orientés vers l'énergie nucléaire qui présente des risques d'accidents graves. C'est pourquoi on s'intéresse actuellement aux énergies renouvelables. [1] [3] [4]

Par ailleurs aujourd'hui nous distinguons plusieurs sources d'énergies renouvelables : l'énergie Hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque (qui sera étudiée dans ce mémoire). L'avantage principal de ces énergies renouvelables est que leurs utilisations ne polluent pas l'atmosphère et elles ne produisent pas de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone et les oxydes d'azote qui sont responsables du réchauffement de la terre. Notre étude est réservée à l'installation d'un système solaire qui alimente un bâtiment d'équipement électrique. L'énergie photovoltaïque est une possibilité de développement efficace et durable. C'est pour cela que les recherches scientifiques se développent dans le sens de généraliser, améliorer et optimiser l'exploitation des systèmes solaires. L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères de dimensionnement et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement [1].

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'énergie solaire, nous présentons tout d'abord, un état de l'art vis-à-vis les systèmes qui sont actuellement établis dans le monde

Le deuxième chapitre, nous sommes intéressés au dimensionnement et de conceptions d'installation photovoltaïque, à savoir les différents éléments constituant le générateur PV (batterie, régulateur, onduleur.....).

Dans le troisième chapitre nous consacrons à l'étude par simulation numérique : nous présentons le logiciel que nous avons utilisé PV SYSYT .Ensuite, nous représentons les résultats obtenus de l'installation PV

Le dernier chapitre, fera l'objet de la rentabilité économique et de l'investissement par rapport au prix de la consommation électrique du réseau de la DIVISION DE TECHNOLOGIE ET DEVELOPPEMENT « DTD » SONELGAZ Ain Temouchent  
Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale des perspectives.

# *Chapitre I*

## *Généralités sur l'énergie photovoltaïque*

## I.1.Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque [1] [3]

L'électricité ainsi produite peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution. Une installation solaire photovoltaïque peut être implantée sur tous les types de bâtiment : maison individuelle, bâtiment d'habitation, etc [3].

Avant, L'énergie solaire photovoltaïque était limitée aux applications rurales pour l'alimentation des sites isolés en électricité comme cela a été le cas en Algérie. Mais depuis quelques années, le solaire photovoltaïque a fait son entrée dans les agglomérations, ce qui a pour effet l'augmentation sensible de la demande en modules photovoltaïques [4] [5].

Afin de mieux exploiter cette énergie, il est nécessaire de connaître la distribution de l'irradiation solaire sur le lieu de l'implantation prévu pour l'installation photovoltaïque, pour différentes orientations et inclinaisons.

## I.2.Historique :

1839 : Découverte de l'effet photovoltaïque par Alexandre Edmond Becquerel. Il avait observé que certains matériaux faisaient des étincelles lorsqu'ils étaient exposés à la lumière. Il démontra qu'il s'agissait d'une conversion directe de la lumière en électricité [1]



**Physicien Alexander Edmond Becquerel (1820 - 1891)**

1873 : Découverte de la photoconductivité du sélénium par Willoughby Smith [1]



**Ingénieur électricien anglais (1828-1891)**

1875 : Werner Von Siemens expose devant l'académie des sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs [1]



**Inventeur et industriel allemand (1816 - 1892)**

1954 : Trois chercheurs américains, Gerald Pearson, Daryl Chaplin et Calvin Fuller, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites [1]



**Gerald Pearson, Daryl Chaplin et Calvin Fuller**

1958 : Une cellule avec un rendement de 9% est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace. [7]

1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware [1].



1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie [4]



### I.3. État de l'art des systèmes PV

Les générateurs photovoltaïques sont par leur nature des systèmes non linéaires. Ils font l'objet des grandes variations environnementales qui influent sur leur fonctionnement qui sont spécialement l'éclairement (l'insolation) et la température de la cellule. [8]

La première génération des systèmes photovoltaïques utilisée pour le pompage constitué d'un générateur et une charge seulement correspond à un couplage direct, c'est le couplage le plus simple à réaliser et le moins coûteux. [1] [11].

L'application des systèmes photovoltaïques n'est pas limitée au système isolé, mais peut être utilisée localement au niveau domestique. Dans ce cas une optimisation d'utilisation d'énergie est indispensable car il est nécessaire de faire un choix optimal sur la source à utiliser : réseau, batterie ou panneau solaire. De plus, dans le cas d'excès d'énergie produite à travers la conversion photovoltaïque, cette dernière peut être injectée au réseau dans le but d'optimiser de tels systèmes pour assurer un fonctionnement optimal de l'ensemble. [1] [11].

De plus, de nouvelles techniques sont utilisées actuellement, basées sur l'intelligence artificielle tels que les réseaux neurones et la logique floue. Elles ont été appliquées pour optimiser les systèmes de pompage photovoltaïque. Généralement, le générateur solaire est fixe, mais il peut être orientable pour les régions où le flux lumineux est faible. L'orientation des panneaux est assurée soit manuellement, soit commandée par un circuit électronique ; le principe réside dans la poursuite du mouvement du soleil. Cette idée a donné naissance à une nouvelle procédure d'optimisation [1] [11].

### I.4. Les panneaux solaires :

La cellule photovoltaïque ou encore photopile est l'élément constitutif des modules photovoltaïques. Un panneau photovoltaïque est constitué de plusieurs cellules en série ou en parallèle afin d'obtenir une tension souhaitée. [2]

### I.5. Rayonnement solaire :

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres. Il a un diamètre de 1 390 000 km, soit environ 50 fois celui de la terre. Il est composé à 80 % d'hydrogène, 19 % d'hélium et 1 % d'un mélange de 100 éléments ; soit pratiquement tous les éléments chimiques connus. Il y a une soixantaine d'années, Langevin et Perrin, s'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, ont émis l'idée que c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance. Il est aujourd'hui admis que le soleil est une bombe

thermonucléaire hydrogène-hélium transformant chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène en 560 millions tonnes d'hélium. La réaction se faisant dans son noyau à la température d'environ 25 millions de degrés Celsius. Ainsi, chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement.

On distingue plusieurs composantes de rayonnement solaire [1] [2] [5]

### I.5.1. Le rayonnement direct :

Le rayonnement direct est la différence entre le rayonnement global et le rayonnement diffus.

### I.5.2. Le rayonnement diffus :

C'est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire global par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages et les aérosols.

### I.5.3. Le rayonnement réfléchi :

C'est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc....)

### I.5.4. Le rayonnement global :

Le rayonnement global est subdivisé en rayonnements directs, diffus et reflété par le sol). Dans la figure ci-dessous est schématisé l'ensemble des rayonnements solaires reçus sur une surface terrestre.

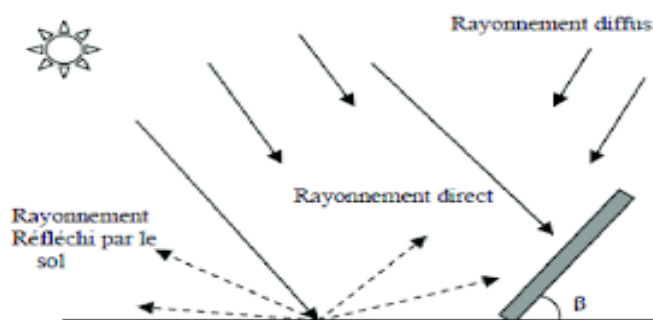


Figure 1.1 : Types de rayonnements solaires reçus au sol

## I.6. Effet photovoltaïque :

L'effet photovoltaïque c'est un phénomène physique propre à certains matériaux appelés « semi-conducteurs » il y a deux couches dopées p (positif) et dopées n (négatif), dénommées comme jonction p-n (ou n-p). Sous l'effet de ce dopage, un champ électrique est présent dans le matériau de manière permanente (comme un aimant possède un champ magnétique permanent). Quand un photon incident

(grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il cède son énergie à l'électron qui se retrouve libéré de sa bande de valence et subit donc le champ électrique intrinsèque. Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la face supérieure laissant place à un trou qui migre en direction inverse. Des électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure permettent de récolter les électrons et de leur faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou de la face antérieure, ainsi se crée un courant électrique [2] [5].

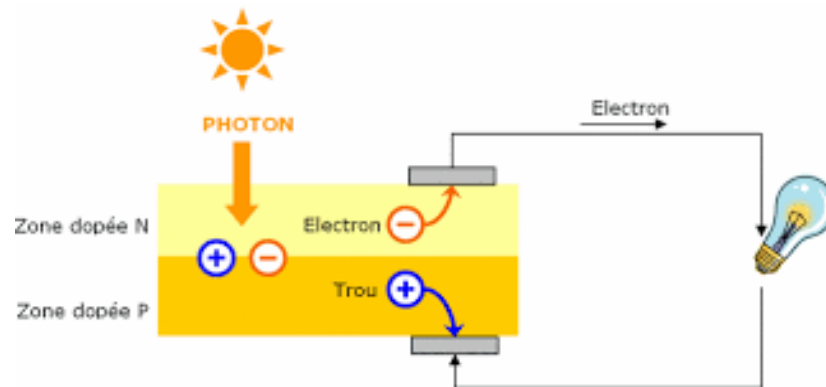


Figure 1.2 : effet photovoltaïque

## I .7. La Cellule photovoltaïque :

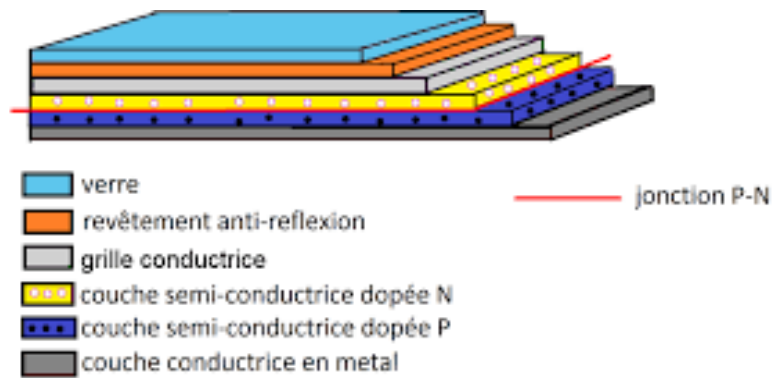
### Définition :

La cellule PV est un élément le plus petit d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi- conducteurs généralement à base de Silicium elle transforme l'énergie lumineuse en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants :

- Absorption des photons par le matériau constituant le dispositif
- Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires d'électrons/trous dans le matériau semi-conducteur
- Collecte des particules générées dans le dispositif [2] [5].

### Constitution d'une cellule :

- Une fine couche semi-conductrice.
- Une couche antireflet pour la pénétration maximale des rayons solaires.
- Une grille conductrice.
- Les plus récents possèdent une nouvelle combinaison de multicouches réfléchissants pour permettre à la lumière de rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement [2].



**Figure 1.3 :** Constitution d'une cellule

## Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque :

Le principe de fonctionnement de cette cellule repose sur l'effet photovoltaïque, en effet une cellule est constituée de deux couches minces d'un semi-conducteur, ces deux couches sont dopées différemment

- Pour la couche N, apport d'électrons périphériques
- Pour la couche P, déficit d'électrons

Ces deux couches présentent ainsi une différence de potentiel. L'énergie des photons lumineux captés par les électrons périphériques (couche N) leur permet de franchir la barrière de potentiel et d'engendrer un courant électrique continu. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées par sérigraphie sur les deux couches de semi-conducteur. [1] [2] [4]

## Différents types de cellules photovoltaïques:

Il existe plusieurs types de cellules solaires (ou cellules photovoltaïques), et chaque type de cellules est caractérisé à un rendement et un coût qui lui est propre. et le type de matériaux utilisés parmi lesquelles

### Les cellules monocristallines:

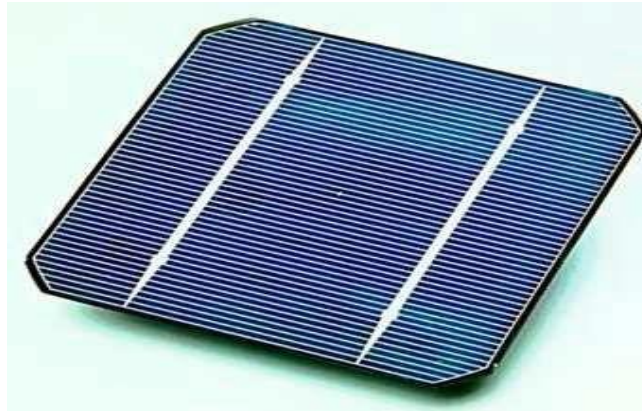
Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme [2] [4]

### Avantages :

- Elles ont un meilleur rendement (de 12 à 18% voir jusqu'à 24% en laboratoire)
- Durée de vie importante (+/- 30 ans)

**Inconvénients :**

- Coût élevé
- Rendement faible sous un faible éclaircissement [2] [4]



**Figure 1.4 :** Cellule solaire au silicium monocristallin

**Cellules poly-cristallines**

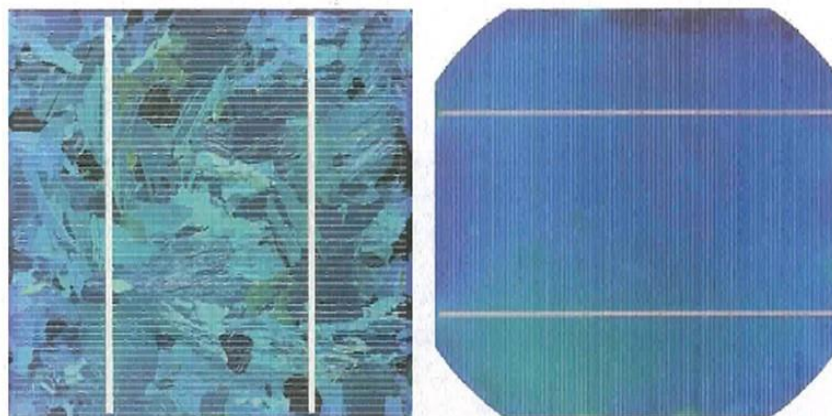
Les cellules poly cristallines sont composées d'un agglomérat de cristaux, ce qui diminue leur prix de fabrication. Elles aussi proviennent du sciage de blocs de cristaux, mais ces blocs sont coulés et sont dès lors hétérogènes . Ce genre de cellule est également bleu, mais pas uniforme.

Le silicium poly cristallin est devenu aujourd'hui la technologie la plus utilisée. Elle représente près de 50% du marché .

Les cellules poly cristallines est caractérisées par:

- Coût de production moins élevé
- Nécessite moins d'énergie
- Rendement de 13 et jusqu'à 20% en labo (moins bonne que le monocristalline)

Les inconvénients des cellules poly-cristallines sont les même que le monocristalline [15]



**Figure 1.5 :** cellules polycristallines

## Cellules amorphes

Le silicium amorphe, apparu en 1976. Sa structure atomique est désordonnée, non cristallisée, mais il possède un coefficient d'absorption supérieur à celui du silicium cristallin. Cependant, ce qu'il gagne en pouvoir d'absorption, il le perd en mobilité des charges électriques (rendement de conversion faible) .

- Coût de production bien plus.
- Rendement de seulement 5% par module et de 14% au laboratoire.
- Fonctionne sous très faible éclaircissement.
- Elles sont moins chères.

Grâce à la technologie des nouveaux matériaux le tellure de cadmium (CdTe), l'arséniure de gallium (GaAs) ainsi que le di séléniure de cuivre et d'indium (CIS) ont permis d'obtenir des rendements de 38% au laboratoire \*11+- Durée de vie courte (+/- 10 ans), performances qui diminuent sensiblement avec le temps [15]

### I.8. L'énergie solaire dans le monde :

**En 2018**, La Chine est le premier producteur d'électricité à partir du solaire photovoltaïque avec 176,9 TWh (32 % de la production mondiale), les États-Unis occupent la deuxième place (81,2 TWh soit 15 %) et le Japon, la troisième place (62,6 TWh soit 11 %). La France est dans le Top 10 avec une production de 10,5 TWh soit 2 % de la production mondiale.

**En 2018**, la production d'électricité à partir du solaire photovoltaïque représente 2,1 % de la production mondiale d'électricité. En Europe, l'Italie ou l'Allemagne ont une production d'électricité à partir du solaire photovoltaïque qui correspond à plus de 7 % de la consommation d'électricité nationale [16].

<b>Pays</b>	<b>Production</b>	<b>%national</b>
<b>Chine</b>	176.9 TWh	2%
<b>Etats-Unis</b>	81,2TWh	2%
<b>Japon</b>	62,6TWh	6%
<b>Allemagne</b>	45,8TWh	7%
<b>Inde</b>	39,7 TWh	2%
<b>Italie</b>	22,6TWh	8%
<b>Australie</b>	14,8TWh	6%
<b>Corée du Sud</b>	13,0TWh	2%
<b>Royaume-Uni</b>	10,5TWh	4%

<b>France</b>	10,5TWh	2%
---------------	---------	----

Tableau I.1. la production d'énergie photovoltaïque par quelque pays

Zones	Production	% mondial
Asie	227,5TWh	41%
Europe	135,6TWh	24%
Amérique du Nord	86,9TWh	16%
Océanie	14,9TWh	3%
Amérique Centrale et Sud	12,5TWh	2%
Afrique	5,3TWh	1%
Moyen Orient	3,5TWh	1%
Eurasie	1,2TWh	...

Tableau I.2. la production d'énergie photovoltaïque dans le monde

### I.9. Le solaire photovoltaïque dans l'Afrique :

Avec une population qui pourrait atteindre 2.5 milliards en 2050, le continent africain sera confronté de nombreux défis, notamment en termes d'accès à l'énergie pour tous. Aujourd'hui plus de 645 millions d'africain n'ont pas accès à une source d'électricité. En Afrique, le solaire photovoltaïque ouvre ainsi de nouvelles perspectives en matière d'électrification, tout en développant les énergies propres. Certains pays l'ont bien compris et ont déjà largement misé sur le solaire dans leur mix énergétique. [6] [2]

Le **Maroc** fait figure d'exemple : avec pour objectif de produire 2000 MW d'énergie solaire à l'horizon 2020, le pays parie notamment sur le solaire thermodynamique. Ainsi, le royaume ne vise pas moins de 42 % d'énergie renouvelable dans son mix énergétique d'ici 2020, et 52 % en 2030. C'est au Maroc que l'on trouve ce qui est amené à devenir le plus grand complexe solaire thermodynamique du monde, avec une capacité de 580 MW, dont 72 MW en photovoltaïque. Un pas de géant puisque le solaire thermodynamique, contrairement au photovoltaïque, permet de stocker l'énergie en la transformant en énergie thermique utilisable à la demande. [3] [2]

**L'Afrique du Sud** fait également partie des pays africains leaders en matière d'énergie solaire. Inauguré en octobre 2014, le parc photovoltaïque de Jasper en est un parfait exemple : 325 000 panneaux solaires répartis sur 145 hectares, l'équivalent de 200 terrains de football. Dans les faits, le pays est au premier rang du continent en matière de solaire thermique et se classait au 19e rang mondial en 2016. La centrale solaire Kathu Solar Park, récemment reliée au réseau sud-africain, doit atteindre une puissance de 100 MW, avec une superficie de pas moins de 240 hectares. Avec l'un des plus grands potentiels en matière d'énergie solaire, **l'Algérie** a choisi de lancer un programme en février 2015, avec pour objectif, une capacité de production de 22 000 MW grâce aux énergies renouvelables : 10 575 MW en solaire photovoltaïque et 2000 MW en thermo solaire.

Depuis 2018, le pays a commencé à concrétiser ses ambitions, avec des appels d'offres qui devraient permettre de bénéficier d'une capacité totale de 150 MW, et des centrales réparties dans les régions de Ghardaïa, Biskra, Ouargla, El Oued, Tendala et Nakhla. [2]

**L'Égypte**, quant à elle, souhaite devenir un acteur incontournable du solaire dans les années à venir. Poursuivant ses investissements, elle a récemment mis en service une centrale solaire capable de produire 5 MW d'électricité par jour dans la ville de Charm el-Cheikh. La première centrale du pays est installée à Benban, depuis fin 2017. Un parc solaire qui devrait se développer pour atteindre une capacité de production de près de 2 GW répartie sur 32 centrales. À l'horizon 2020, le pays aimerait profiter de 20 % d'énergie renouvelable dans son mix énergétique (42 % en 2035). [2]

### **I.10. Le solaire photovoltaïque dans l'Algérie**

Dans le cadre de la concrétisation du programme national des énergie renouvelables, un projet de 400 MW en photovoltaïque a été réalisé fin 2014.

Ce programme consiste en la réalisation de 23 centrales solaires photovoltaïque :

- Dans la région des hautes plateaux : Ain Azel (Setif), Ras El Oued (B.B Arreridj), Oued El Ma (Batna), Chelghoum El Aid (Mila), Oued El Kebrit (Souk Ahras), Ain El Melh (M'sila), Ain El Ibil (Djelfa), El Khoung (Laghouat), Hdjiret (Ouragla), Ain Skhouna (Saida), Sedrat Leghzel (Naama), Labiodh Sid Chiekh (El Bayadh) et Telagh (Sidi Belabbas) ;
- Dans la région du sud ouest : Aoulef, Zaouyet Kounta, Timimoun, Kabertene, Reggan, Adrar et Ain Salah pour une puissance globale de 318 MW
- Dans la région du grand sud (Djanet, Tindouf et Tamanrasset) pour une puissance de 25 MW [3]

D'autres projet entrant dans a cadre de la phase pilote du programme national des énergie renouvelables, sont en cours de réalisation, tel que la centrale photovoltaïque de Ghardaia (1.1MW) destinée a tester les quatre technologie disponibles, soit :

- Le silicium mono cristallin (352 kWc)
- Le poly cristallin (352 kWc)
- L'amorphe (100 kWc)
- La technique de la couche mince (100 kWc) [3]



## **I.11. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque :**

### **I.11.1 Avantages :**

**Les systèmes photovoltaïques présentent un grand nombre d'avantages et d'inconvénients qui sont :**

Les systèmes photovoltaïques ont plusieurs avantages :

- Ils sont non polluants sans émissions ou odeurs discernables.
- Ils peuvent être des systèmes autonomes qui fonctionnent sûrement, sans surveillance pendant de longues périodes.
- Ils n'ont besoin d'aucun raccordement à une autre source d'énergie ou à un approvisionnement en carburant.
- Ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- Ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace.
- Ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre.
- Une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux.
- Le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt.
- la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologiques car le produit est non polluant, silencieux, et n'entraîne aucune perturbation du milieu.
- Ils ont une longue durée de vie.
- Les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés
- Conversion directe de l'énergie solaire gratuite et inépuisable en électricité
- Absence de bruit, de pollution et d'émissions.
- Maintenance réduite (pas de pièces en mouvement ; durée de vie des modules = 20 ans).

- Rentabilité assurée pour les applications de faible puissance (moins de 3–5 kWh/jour).
- Possibilité d'adaptation de la taille de l'installation aux besoins existants, avec possibilité d'extension à la demande, au fur et à mesure que le besoin énergétique augmente.
- Le risque de choc électrique est réduit en 12 ou 24 Vcc et le risque d'incendie est moindre qu'avec les groupes électrogènes alimentés au kérosène ou au fuel. [1] [2] [5]

### **I.11.2 Inconvénients :**

- Le cout d'investissement des panneaux photovoltaïques est élevé.
- Production d'énergie qui dépend de l'ensoleillement, toujours variable.
- Le faible rendement de conversion de module.
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique par des batteries est nécessaire, le cout du système photovoltaïque augmente.
- La fabrication des modules photovoltaïques relève de la haute technologie, ce qui rend le coût très élevé.
- Le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15 %
- Ils sont tributaires des conditions météorologiques. [1] [2].

### **I.13. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque, ainsi que les différents cellules et la consommation d'énergie solaire dans le monde.

Dans le chapitre suivant on va présenter le dimensionnement et la conception d'une installation photovoltaïque.

## ***Chapitre II***

# ***Dimensionnement et conceptions d'installation photovoltaïque***

## II.1. Introduction

Les capteurs solaires photovoltaïques permettent de transformer la lumière en électricité. Cette technique fait appel à des phénomènes physiques découverts il y a plus d'un siècle mais qui n'ont été exploités qu'à partir des années 1940, notamment dans le domaine de la recherche spatiale. Les systèmes photovoltaïques ont d'abord été développés pour fournir de l'électricité à des sites isolés ou non raccordés au réseau de distribution. [12]

## II.2. Types de système photovoltaïque

Il existe différents types de générateurs en fonction du service et des applications recherchées ;

### II.2.1. Système au fil du soleil

L'énergie électrique produite par les modules solaires est directement utilisée par le récepteur. Il n'y a donc pas de stockage électrochimique. Généralement les générateurs (au fil du soleil), sont destinés à alimenter des moteurs électriques en courant continu ou alternatif (dans ce cas un appareil de conversion d'énergie est requis).

**Applications :** Toute les applications ou l'on peut envisager un stockage d'énergie sous une autre forme que l'énergie électrique (par exemple ; stockage d'eau, stockage de froid,...). Autres applications ; application pour lesquelles le service rendu ne nécessite pas des contraintes spéciales liées à la fourniture d'énergie : aération, ventilation, etc. [13]

### II.2.2. Système connecté au réseau

Toute partie de l'énergie produite est injectée dans le réseau de distribution électrique. Il existe principalement deux variantes

- Injection simple : la totalité de l'énergie produite est injectée dans le réseau.)
- Injection secours : avec batterie, permet de fournir de l'énergie de façon autonome en cas d'absence du réseau public (coupure due à des aléas climatiques ou techniques). Ainsi une garantie de service de distribution électrique est assurée.[11]

### II.2.3. Système autonome

Le module charge une batterie qui permet d'utiliser l'énergie à convenance. Généralement, la charge et la décharge de batterie sont contrôlées et gérées par un dispositif de gestion d'énergie [11].

Sur certains systèmes un dispositif d'acquisition de données permet de surveiller le fonctionnement du système.

Généralement des appareillages de conversion d'énergie sont également intégrés

- Onduleur ; pour fournir à l'utilisateur une tension alternative conventionnelle.
- Chargeur ; pour apporter une charge complémentaire à partir d'une source auxiliaire, (une autre source ; groupe électrogène,...).

Ce type de système nécessite un dimensionnement de ce dernier, en tenant compte de la localisation, du besoin et de l'autonomie de la batterie.

## Applications

Electrification rurale, application professionnelle, c'est le système qu'on va étudier.

## II.3. Spécification de conception de l'installation PV

Chaque unité d'alimentation solaire comprendra au minimum les composants suivants

- ✓ Panneau solaire (générateur photovoltaïque).
- ✓ Batteries d'accumulateurs au nickel-cadmium de type ventilé (ouvertes).
- ✓ Régulateur de charge de batterie.
- ✓ Régulateur ou contrôleur de tension.
- ✓ Coffret de distribution.
- ✓ Voyants lumineux, appareils de mesure et signalisation.
- ✓ Structure de support.
- ✓ Câbles d'interconnexion des équipements susmentionnés, fournis par le Fournisseur. [12]

### II.3. .1 Conditions de service

Les conditions climatiques suivantes régiront la conception de l'équipement :

- ✓ Température nominale (max. / min.) 45°C / -5°C.
- ✓ Température du sol (max. / min.) 25°C / 15°C.
- ✓ Température du corps noir 85°C.
- ✓ Atmosphère Chargée de poussières (tempêtes de sable fréquentes).
- ✓ Humidité relative (max. / min.) 98 % / 30 %.
- ✓ Altitude Moins de 1.000 m au-dessus de niveau moyen de la mer
- ✓ Vitesse du vent 180 km/h à 10 m.

Éclairs Fréquents pendant les tempêtes. [14]

### II.3. 2 Description des unités d'alimentation solaire

Les unités d'alimentation solaire seront installées en zone non dangereuse. Elles constitueront une source d'alimentation modulaire et autonome, capable de fournir l'alimentation correspondant aux charges mentionnées dans le quatrième chapitre



Figure 2.1 : L'installation photovoltaïque

### II.3. 3 Spécifications de tension continue de sortie

Les unités d'alimentation solaire fourniront une tension de sortie de 24 V CC et le service nominal sera établi sur base des exigences d'alimentation et de la durée de chaque charge reprise dans la liste des charges électriques. Les batteries d'accumulateurs au nickel-cadmium seront conçues et dimensionnées pour un fonctionnement autonome minimal de cinq (5) jours (sans ensoleillement).

### II.3. 4 Panneau solaire (générateur photovoltaïque)

Les panneaux solaires seront constitués de verre et conçus de manière à minimiser les effets de l'environnement sur leurs performances. Chaque panneau solaire (cellule) sera fabriqué conformément aux spécifications suivantes :

- ✓ Les cellules solaires seront constituées de silicium cristallin de haute qualité, les cellules seront des jonctions NP.
- ✓ Les panneaux solaires auront un service nominal de 20 années avec une dégradation électrique prévue de moins de 10 % de la puissance nominale au cours de la vie du panneau. Le rendement des modules sera supérieur à 10 %.
- ✓ Le rapport puissance/charge d'un panneau sera au minimum de 1,087 dans les pires
- ✓ Conditions. Le régime d'isolation d'un module sera au minimum de 600 V CC.

Le rayonnement solaire supposé sera de 5,7 kwh/m<sup>2</sup>/jour à un angle de 35° (valeur à contrôler et à envisager par le fournisseur pour le pire mois de rayonnement solaire).

- ✓ Un facteur de déclassement de 10 % de la puissance maximale sera appliqué afin de prendre en compte les effets de la poussière, le rendement du columbium de la batterie et les pertes dues aux réflexions des unités d'alimentation, un déclassement de 10 % sera prévu pour l'usure.
- ✓ Les panneaux seront dimensionnés pour un rechargement en 23 jours maximum pour des batteries entièrement déchargées et satisferont l'entièreté des besoins d'alimentation.
- ✓ Les boîtiers de dérivation seront étanches, avec un code de protection IP de 65.

Sur la fiche technique d'un module photovoltaïque figurent bien entendu ses caractéristiques physiques ; dimensions, poids, principe de fixation, connexions de sortie, et surtout ses caractéristiques électriques.

Avant cela, rappelons que les modules photovoltaïques sont mesurés et garantis dans des conditions de référence dites ; STC, (Standard Test Conditions) qui sont :

- ✓ Rayonnement solaire 1000W / m<sup>2</sup>
- ✓ Spectre solaire AM1.5
- ✓ Température ambiante 25°C. [13]



**Figure 2.2 :** Panneaux solaire de type BP-Solar 375,

## II.4. Batteries d'accumulateurs

Toutes les batteries seront du type cycle profond au nickel-cadmium et ventilées (ouvertes). Les batteries utilisées dans le système doivent posséder une conception éprouvée pour les applications d'unités d'alimentation solaires. Les batteries seront conçues pour un service et une durée de vie de vingt (20) années, compte tenu des conditions d'utilisation indiquées dans les présentes spécifications.

Les batteries seront dimensionnées pour une température minimale de 5°C. Les batteries seront dimensionnées pour subvenir aux besoins d'alimentation des charges précisées dans la liste des charges électriques pour un minimum de cinq jours sans ensoleillement (batterie de secours). Au terme de ce cycle, la tension finale des cellules des batteries sera d'au moins 95 % de la tension nominale des cellules de batterie. Les batteries seront dimensionnées de manière à ne pas tomber en-dessous de 20 % de la capacité nominale au cours de leur fonctionnement de service et dimensionnées de manière à fournir une alimentation suffisante au microrupteur prévu sur le circuit de sortie du coffret de distribution en cas de panne positive-négative.

Les bornes du contrôleur de charge permettront le chargement des batteries à l'aide d'un chargeur de batterie portable (mobile). Le fournisseur communiquera les spécifications du chargeur pour le rechargement de batteries entièrement déchargées en huit heures. Le chargeur sera adapté à une utilisation sur tension d'alimentation de 230 V monophasés à 50 Hz. Le chargeur sera dimensionné pour le chargement nominal de tout ensemble de batteries susceptible d'être fourni conformément aux présentes spécifications.

Les batteries seront dotées d'un boîtier ventilé en polyéthylène. Le contenant des cellules de batterie disposera d'un espace inférieur adéquat pour la collecte des saletés afin d'éviter tout court-circuit des plaques d'accumulateur du fait de leur accumulation. Le contenant sera en outre suffisamment grand pour accueillir un supplément d'électrolyte au-dessus du niveau de la plaque, de manière à garantir que le remplacement de l'électrolyte évaporé ne sera nécessaire que tous les six mois au plus, même à température ambiante maximale [12] [13].



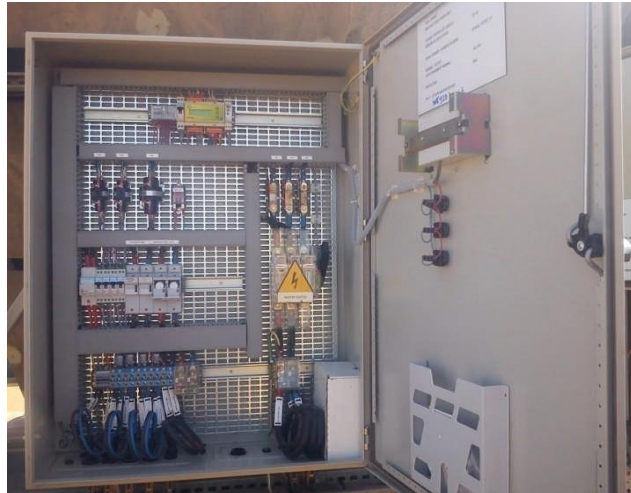


Figure 2.3 : Banc des batteries de type NI-Cd [13]

### II.4.1 Contrôleur / régulateur de charge des batteries

Toutes les unités d'alimentation solaire seront dotées d'un chargeur de batterie automatique et d'un régulateur / contrôleur faisant partie intégrante de la conception. Le panneau solaire sera subdivisé en deux (2) sous-panneaux. Chaque sous-panneau sera commandé indépendamment de l'autre. Chaque sous-panneau sera protégé contre les courts-circuits et doté d'un sectionneur manuel. Chaque contrôleur du système reposera sur un microprocesseur doté des caractéristiques minimales suivantes :

- ✓ Indicateur de l'état de chargement de la batterie.
- ✓ Vitesse et surveillance du cycle charge / décharge.
- ✓ Charges basse et haute tension de sectionnement.
- ✓ Commandes de charge de batterie afin d'offrir un rendement maximum de charge pour les panneaux solaires.
- ✓ Le contrôleur inclura un appareil de mesure numérique d'une précision de 2 % ou mieux. L'affichage présentera au minimum : la tension de la batterie, le courant du panneau et le courant de charge.
- ✓ Le contrôleur sera protégé des hausses de tension provoquées par la foudre. [10]



**Figure 2.4 :** Contrôleur / régulateur de charge des batteries,

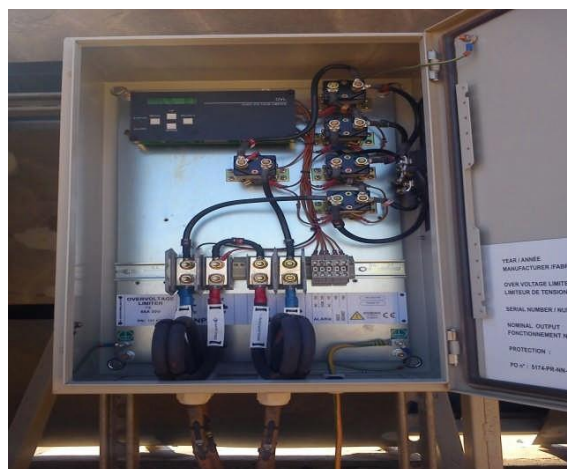
### II.4.2 Régulateur de tension

Les unités d'alimentation solaire auront une tension nominale de 24 V CC  $\pm$  10% quelques soient les conditions de fonctionnement. Le régulateur de puissance sera automatiquement déconnecté de sa charge lorsque la tension de sortie atteint un point prédéterminé.

Le régulateur maintiendra la tension de sortie à 1 % d'écart maximum de la valeur de la tension de charge « Float and Boost » définie. [11]

### II.4.3 Détecteur de surtension (OVL)

L'unité sera fournie avec un détecteur de surtension de manière à ce que la tension de la barre collectrice du coffret de distribution ne dépasse pas la valeur définie quelque soit le mode de fonctionnement ou de chargement. [12]



**Figure 2.5 :** Détecteur de surtension (OVL)

#### II.4.4 Coffret de distribution

Le coffret de distribution des charges sera doté du nombre requis de sorties comme indiqué par le schéma unifilaire des unités d'alimentation solaire.

Les unités d'alimentation seront protégées des hausses de tension provoquées par la foudre à l'aide d'un parafoudre directement connecté via la sortie CC de chaque unité. [13]



Figure 2.6 : Boîtes de protection et de distribution

#### II.4.5 Voyants, mesure et signalisation

Le système sera auto-contrôlé par des voyants lumineux et des appareils de mesure indiquant les défaillances des principaux composants ou modules.

Au minimum, les indications suivantes seront disponibles :

- ✓ Voyants d'alerte de dépassement d'une tension supérieure de sortie prédéfinie ;
- ✓ Voyants indiquant un sectionnement suite au passage sous une certaine tension de sortie ;
- ✓ Tension de batterie faible ;
- ✓ Défaillance du régulateur de charge ;
- ✓ Fonctionnement normal.

Au minimum, les instruments suivants seront fournis :

- ✓ Voltmètre de sortie.
- ✓ Ampèremètre de sortie.

Un contact sans potentiel (normalement fermé) sera fourni et câblé sur les bornes du coffret pour la connexion des signaux suivants à la RTU.

- ✓ Contact **OUVERT** ; alarme de défaillance courante de l'unité d'alimentation solaire.
- ✓ Contact **FERMÉ** ; unité d'alimentation solaire OK [11].

### **II.4.6 Câble d'interconnexion**

Tous les câbles d'interconnexion seront des conducteurs de cuivre torsadés 600 / 1.000 V armés de fil d'acier, à isolation XLPE et à gaine interne et externe de PVC (de type ignifuge conformément à la norme CEI 60332, partie 3, catégorie C). [11]

### **II.4.7 Mise à la terre**

Les unités d'alimentation solaire 24 V CC doivent être mises à la terre sur base des informations disponibles auprès des fournisseurs de patins d'inhibiteur de corrosion et de vannes. [11]

## **II.5. Installation**

Les propositions d'instructions relatives à l'implantation et à l'installation ;

- Du champ de modules photovoltaïques.
  - De la batterie d'accumulateurs.
  - Des appareils de gestion et de conversion d'énergie.
- Sont bien détaillé ci-dessous ;

## II.6. Le champ de modules photovoltaïques

### Implantation du champ de modules photovoltaïques

L'implantation du champ peut être réalisée sur différents types de support :

- ✓ Au sol.
- ✓ En toiture.
- ✓ En façade.

Les panneaux solaires sont posés côte à côte, face avant sur le sol afin de pouvoir les monter et les assembler. Veillez à ce que les boîtes de connexions soient toutes du même côté. Pour la mise en place des structures, il convient d'abord de monter les longerons, c'est à dire la partie de la structure sur laquelle repose le cadre des modules.

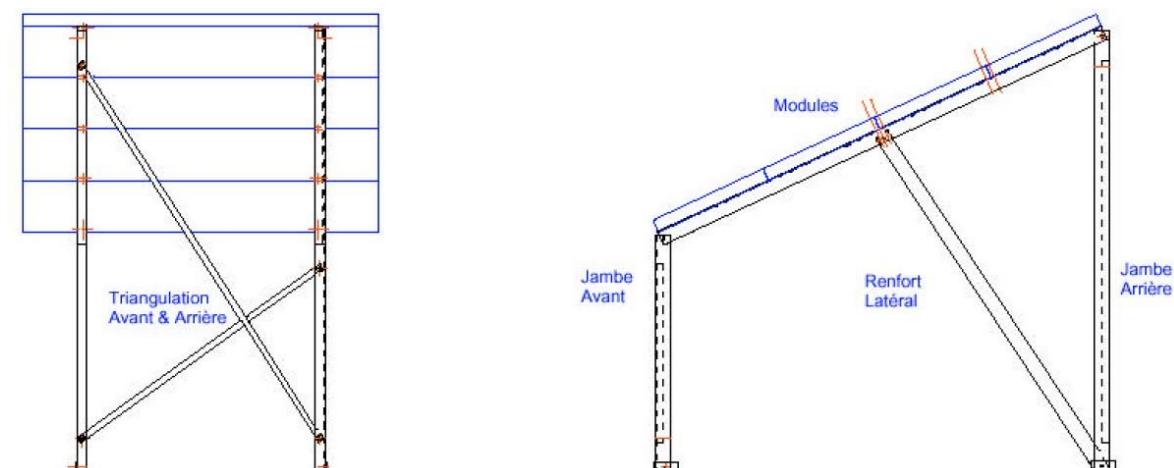
Les modules sont fixés à l'aide d'une visserie inoxydable.

Pour éviter le vol, l'utilisation de visserie antivol est conseillée. Dans ce cas il est nécessaire de coller les écrous auto-cassants lors du serrage avec du frein filet. [13]

### II.7. Mise en place d'une structure

Quand tous les modules sont interconnectés et fixés aux longerons, on procède au montage des autres éléments de la structure (jambes arrière et avant et triangulations).

L'ensemble obtenu (châssis) est alors retourné et implanté sur son support de fixation. [12]



**Figure 2.7 :** Implantation du champ de modules photovoltaïques .

## II.8. Fixation des panneaux

- ✓ La fixation des panneaux doit assurer les points suivants ;
- ✓ Resistance contre le vent et les autres intempéries.
- ✓ Resistance contre les agressions mécaniques.
- ✓ Protection contre les salissures, etc.
- ✓ Ventilation des panneaux afin de limiter leur échauffement. [10]

## II.9.L'orientation des panneaux

On appelle orientation le point cardinal vers le quel est tournée la face active du panneau (Sud, Nord,...). Les panneaux sont toujours orientés vers l'équateur ;

- ✓ Orientation, vers le sud dans l'hémisphère Nord.
- ✓ Orientation, vers le nord dans l'hémisphère Sud [13].

Elle indique l'angle que fait le panneau avec l'horizontale, elle se calcule en degrés. Pour que les modules produisent un maximum d'énergie, il faut que leurs surfaces soient perpendiculaires aux rayons solaires.

L'inclinaison des panneaux devrait rester supérieure à  $10^\circ$  pour assurer un auto-nettoyage lors des pluies. [12]

## II.10. Câblage des boîtes de jonction

Le premier câblage est réalisé pour interconnecter en série les modules entre eux par branche. Il conviendra de vérifier que les presses étoupes des boîtes de jonction des modules soient orientées vers le bas. Chaque branche en série sera ultérieurement connectée à l'unité de couplage.

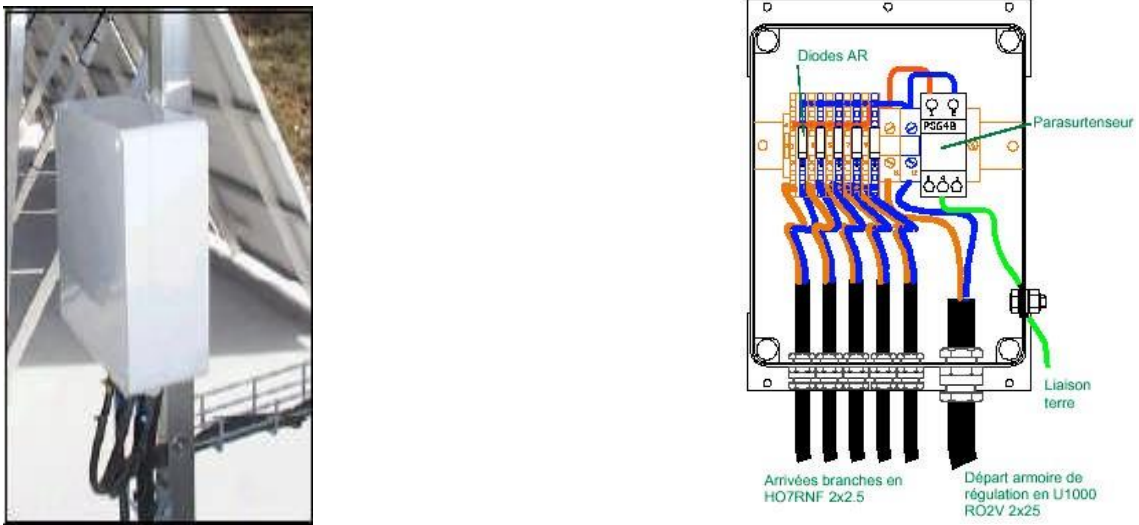
La lutte contre la corrosion doit être une préoccupation constante lors du câblage des modules.

Pour cela, les presses étoupes doivent être correctement serrées pour éviter la pénétration d'eau. Pour assurer leur parfaite étanchéité un gel de silicone peut être appliqué sur les connexions et autour des boîtes de jonction des modules ne présentant pas de joint d'origine.

### **II.11.Pose des UCP**

Après fixation des panneaux, les UCP (unité de couplage parallèle) sont posées à un endroit accessible et si possible à l'abri du soleil.

Les UCP permettent comme leur nom l'indique de coupler les séries des panneaux en parallèle.



**Figure 2.8 :** La boîte de raccordement [13]

La liaison électrique entre les différentes UCP et les appareils de gestion et de conversion d'énergie sera réalisée par des câbles de section adaptée et si possible enterrée sous gaine. Enfin l'ensemble des structures et des parasurtenseur (contenu dans les UCP) doit être connecté à la terre des masses de l'installation via une barrette de coupure. [13]

- **Le câblage électrique**

Il sera à l'extérieur, exposé au vent, au gel, au soleil et autres agressions. Il est strictement nécessaire d'utiliser des câbles adaptés à des sections suffisantes.

La première tâche, est d'effectuer le branchement par un câble électrique qui sera un câble de qualité par exemple, il devra subir les agressions du vent, de la pluie, du soleil et d'autres. La section sera d'au moins  $1.5 \text{ mm}^2$ ,  $2.5 \text{ mm}^2$  dès que la longueur excède 25 m ou que la puissance du module soit supérieure à 100 W .[14]

- **Les batteries d'accumulateurs**

Les batteries doivent être placées dans un coffre ou dans un local technique dédié.

L'un comme l'autre doivent être conçus pour résister à l'acide et être ventilés pour évacuer les émissions de gaz.

Si un local est choisi, il doit être indépendant et de taille suffisante pour manipuler aisément et en toute sécurité [13]



## II.12.Installation des batteries

Les batteries peuvent être placées dans un coffre ou dans un local.

Dans les 2 cas, il est conseillé de poser les accumulateurs sur un chantier bois spécifique traité spécialement pour l'acide et les termites.

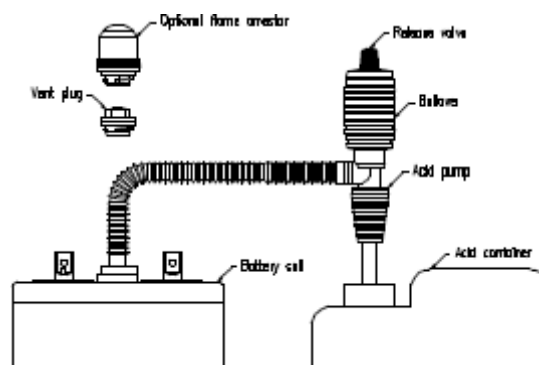
La mise en place des éléments sur le chantier se fait en respectant :

- ✓ La position des pole (+) et (-) de la batterie,
- ✓ Le cheminement des polarités,
- ✓ L'écartement entre les éléments pour permettre la circulation d'air,
- ✓ L'alignement sur chaque rangée.

Les accumulateurs chargés secs sont remplis à l'aide d'un syphontaine selon la chronologie suivante :

- ✓ enlever les bouchons étanches et les éliminer,
- ✓ remplir les éléments jusqu'au niveau de référence (maxi),
- ✓ laisser imprégner 2 heures minimum,
- ✓ réajuster les niveaux avec de l'électrolyte jusqu'au niveau de référence (maxi).

[13]



**Figure 2.9** : Installation des batteries .

### II.13. Câblage des batteries

Le câblage des éléments d'accumulateurs doit être effectué conformément au plan constructeur pour obtenir la tension voulue. Le serrage des écrous sur les plaques ou les cosses des câbles des interconnexions nécessite l'utilisation d'une clef dynamométrique pour garantir le couple de serrage tel que défini dans la notice. [11]

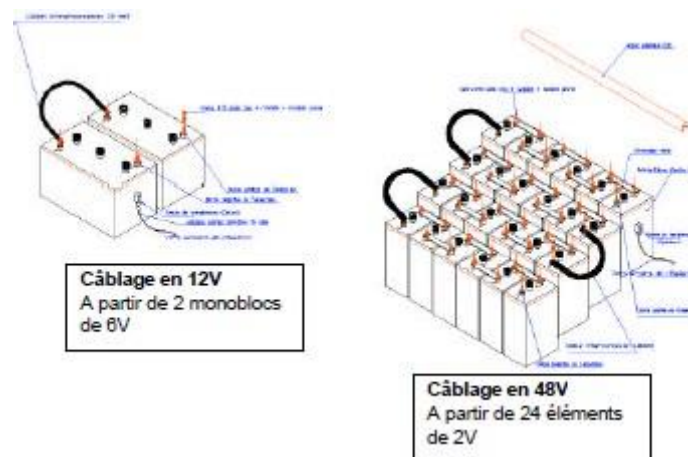


Figure 2.10 : Câblage des batteries.

### II.14. Protection et accessoires

Un élément de protection des câbles batterie contre les surintensités peut être placé.

Dans ce cas, il est recommandé de le positionner au plus près de la batterie.

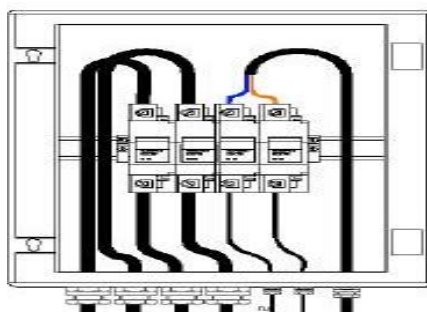


Figure 2.11 : Protection des câbles.

La double connexion Batterie/Appareil de gestion d'énergie (Mesure et Puissance) sera réalisée avec des câbles adaptés.

Enfin sont mis en place les accessoires d'identification et de protection (capots de protection des bornes, cache cosses, numérotation des éléments, plaque d'identification batterie et plaques de danger).

On pose enfin un panneau signalant les consignes de sécurité - fourni avec la batterie. [12]

## II.15. Les appareils de gestion et de conversion d'énergie

Liste exhaustive des éléments à implanter et à câbler :

- ✓ Armoire de gestion et de contrôle d'énergie.
- ✓ Onduleur de conversion d'énergie continu en alternatif
- ✓ chargeur de batterie permettant d'apporter une charge d'appoint avec une source d'auxiliaire.
- ✓ Coffret de distribution et comptage alternatif.

Dans certaines installations, des appareils spécifiques peuvent regrouper différentes fonctions (exemple : Onduleur COMBI intégrant la fonction chargeur [13])

## II.16. Implantation des appareils de gestion et de conversion d'énergie

Il est impératif d'implanter les appareils de gestion et de conversion d'énergie en dehors de l'enceinte batterie pour des raisons de sécurité.

Il est également conseillé d'éloigner ces appareils des lieux de vie. Il est préconisé de minimiser au maximum la distance du câble Batterie/Armoire (inférieur à 6m). [13]

## II.17. Installation des appareils de gestion et de conversion d'énergie

Ces différents éléments doivent être fixés au mur en respectant les règles de l'art en matière d'installation de coffrets électriques classiques.

Le câblage électrique des différents appareils devra être réalisé conformément au synoptique et au schéma électrique de l'installation fourni.

Les câbles d'interconnexion de ces différents appareils entre eux ainsi que les arrivées des câbles provenant des modules et de la batterie doivent cheminer sous goulottes ou être posés sur des chemins de câbles. [13]



Figure 2.12 : Appareils de gestion et de conversion d'énergie.

## II.18.Installation d'un boîtier de report d'information

Dans les cas où les appareils de gestion d'énergie ne sont pas accessibles ou éloignés, il est judicieux de mettre en place un boîtier déporté dont le rôle est de transmettre à l'utilisateur les informations relatives à l'état de son générateur.

Ce boîtier de report d'information sera placé à proximité du lieu de vie et connecté à l'armoire de gestion d'énergie par un câble blindé multi-conducteur. [12]

### La charge

La charge est l'équipement électrique alimenté par le système peut être de type continue comme des équipements de télécommunications, ou de type alternative, ce cas nécessite un convertisseur DC / AC, (onduleur). [13]

## II.19.Domains d'application

L'énergie photovoltaïque est utilisée dans plusieurs domaines, dont on trouve :

- ✓ **Eclairage** : Essentiellement utilisée pour des lampes à faible puissance (public, lanternes, l'éclairage des locaux,...) ;
- ✓ **Télécommunications** : Utilisée dans le domaine des relais de télécommunication (téléphonie, radiophonie et télévisuels,...).Son emploi c'est accru avec le développement de la téléphonie portable et donc des émetteurs GSM ;
- ✓ **Domaine spatial** : La conquête de l'espace pendant la guerre froide a beaucoup fait avancer la recherche pour la conception d'engins spatiaux autonomes en énergie (satellites, navettes,...) ;
- ✓ **Domaine du transport** : Lampadaires, panneaux à message variable, éclairage des panneaux, signalisation lumineuse routière et ferroviaire.
- ✓ **Sites isolés** : Parcs nationaux, service des eaux et forêts, régions isolées, pays en voie de développement et dans les champs d'hydrocarbures. [13]

## II.20.Avantages et Inconvénients

### Avantage

- ✓ L'absence des pièces mobiles et haute fiabilité.
- ✓ Energie gratuite et renouvelable.
- ✓ Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres pollutions.

**Inconvénients**

- ✓ Le rendement réel de conversion d'un module est fiable.
  - ✓ Le photovoltaïque n'assure pas le chauffage et la production de l'eau chaude.
  - ✓ Il est impératif d'utiliser des appareils économes en énergie.
  - ✓ Il existe un décalage entre la période de production et de la consommation.
- [12]

**II.21.Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents éléments constituant un système de captage photovoltaïque, l'installation d'un champ photovoltaïque, ainsi que les principes de fonctionnement de chaque élément, ce qui nous permet d'entamer le dimensionnement des installations photovoltaïques qui fait l'objet du chapitre III.

## *Chapitre 03*

# *Simulation numérique d'une installation photovoltaïque*

### III.1.Présentation de logiciel PVSYST :

PVSYST est un logiciel utilisé par les ingénieurs, chercheurs et les architectes. Il donne des informations sur la production d'énergie, la surface et une estimation économique dans la développment d'un projet. . Il permet aussi d'importer des données météo de sources différentes ainsi que des données personnelles.

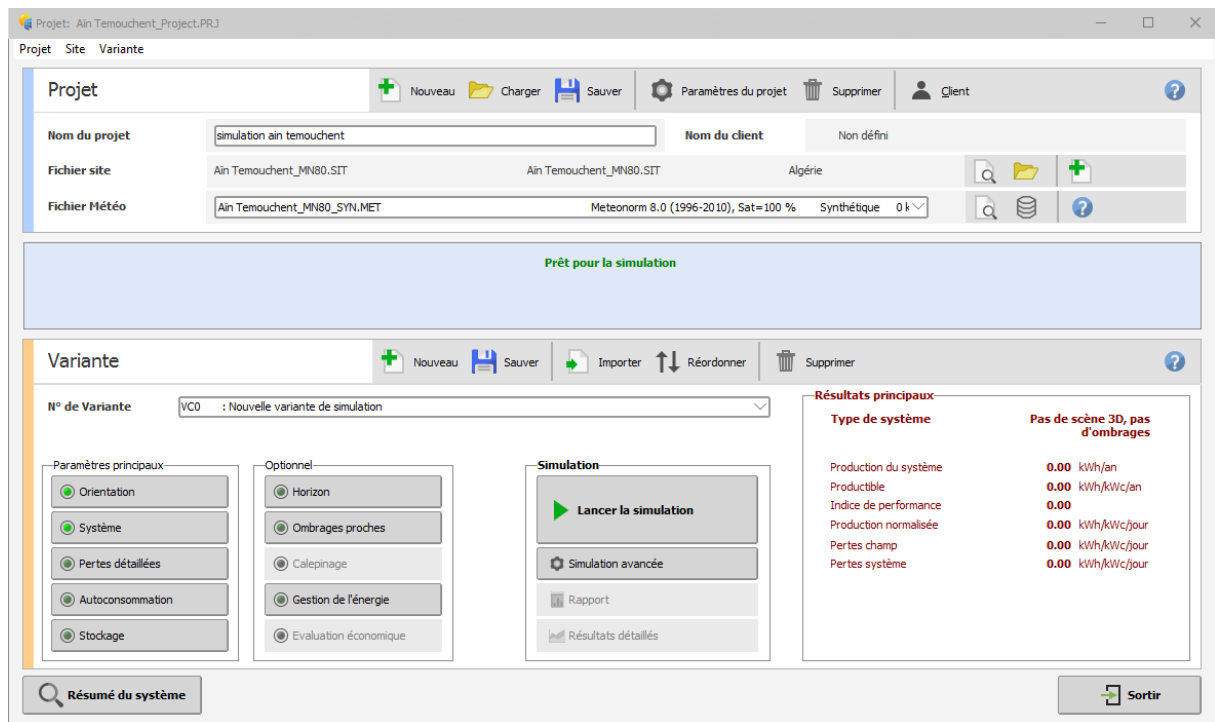


Figure 3.1 : logiciel PVSYST

### III.2. Conception du système :

La conception de système est simple, rapide et facile

- Spécification de la puissance désirée (Pnom) ou la surface disponible
- Sélectionnée les module PV (le fabricant, l'année de production et le filtre)
- Sélectionnée l'onduleur (nombre d'onduleur, l'année de production)

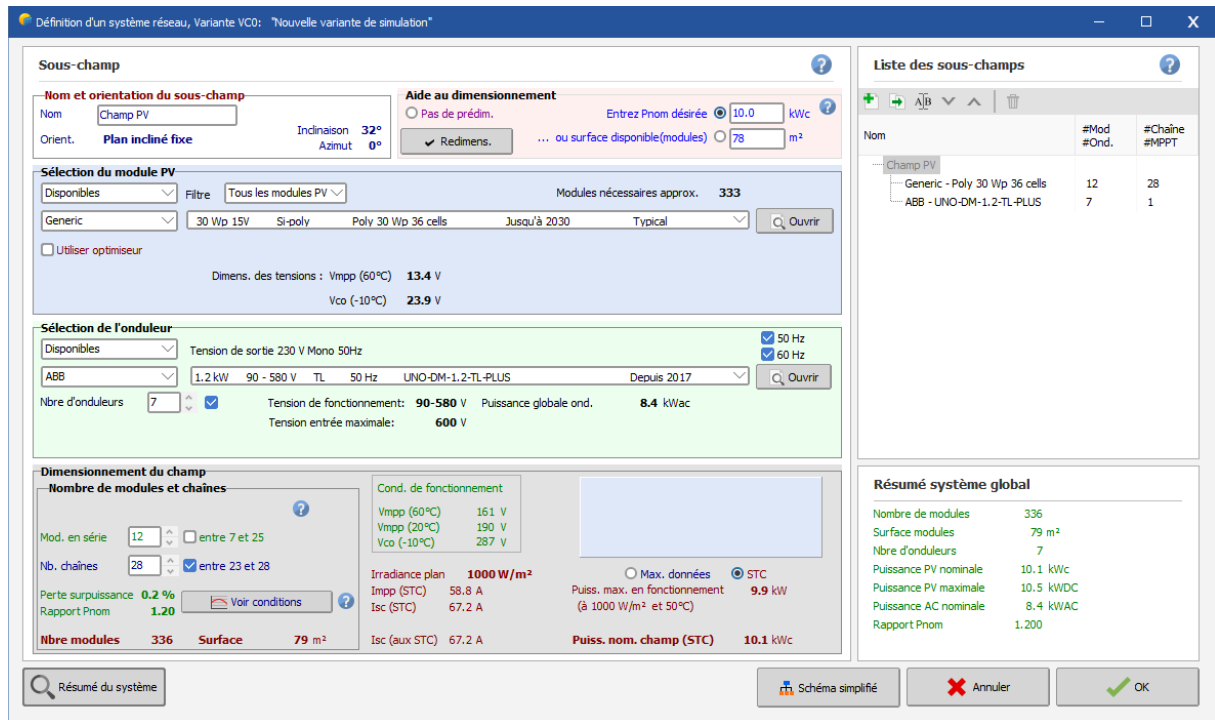


Figure 3.2 : Configuration de system

### III.3. Dimensionnement de système :

C'est un outil spécifique pour le dimensionnement du système

- Le premier diagramme montre la courbe I/V du champ PV et les contraintes de tension de l'onduleur
- Le deuxième graph montre la distribution de puissance annuelle et la puissance effective de l'onduleur
- Le dimensionnement optimal de l'onduleur est basé sur la perte de surcharge acceptable



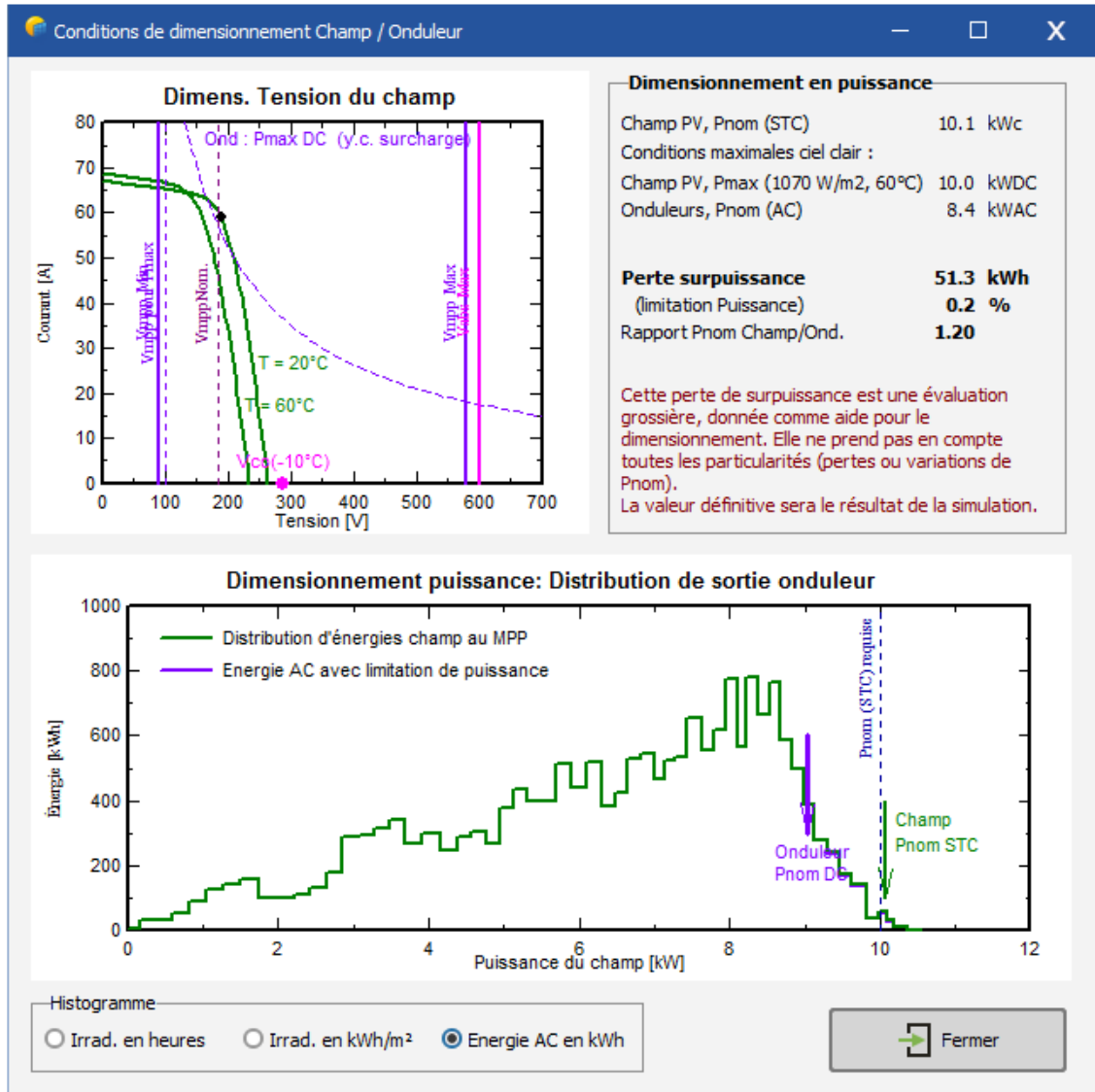


Figure 3.3 : Conditions de dimensionnement

Après un bon dimensionnement du système, on peut définir les pertes comme les pertes de câblage, les ombrages proches et loin.

### III.4 la simulation numérique :

La simulation calcule la distribution des énergies durant l'année, en assurant la transmission d'un rapport complet vu les résultats principaux et les paramètres impliqués aux utilisateurs

#### III.4.1 Site d'implantation :

Pour notre simulation nous avons choisi le site de Ain Temouchent.

### III.4.2 Données géographique :

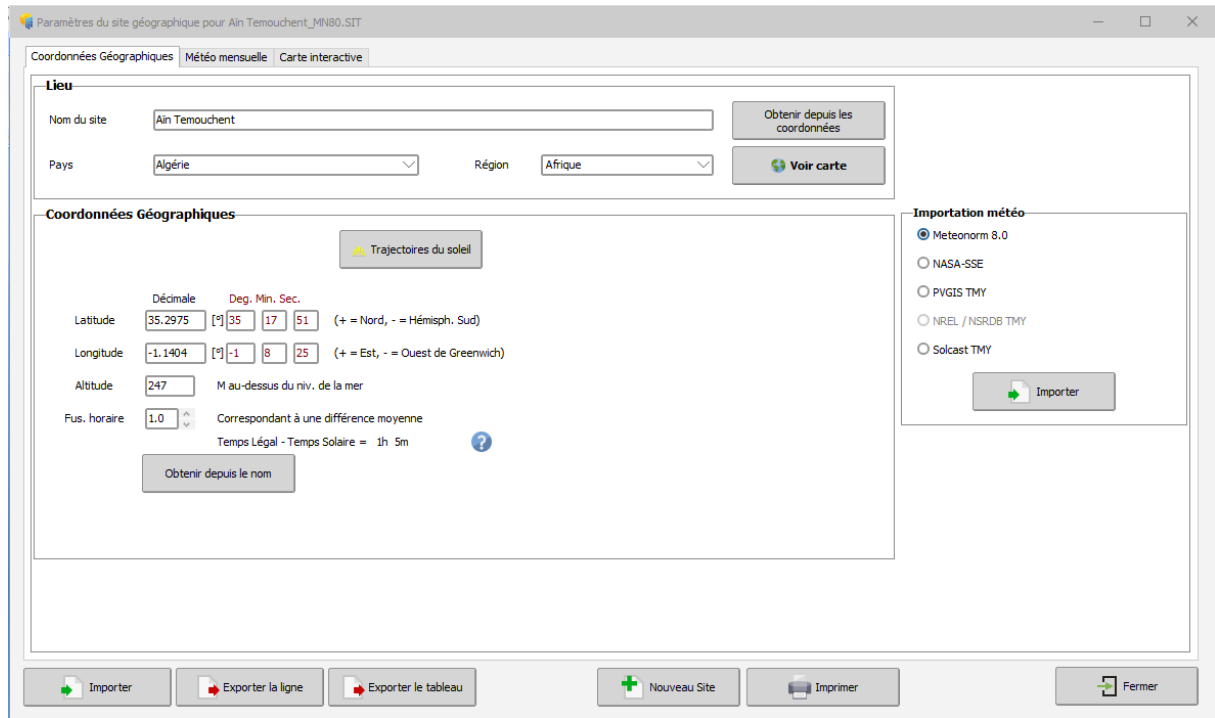


Figure 3.4 : Les données géographique du Ain Temouchent

### III.4.3 Données métrologique :

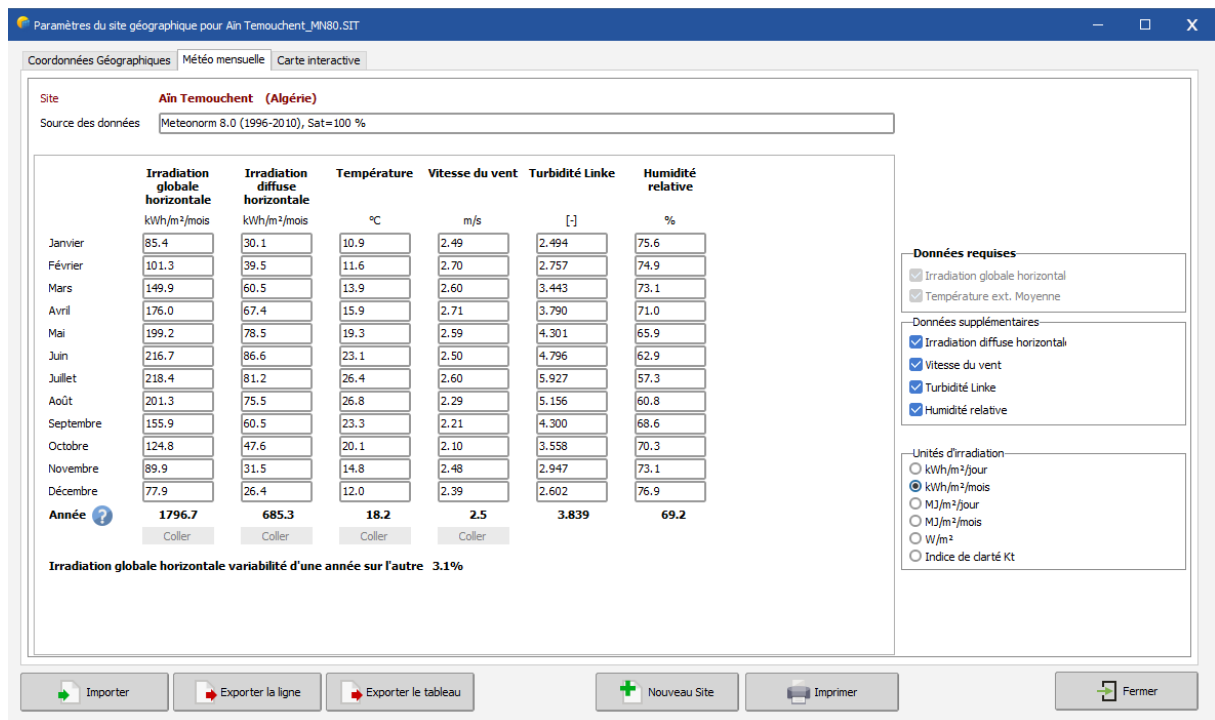


Figure 3.5 : Les donnée métrologique mensuelle du Ain temouchent

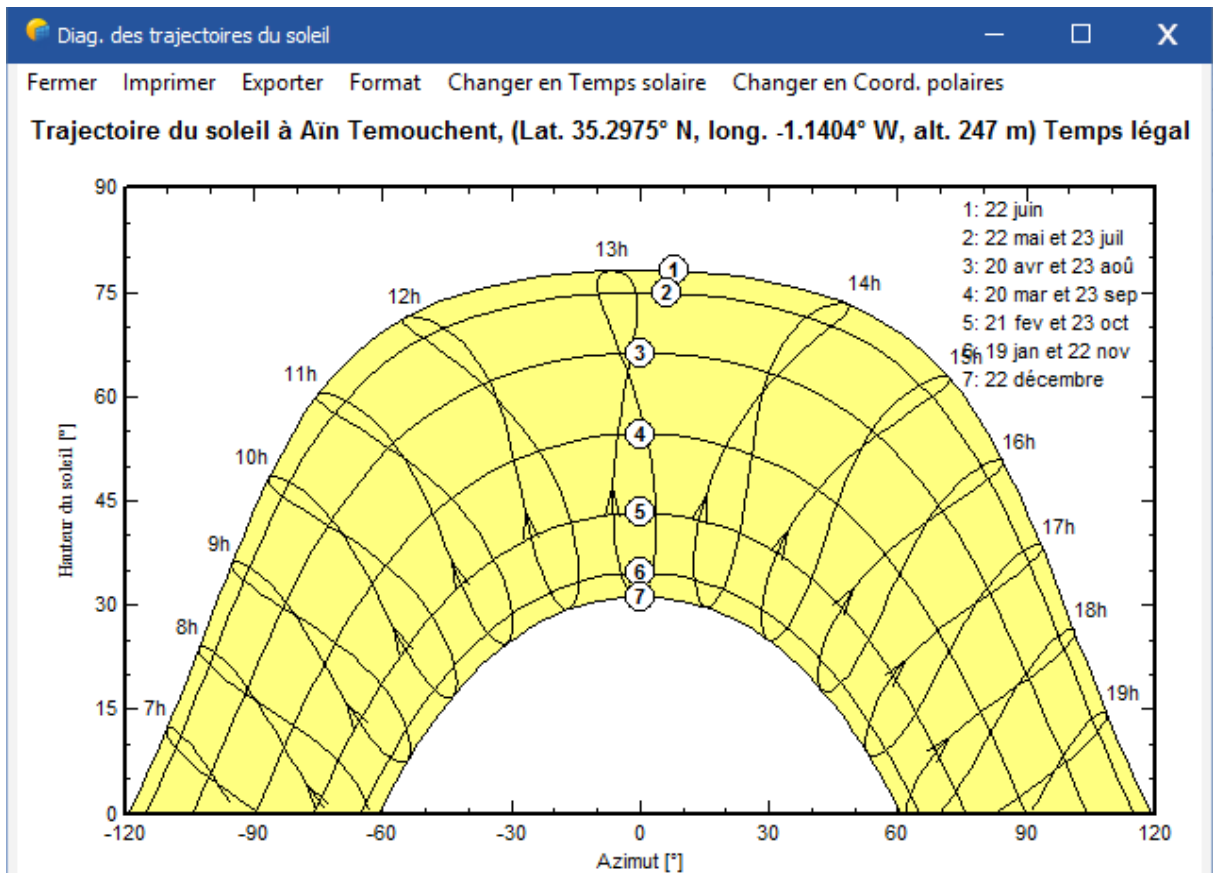
Ces données résument le caractéristique du Ain Temouchent

### III.4.4 La trajectoire du soleil :

Il est nécessaire de connaître le mouvement du soleil pour un point donné de la surface

La position du soleil est définie par deux angle :

- Sa hauteur (l'angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu)
- Son Azimut (angle avec la direction du sud, compté négativement vers l'est)



**Figure 3.6 :** la trajectoire du soleil à Ain Temouchent

En regardant plus précisément, la valeur de l'azimut à différents moments de l'année.

En regardant en plus que le soleil est en position optimale a 13H durant l'année mais diffère durant les mois de juin et juillet

Simulation d'une centrale PV de 200kW avec logiciel PVSYST

La simulation d'un système PV comporte :

- le choix des composants (panneaux, onduleur.....)
- la disposition du champ de capteurs
- l'estimation de l'énergie produit
- une évaluation des couts et prix de KW/h résultant

### III.5 Orientation des modules PV :

Il est nécessaire de choisir orientations favorable à la production de l'énergie

Nous avons choisi un plan incliné de  $32^\circ$  car c'est l'inclinaison optimale donnée par logiciel PVSYS

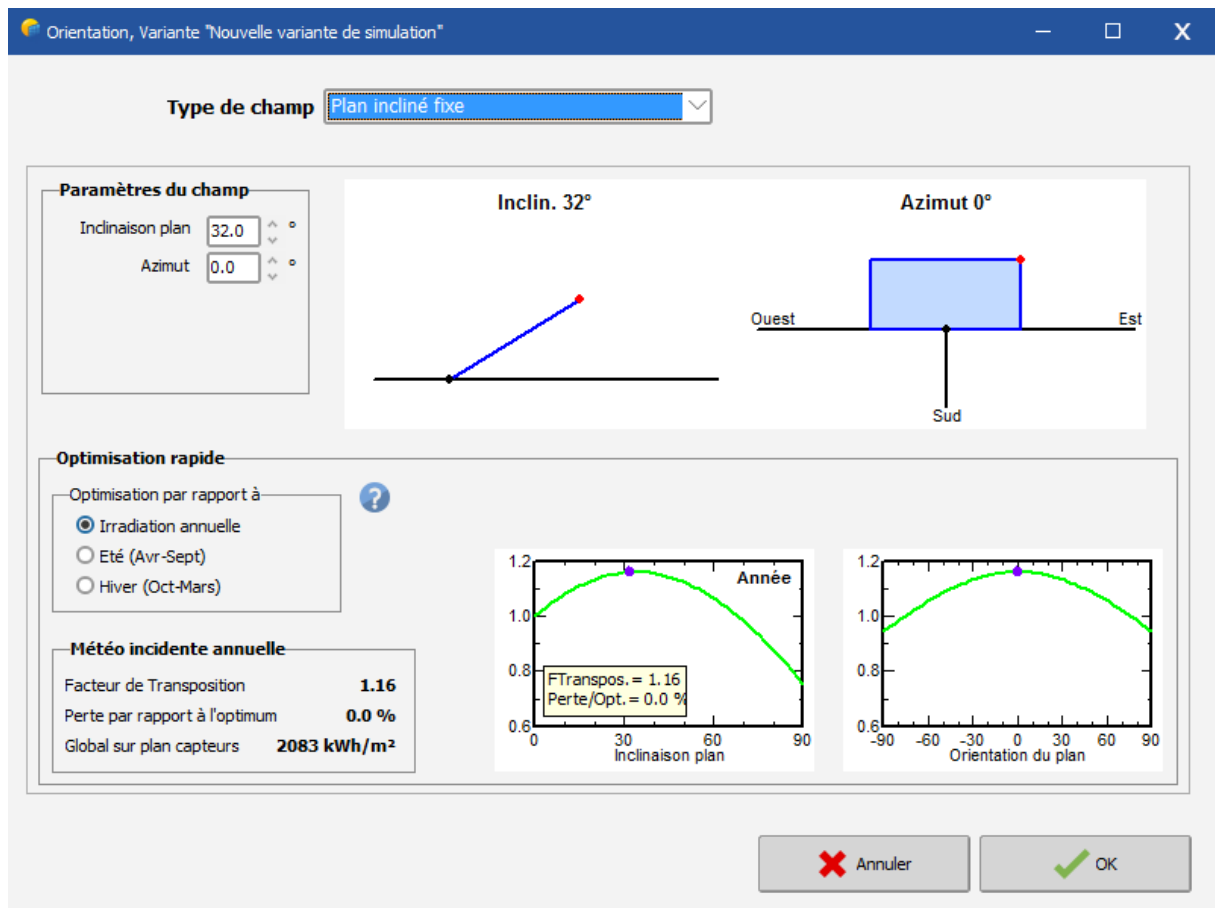


Figure 3.7 : positionnement des systèmes PV

### III.6 Schéma de l'installation PV :

La figure représente le schéma simplifié de l'installation PV dans notre simulation

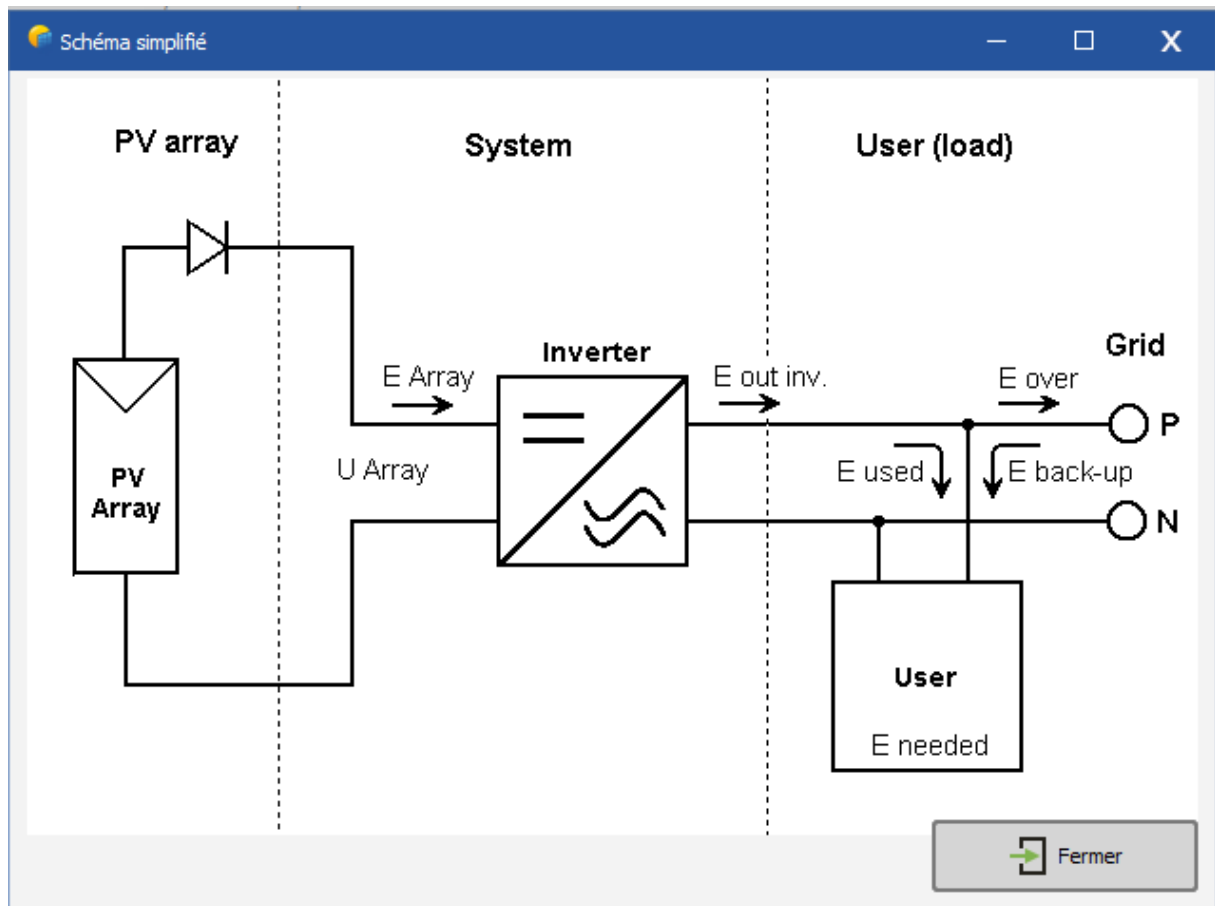
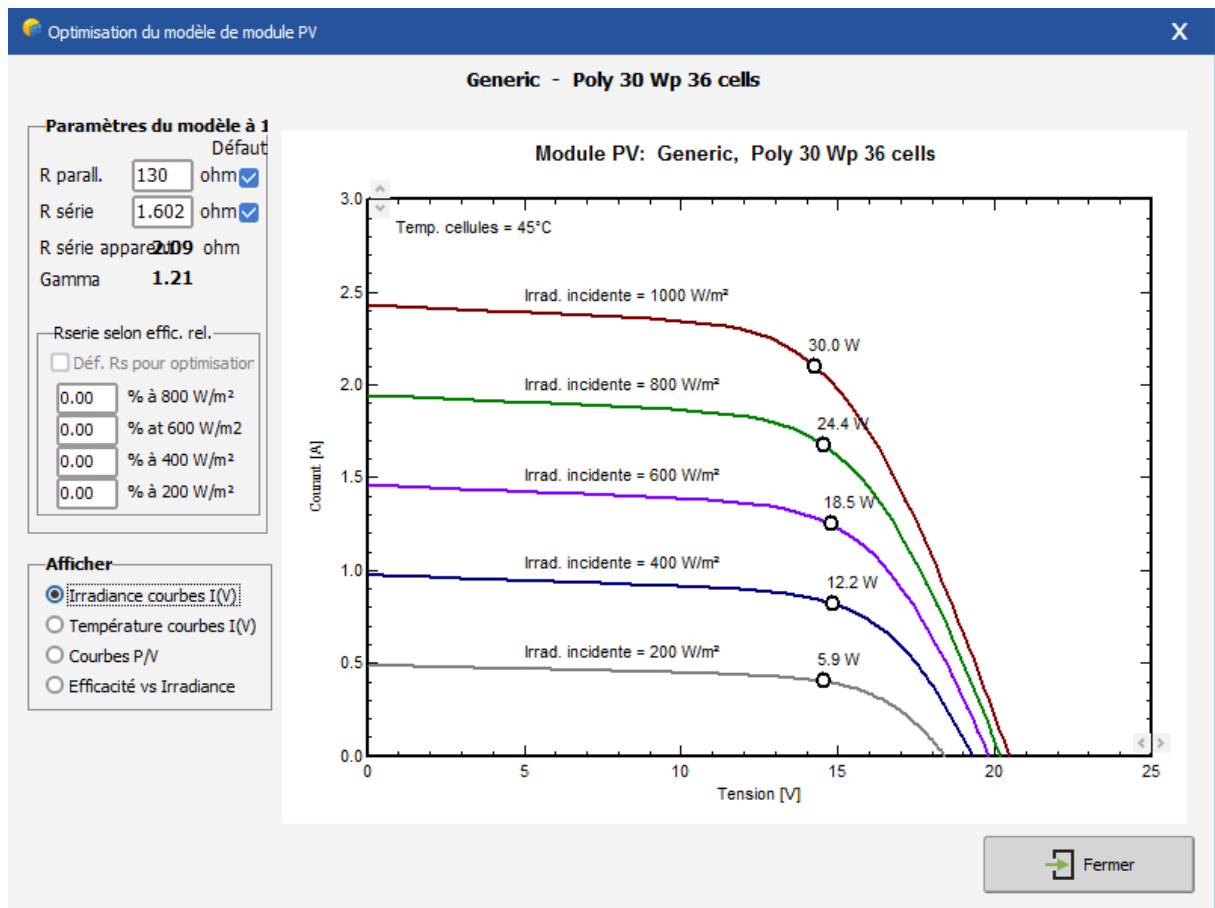


Figure 3.8 : Schéma simplifié d'une installation PV liée au réseaux

### III.7 Paramètre de simulation :

Caractéristique du notre module PV

- Effet de l'ensoleillement sur les caractéristiques I-V



**Figure 3.9 :** l'effet de l'ensoleillement sur la courbe I/V

D'après la figure on observe une variation importantes du courant, mais par contre la tension se varie l'égerment car le courant est en fonction linéaire de l'éclairement donc la puissance optimale de cellule est proportionnelle au éclairement.

- Effet de température sur les caractéristiques I-V

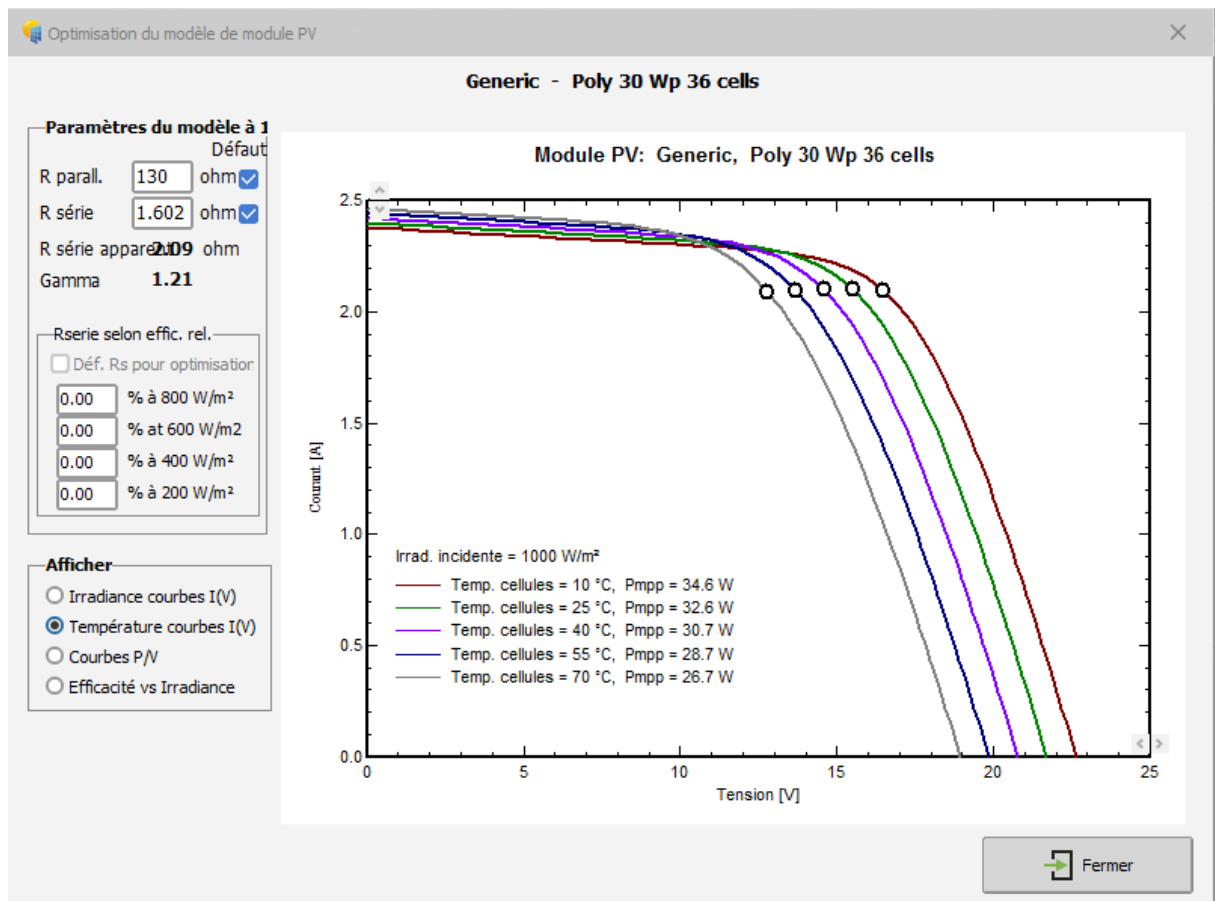


Figure 3.10 : l'effet de la température sur la courbe I/V

D'après le figure on voit que le courant dépend de la température, ce qui veut dire que le courant augmente quand la température augmente, mais la température influence négativement la tension.

Quand la température augmente la tension diminue et par conséquent la puissance maximale diminue aussi.

- Caractéristique puissance-tension

Avec des caractéristiques I-V, un système PV peut être défini par son caractéristique tension-puissance P-V.

Le premier figure présente les caractéristiques PV pour une température fixe et différentes valeurs d'ensoleillement

La deuxième figure présente les caractéristiques PV pour différentes valeurs de température et un ensoleillement fixe

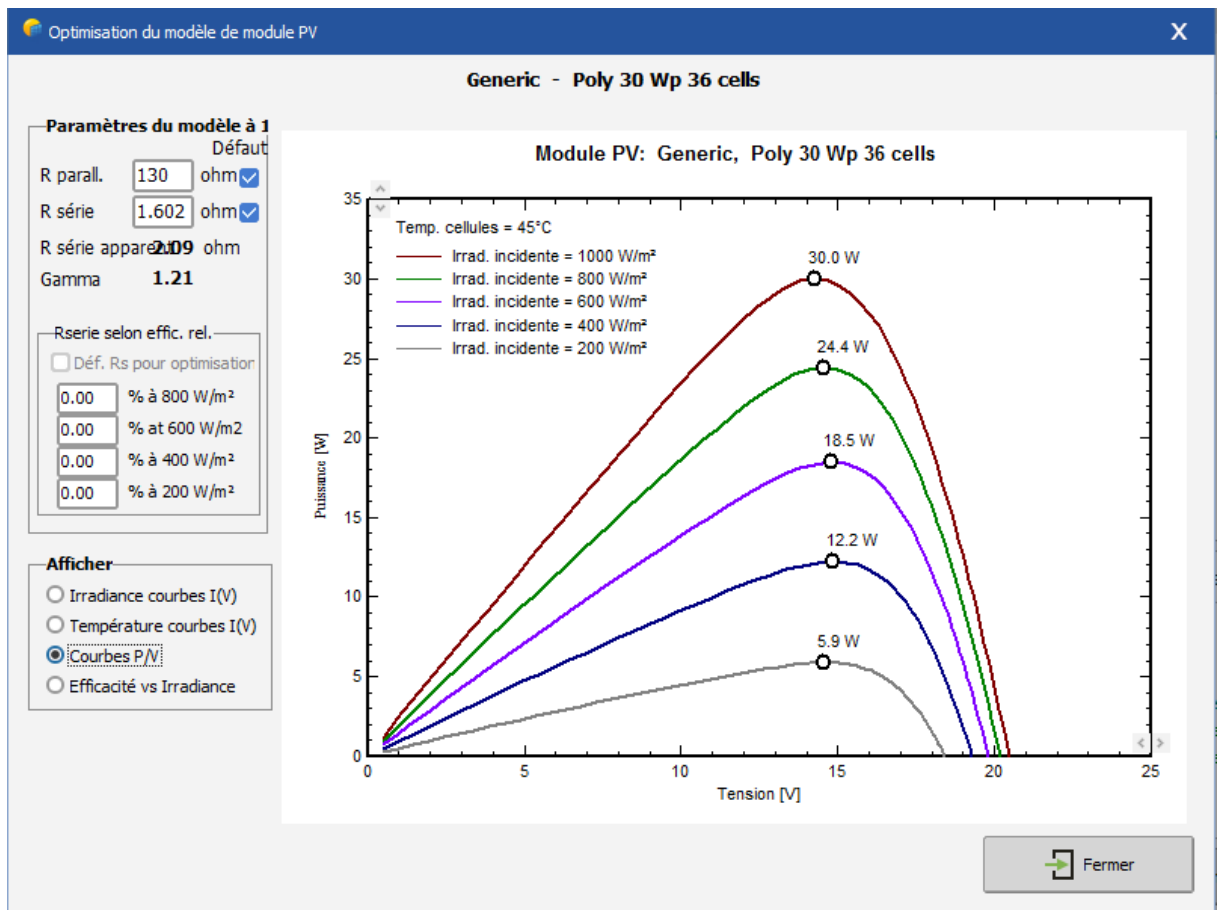


Figure 3.11 : Température fixe



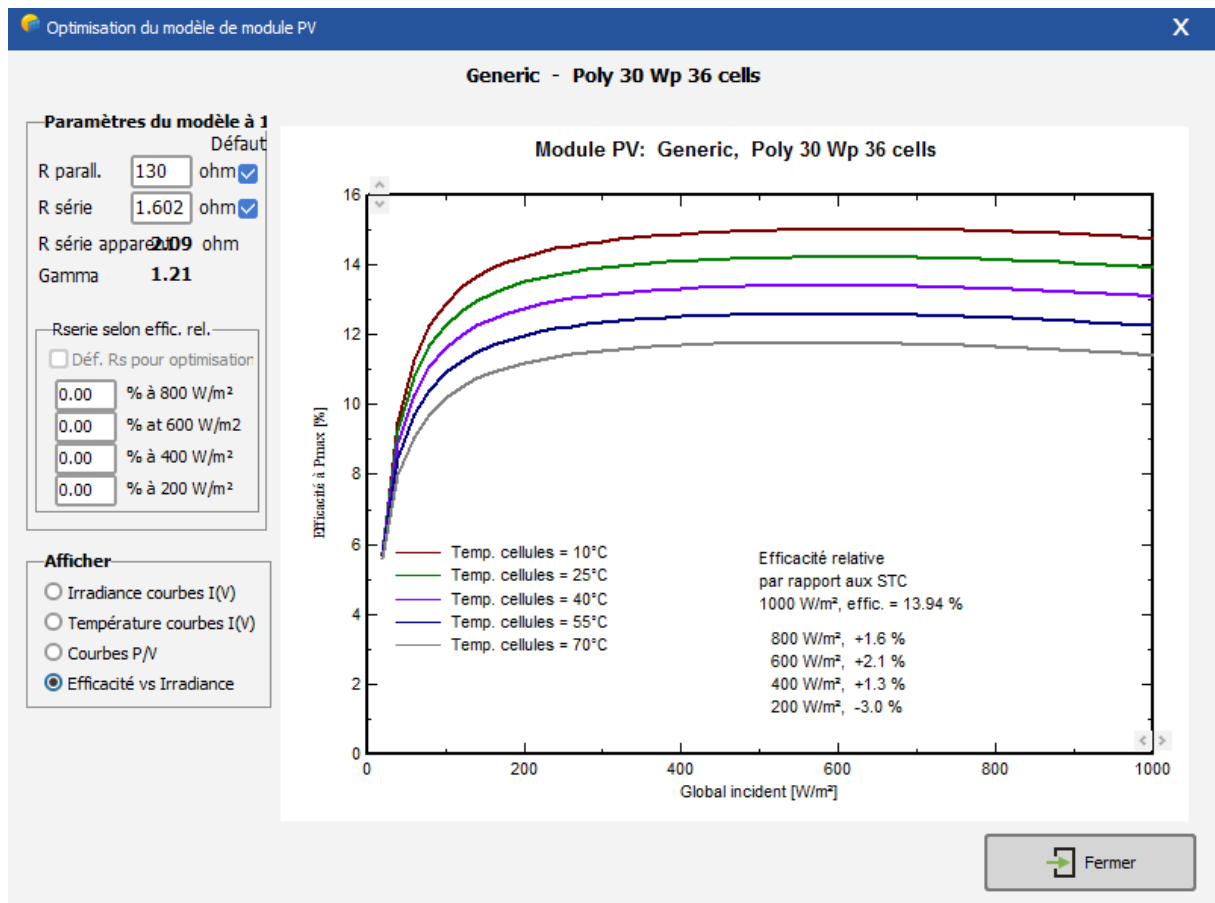



Figure 3.12 : ensoleillement fixe

Les caractéristique de l'onduleur :

- Tension de fonctionnement : 90/580V
- Tension maximale : 600V
- Puissance : 1.2kW
- Type : monophasé
- Fréquence : 50Hz

### III.8 Le rapport de simulation :



Version 7.2.5

## PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: simulation ain temouchent


Variant: Nouvelle variante de simulation

No 3D scene defined, no shadings

System power: 10.08 kWp

Ain Temouchent - Algérie

| Author



Project: simulation ain temouchent

Variant: Nouvelle variante de simulation

**PVsyst V7.2.5**  
 VCO, Simulation date:  
 09/09/21 17:45  
 with v7.2.5

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>			
<b>Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
Fixed plane		No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth	32 / 0 °		Diffuse Perez, Meteonorm separate
			Circumsolar
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon		No Shadings	Unlimited load (grid)

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Poly 30 Wp 36 cells	Model	UNO-DM-1.2-TL-PLUS
<small>(Original PVsyst database)</small>			
Unit Nom. Power	30 Wp	Unit Nom. Power	1.20 kWac
Number of PV modules	336 units	Number of inverters	7 units
Nominal (STC)	10.08 kWp	Total power	8.4 kWac
Modules	28 Strings x 12 In series	Operating voltage	90-580 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.20
Pmpp	9.86 kWp		
U mpp	168 V		
I mpp	59 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	10 kWp	Total power	8.4 kWac
Total	336 modules	Nb. of inverters	7 units
Module area	78.6 m²	Pnom ratio	1.20
Cell area	48.4 m²		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	47 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Comme se présente dans le rapport, le champ PV sera constitué de 336 de module PV (polycristaline), sur une surface de 78.6 m², et 7 onduleur avec une puissance totale de 8.4kWc.



PVsyst V7.2.5

VC0, Simulation date:  
09/09/21 17:45  
with v7.2.5

Project: simulation ain temouchent

Variant: Nouvelle variante de simulation

Main results

System Production

Produced Energy

18.19 MWh/year

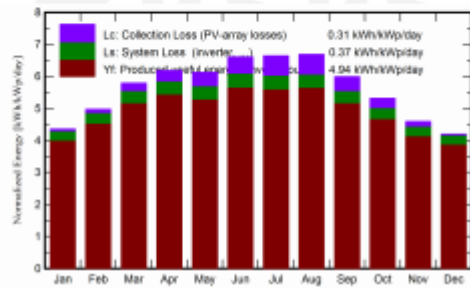
Specific production

1804 kWh/kWp/year

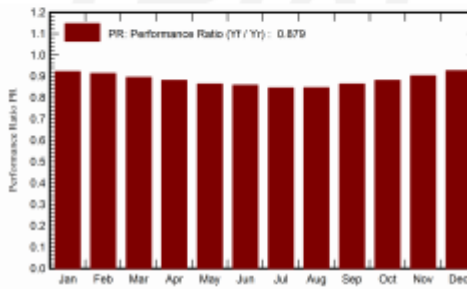
Performance Ratio PR

87.92 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	85.4	30.10	10.87	134.8	132.3	1.344	1.253	0.922
February	101.3	39.50	11.60	139.2	136.4	1.375	1.282	0.914
March	149.9	60.50	13.91	179.5	175.1	1.737	1.619	0.895
April	176.0	67.40	15.86	185.6	180.0	1.772	1.648	0.881
May	199.2	78.50	19.32	189.8	183.7	1.784	1.654	0.864
June	216.7	86.60	23.05	198.2	191.7	1.847	1.714	0.858
July	218.4	81.20	26.40	205.8	199.7	1.888	1.754	0.845
August	201.3	75.50	26.78	207.3	201.7	1.898	1.768	0.846
September	155.9	60.50	23.34	179.7	175.0	1.681	1.566	0.864
October	124.8	47.60	20.11	164.8	161.4	1.570	1.464	0.881
November	89.9	31.50	14.81	137.7	135.0	1.346	1.253	0.902
December	77.9	26.40	11.99	130.1	127.8	1.303	1.215	0.927
Year	1796.7	685.30	18.21	2052.4	1999.8	19.545	18.188	0.879

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E\_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio

D'après le rapport on constate une belle performance de notre système évalué 87.92 %.

Les pertes Lc et Ls correspondent au champ PV et l'onduleur.

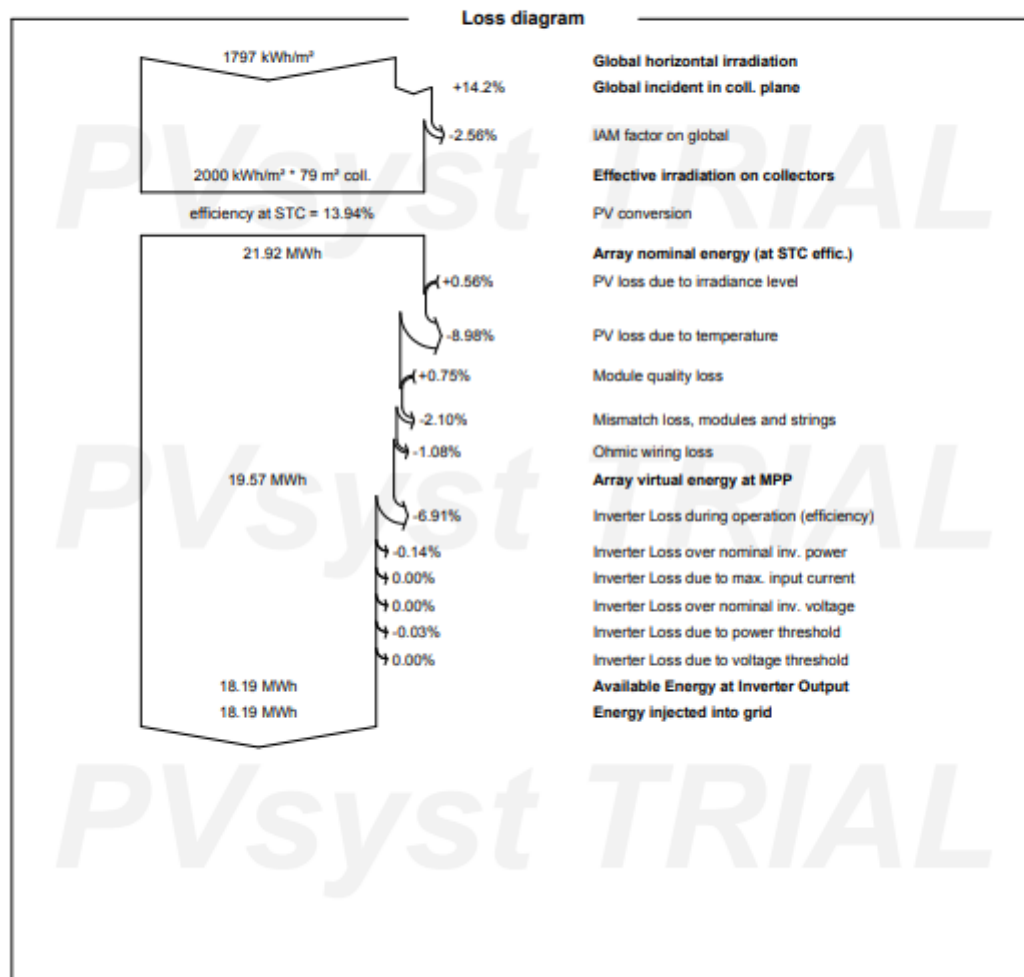


PVsyst V7.2.5

VC0, Simulation date:  
09/09/21 17:45  
with v7.2.5

Project: simulation ain temouchent

Variant: Nouvelle variante de simulation

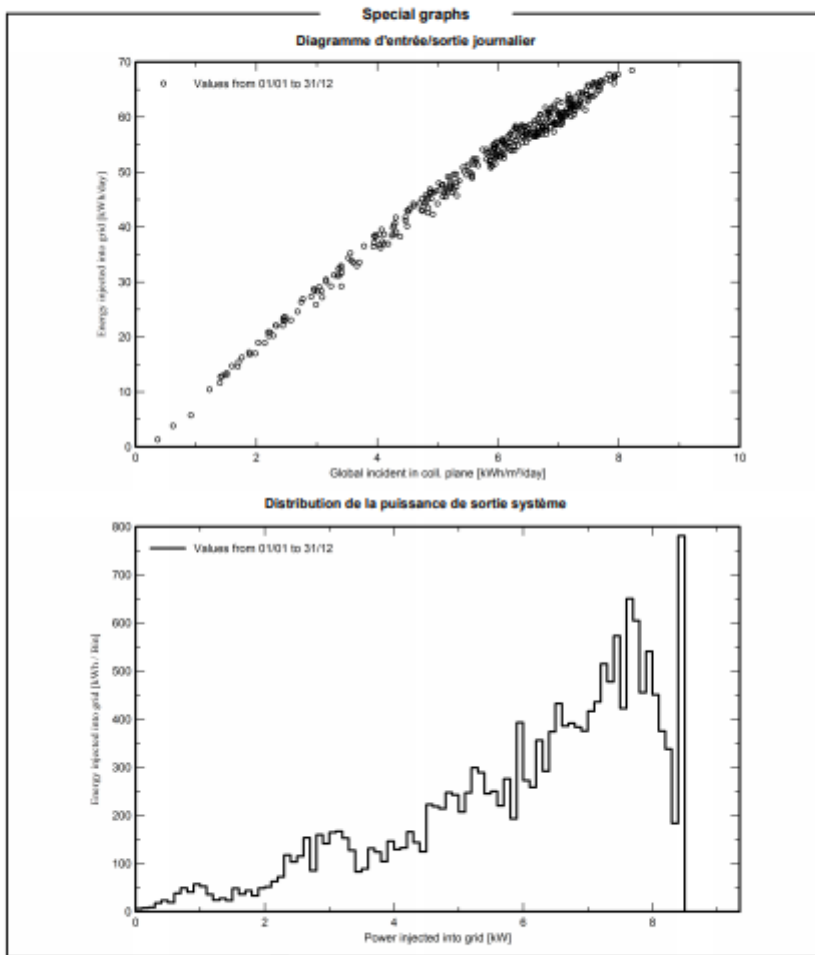


Cette figure démontre l'ensemble de pertes dans le système (pertes du champ PV, pertes d'onduleur .....)



**PVsyst V7.2.5**  
 VCO, Simulation date:  
 09/09/21 17:45  
 with v7.2.5

Project: simulation ain temouchent  
 Variant: Nouvelle variante de simulation



09/09/21

PVsyst Evaluation mode

Page 6/6

Le premier graph présente l'énergie produite en fonction de l'énergie injecte durant l'année, les point de fonctionnement sont alignée sur une droite.

D'après les deux graphes on remarque que la distribution de la puissance en sortie du champ PV varie suivant la même tendance que la distribution du rayonnement incident, à une échelle différente.

**III.9 Conclusion :**

Dans ce chapitre et d'après notre simulation on a conclu qu'une installation PV polycristalline permet une production d'énergie maximale.

On a aussi conclu que la qualité d'onduleur s'effectue le système PV et l'énergie produite dues à ces pertes

***Chapitre 04***  
***la rentabilité économique et de***  
***l'investissement***



### IV.1 Introduction

Suite à notre étude du système d'installation d'une chaîne photovoltaïque, il est nécessaire de calculer le coût annuel du solaire photovoltaïque, qui dépend des coûts fixes à l'investissement initial (achat de matériel et travaux) et surtout de la durée considérée pour l'amortissement de l'investissement (exemple 10 ans).total de notre système. Alors, nous procédons à la détermination économique et énergétique du coût global actualisé du kWh fourni. Le prix du kWh produit par cette installation [14]

### IV.2 Tableaux de l'étude technico-économique des systèmes PV

Les prix de l'équipement utilisé pour l'étude économique sont obtenus auprès des entreprises fabricantes en ALGERIE : CONDOR et ALGERIA SOLAR COMPANY. Donc on ne prendra plus en TVA, les frais de transport.

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	90000	315	26.800,00	8.442.000,00
Supports pour les modules		90000	315	5.000,00	1.575.000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		90000	-	5.000,00	1575000,00
Armoire de commande		90000		30.000,00	30.000,00
Câble et divers		90000		100.000,00	100.00,00
onduleur	90kw	90000	1	2.800.000 ,00	2.800.000,00
Régulateurs	30A/120V	90000	25	9.000,00	225.000,00
batteries		90000	175	18.000,00	3.150.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		90000	315	200.000,00	200.000,00
Cout totale pour SPV1		90000	315		18.097.000,00

Tableau 4.1: Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment laboratoire

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	73115	256	26.800,00	8660800,00
Supports pour les modules		73115	256	5000,00	1280000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		73115	-	5.000,00	1280000,00
Armoire de commande		73115	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		73115		100.000,00	100.000,0
onduleur	75kw	73115	1	2.500.000,00	2.500.000,00
régulateur	30A/120V	73115	24	9.000,00	216.000,00
batteries		73115	142	18.000,00	2.556.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		73115			200.000,00
Cout totale pour SPV2		73115	256		16.822.800,00

Tableau 4.2 : Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment recherche

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	39400	138	26.800,00	3698400,00
Supports pour les modules		39400	138	5000,00	690000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		39400	-	5.000,00	690000,00
Armoire de commande		39400	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		39400	138	100.000,00	100.000,00
onduleur	42kw	39400	1	1.500.000,00	1.500.000,00
régulateur	30A/120V	39400	14	9.000,00	126.000,00
batteries		39400	76	18.000,00	1.368.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		39400			200.000,00
Cout totale pour SPV3		39400	138		8.402.400,00

Tableau 4.3 : Etude technico économique du système PV alimentant le restaurant et la cuisine

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly Cristallin	285 WC ;30V	12000	42	26.800,00	1125600,00
Supports pour les modules		12000	42	5000,00	210000,00
Génie-civil(enclos pour les modules)		12000	-	5.000,00	210000,00
Armoire de Commande		12000	-	20.000,00	20.000,00
Câble et divers		12000		90.000,00	90.000,00
Onduleur	15kw	12000	1	540.000,00	54.000,00
Régulateur	30A/120V	12000	5	9.000,00	45.000,00
Batteries		12000	23	18.000,00	414.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		12000			200.000,00
Cout totale pour SPV4		12000	42		2.368.600,00

Tableau 4.4 : Etude technico économique du système PV alimentant l'administration

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ;30V	38450	135	26.800,00	3618000,00
Supports pour les modules		38450	135	5000,00	67500,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		38450	-	5.000,00	67500,00
Armoire de commande		38450	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		38450		100.000,00	100.000,00
onduleur	40kw	38450	1	1.500.000,00	1.500.000,00
régulateur	30A/120V	38450	12	9.000,00	1.080.000,00
batteries		38450	74	18.000,00	1.332.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		38450	-	-	200.000,00
Cout totale pour SPV5		38450	135		7.995.000,00

Tableau 4.5 : Etude technico économique du système PV alimentant le monte-charge

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly Cristallin	285 Wc ; 30V	18000	63	26.800,00	1688400
Supports pour les modules		18000	63	5000,00	315000,00
Génie-civil(enclos pour les modules)		18000	-	5.000,00	315000,00
Armoire de Commande		18000	-	20.000,00	20.000,00
Câble et divers		18000	63	90.000,00	90.000,00
Onduleur	20kw	18000		1.100.000,00	1.100.000,00
Régulateur	30A/120V	18000	5	9.000,00	45.000,00
Batteries		18000	35	18.000,00	630.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		18000			200.000,00
Cout totale pour SPV6		18000			4.403.400,00

Tableau 4.6 : Etude technico économique du système PV station de pompage

MOIS 2015	MONTANT énergie (HT) en DA
JANVIER	563217,3154
FEVERIER	553664,4416
MARS	565658,33
AVRIL	608165,7488
MAI	689022,9666
JUIN	768916,108
JUILLET	876727,9295
AOUT	872214,5972
SEPTEMBRE	834572,8683
OCTOBRE	674112,3526
NOVEMBRE	64537,79
DECEMBRE	331468,5678

Tableau 4.7 : Consommation électrique de la Division Technique Développement.

La moyenne annuelle est d'un montant énergétique de : **6.500.000,00 DZD**

#### **IV.3- Discussion et analyse des résultats du l'installation dimensionnée**

Les tableaux montrent que pour une production de 230kW, selon la valeur de consommation relevée à partir du poste MT/BT, notre budget d'investissement est estimé à : **58.089.200,00 DZD**.

Le **tableau (IV.7)** montre la moyenne de la consommation annuelle de la DTD, ce dernier est calculé à partir des factures mensuelles de consommation de l'énergie électrique qui est estimé comme suite :

La moyenne du montant est de: **6 .730. 156 DZD** pendant une année et de: **67.301.560 DZD** pendant 10 ans.

Suite aux résultats trouvés, nous prévoyons que l'investissement du projet sera amorti en 8 à 10 ans et que la durée de vie de la batterie sera de 10 ans. Ces batteries devront donc être remplacées deux fois pendant la durée de vie du projet [14]

##### **IV.3.1 Objectif général**

Il s'agit de produire de l'énergie électrique de manière autonome du réseau électrique SONELGAZ à partir de l'énergie solaire en utilisant des systèmes photovoltaïques.

Les objectifs spécifiques visent à :

- Identifier et choisir quelques charges pour lesquelles on veut produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie par les systèmes PV ;
- Etudier la faisabilité technique et financière de la mini-centrale photovoltaïque ;
- Faire l'étude économique de faisabilité du projet et étude sommaire d'impact environnemental ;
- Analyser la généralisation du projet dans d'autres administrations . [14]

##### **IV.3.2 Matériels et méthodes**

D'abord nous partirons du bilan de puissance et du bilan énergétique global de la structure, pour définir les charges électriques à prendre en compte par l'étude technique de faisabilité. Ensuite, nous ferons le dimensionnement de la mini-centrale nécessaire. Enfin, nous ferons une étude technico-économique de faisabilité du projet après analyse de la possibilité de généralisation .

Les différentes étapes de cette méthodologie et les matériels nécessaires sont décrits à travers les points suivants : [14]

#### IV.4.1 Etude technique

Pour la présentation de la charge à alimenter par la mini- centrale photovoltaïque, nous avons déduit une puissance nécessaire pour les installations électriques de 200kW.

Afin de rendre réalisable la mini-centrale photovoltaïque de notre étude, il est préférable de ne prendre en compte qu'une partie de cette installation .

C'est pourquoi, dans le cadre de la présente étude, nous avons ciblé :

- L'éclairage de la Division de la mini-centrale
- Les équipements de laboratoire de la mini-centrale
- L'éclairage extérieur de la mini-centrale
- Le système de télécommunication de la mini-centrale [14]

#### IV.4.2 Collecte des données

A l'image de toute étude de conception d'un système photovoltaïque, il est primordiale mesurer certaines données du site

- l'ensoleillement ;
- l'irradiation ;
- l'inclinaison nécessaire pour avoir un rendement maximal avec les panneaux. [14]

#### IV.5 Constitutions du système

On distingue généralement deux types de système photovoltaïque photovoltaïques avec stockage électrique et les systèmes photovoltaïques sans stockage électrique, la différence entre ces deux systèmes est que le second ne contient pas des batteries accumulateurs. [14]

##### IV.5.1 Modules photovoltaïques

Les modules sont un assemblage de photopile (ou cellule) montée en série, afin d'obtenir la tension désirée (12V, 24V...).la cellule photovoltaïque est l'élément de base dans la conversion du rayonnement. Plusieurs cellules sont associées dans un module qui est la plus petite surface de capacité transformable, montable et démontable sur un site. Les modules sont regroupés en panneaux, qui sont à leur tour associés pour obtenir des champs photovoltaïques selon les besoins. Les cellules photovoltaïques sont réalisées principalement par le silicium cristallin, qui est utilisé sous forme monocristalline ou multi-cristalline en plaquette ou en ruban ou encore en couches semi-minces sur substrat selon les technologies récentes. Les modules sont

associés en série et en parallèle pour obtenir des puissances importantes et la tension voulue. [13]

#### **IV.5.2 Régulateur de charge et décharge**

Le régulateur électronique dans un système photovoltaïque gère la charge et la décharge de la batterie. Il limite la tension de la batterie afin d'éviter une surcharge, en déconnectant la batterie trop chargée des modules PV. Quand la batterie est trop déchargée, il la déconnecte de l'utilisation, par un disjoncteur automatique pour la protéger contre la décharge profonde.

Dans un système PV, en l'absence d'un régulateur, les accumulateurs seront exposés à une perte d'eau donc un vieillissement prématuré et à la sulfatation des plaques.

Le régulateur dans un système photovoltaïque peut assurer aussi le rôle de la compensation

thermique. Il est situé entre le champ de modules et les batteries accumulateurs .[13]

#### **IV.5.3 Batteries d'accumulation**

Dans un système photovoltaïque, la ressource solaire ne pouvant être disponible à tout moment, il est indispensable de stocker de manière journalière ou saisonnière de l'énergie électrique produite par les panneaux solaires. On utilise pour cela des batteries d'accumulateurs. Les batteries les plus courantes sont de type plomb-acide à plaque plane pour les installations de faible puissance .Il existe aussi des accumulateurs de type nickel-cadmium qui sont chères et qui posent des problèmes de régulation de tension.

La batterie est constituée essentiellement des deux électrodes l'une positive et l'autre négative et une solution électrolytique : solution d'acide sulfurique de viscosité variable .

Les batteries sont connectées au régulateur électronique car elles sont chargées à travers le régulateur et elles alimentent les charges par biais du même régulateur. Nous pouvons associer plusieurs batteries en série pour obtenir une tension adaptée à l'utilisation et on les associe en parallèle pour avoir la capacité et la puissance nécessaire à l'autonomie désirée.

Les tensions des batteries seront déterminées par rapport à celle aux récepteurs à courant continu et la tension des modules .Le nombre de batterie sera déterminé à partir de l'autonomie désirée . [14]

#### **IV.5.4. Onduleur de tension**

La tension produite par les modules photovoltaïques est continue et celle fournie par les batteries pour l'alimentation des charges est aussi de nature continue. Dans ces conditions, il faudra intégrer obligatoirement un onduleur au système PV destiné à alimenter des charges alternatives. L'onduleur est un convertisseur DC/AC, c'est-à-dire convertir la sortie continue (DC) du champ de module ou des batteries en électricité alternative(AC) standards comme celle fournie par SONELGAZ. [14]

#### **IV.5.5 Contrôleur DC/DC**

Il peut arriver que dans un système PV, la tension de sortie du champ ou de la batterie soit inférieure ou supérieure à celle de l'utilisation, qui doit être alimenté en continu. Il est donc nécessaire pour ces systèmes, un convertisseur DC-DC transforme une tension continue de son entrée en une tension de sortie continue inférieure ou supérieure à celle de l'entrée selon qu'il soit abaisseur ou élévateur .Il permet de contrôler le signal d'alimentation de la charge et le stabilise. Les câbles relient électriquement tous les composants du système PV. Le câblage est un point critique de toute installation PV. Il est très important de bien dimensionner les conducteurs afin d'éviter la circulation d'un courant très fort dans les câbles même pour de petites puissances dans le cas d'utilisation de faibles tensions. Le choix des câbles dont l'enveloppe est adaptée aux conditions d'utilisation est nécessaire. [13]

#### **IV.5.6 Récepteurs et charges**

Les récepteurs ou charges (utilisation) font partie du système PV. Leurs tensions d'usage et leurs puissances déterminent les caractéristiques des éléments du système. Les récepteurs doivent être choisis avec soin. Lorsque c'est possible, il faut choisir les récepteurs de grand rendement .Après le choix des charges à alimenter par notre mini-centrale PV, nous relèverons leur caractéristiques qui nous permettrons de déterminer la puissance à installer. [13]

#### **IV.6 Différentes configurations des systèmes photovoltaïques**

Les différentes données de toutes charges à alimenter par la mini-centrale, permettent de déterminer les différents éléments constitutifs de chaque système PV et le nombre de système PV qu'il faudra. L'association de ces composants selon leurs fonctions donne la configuration du système PV. [14]



**Etape 1 : L'estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité(en Wh/j)**

A partir des caractéristiques révélées sur les récepteurs : tension, puissance et durée d'utilisation, on estime aisément ces besoins. La consommation journalière totale(CJT) est la somme des consommations journalière totale en courant continu (CC) et en alternatif (CA) il est nécessaire de tenir compte du rendement de l'onduleur pour la consommation en courant alternatif (CC).

$$CC = P_{cc}(W) * H_{cc}(\text{Heures})$$

$$CA = P_{ca}(W) * H_{ca}(\text{Heures})$$

P<sub>cc</sub> : puissance consommée en continu

P<sub>ca</sub> : puissance consommée en alternatif

H<sub>cc</sub> : durée de fonctionnement du récepteur CC

H<sub>ca</sub> : durée de fonctionnement du récepteur CA

K<sub>ond</sub> : rendement de l'onduleur

**Etape 2 : Estimation de l'ensoleillement sur le site de l'installation du générateur PV**

Les données de l'ensoleillement (exprimé en KWh /m<sup>2</sup>/j) peuvent être relevées sur le site ou enregistrées sur la carte de l'ensoleillement de la région ou encore obtenues au niveau de la station météo la plus proche de la zone. Pour avoir une autonomie complète et éviter une variation saisonnière de la consommation, il faut prendre comme référence l'ensoleillement du mois ensoleillé [23].

**Etape 3 : Estimation du champ photovoltaïque (tension et puissance crête installée nombre de modules)**

La tension des modules est choisie par rapport à la puissance des panneaux considérés :

$$12 \text{ pour } P_c < 150 \text{ Wc}$$

$$24 \text{ pour } 150 \text{ Wc} < P_c < 100 \text{ Wc}$$

$$48 \text{ V pour } P_c > 1000 \text{ Wc}$$

On utilise des tensions plus élevées en fonction de la grandeur de la puissance crête et des charges.

W<sub>c</sub> : Watt crête ; P<sub>c</sub> : Puissance du champ PV

\*Puissance du champ photovoltaïque : une des méthodes simplifiée est présentée :

$$P_c = CJT / K * E_j$$

E<sub>j</sub> : Ensoleillement sur le plan des modules en kWh/m<sup>2</sup> /j

K= K<sub>p</sub>.K<sub>bat</sub>.K<sub>reg</sub>

\*Nombre de module

-Nombre de module en série : N<sub>s</sub>=U<sub>c</sub>/U<sub>mod</sub>

$U_c$  : Tension aux bornes de la charge

$U_{mod}$  : Tension aux bornes d'un module

-Nombre de module en parallèle :  $N = P_c / N_s$  Pond

$P_c$  : puissance du champ PV

$P_{mod}$  : puissance sur module [15].

#### **Etape 4: Estimation de la capacité de stockage de la batterie et choix de la technologie**

Ici, il faut connaître d'abord le nombre de jours d'autonomie souhaitée. Surtout par rapport au niveau de sécurité des équipements et des lieux d'installation du système.

$$C = CTJ * N_j / U_{bat} * K_{bat} * dm$$

$N_j$  : nombre de jour d'autonomie

$U_{bat}$  : tension de la batterie

$DM$  : profondeur de la décharge

ON tiendra compte du régime de la décharge  $C / x(Ah)$  compatible avec le courant demandé.

#### **Etape 5: Dimensionnement des câbles et plan de câblage**

La condition primordiale est que la chute de tension dans les câbles ne doit pas dépasser 3%

On obtient la chute de tension en pourcentage de la manière suivante :

Le réseau ici est considéré comme bifilaire (02 fils)

$I_B$  : courant d'emploi du circuit,  $L$  : longueur du câble (Km),  $R$  : résistance linéique du conducteur ( .. /Km),  $U_N$  : tension nominale (V).

On pourra utiliser aussi les abaques pour déterminer graphiquement la section du câble à utiliser pour notre étude.

#### **Etape 6: Choix de régulateur et de l'onduleur**

\*Critères requis pour le régulateur

$P_{reg} > P_c$  installée,  $U_{reg} = U_{générateur}$ , Entrée admissible  $> I_{max}$  du module, I sortie  $reg > P_{max} / U_{générateur}$

\*Critères requis pour l'onduleur

Puissance de l'onduleur est supérieure ou égale à la

Puissance des charges,  $K_{ond}$  varie entre 0.9% et 0.95% [14]

#### IV.7 Choix des composants du système

En tenant compte des caractéristiques des différents éléments dimensionnés pour chaque système PV et des catalogues des constructeurs, nous pourrions choisir aisément de manière spécifique les équipements adéquats à utiliser en tenant compte des coûts et de la qualité. [13]

#### IV.8 Caractéristiques des composants utilisés pour le dimensionnement des systèmes PV

Les caractéristiques des composants de base utilisés pour la conception des systèmes photovoltaïques sont présentées dans le tableau suivant :

Désignation du composant	Caractéristiques techniques
Module	Module poly cristallin, Puissance (W), U nominal (V), Rendement (%); U opt(V) ; I opt (A) T(°C); I nom (A).
Onduleur	Type triphasés, tension d'entrée (V), tension de sortie (V) Rendement K ond =0.95
Régulateur	Tension d'entrée (V), tension de sortie (V).K contr
Batterie	Tension (V); profondeur de décharge t= 50%.

Tableau 4.8 : Les caractéristiques des composants des systèmes photovoltaïques

#### 1. Etude technique et bilan énergétique de la division technologie et développement a partir de poste MT/BT

Les informations ci-dessus doivent être collectées afin de nous permettre de calculer la puissance totale de l'ensemble des appareils afin d'en déduire la puissance « photovoltaïque installée »

Code	N° de Départ	Equipement	Q (VAR)	Un (V)	Cos phi	Ks	Pc (W)	I(A)
TGBT	1	Armoire 1	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#
	2	Armoire 2	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#
	3	Armoire 3	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#
	4	Armoire 4	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#
	5	Armoire 5	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#	Valeur#

Tableau 4.9 : informations pour calculer la puissance totale des appareils

## 2. Dimensionnement des composants constituant le système PV

En tenant compte du bilan de puissance calculé, nous pouvons déterminer le nombre des composants constituant notre installation PV.

désignation	caractéristique	Puissance installée(Wc)	quantité
Modules PV	-----	Valeur#	Valeur#
Support pour les modules	-----	Valeur#	Valeur#
Génie-civil(enclos pour les modules)	-----	Valeur#	Valeur#
Armoire de commande	-----	Valeur#	Valeur#
Câble et divers accessoires	-----	Valeur#	Valeur#
Main d'oeuvre	-----	Valeur#	Valeur#
Régulateur	-----	Valeur#	Valeur#
Onduleur	-----	Valeur#	Valeur#
Batteries	-----	Valeur#	Valeur#
Autres	-----	Valeur#	Valeur#

Tableau 4.10 : composants constituant notre installation PV.

### IV.9 Estimation et calcul de la demande énergétique

Pour concevoir le système PV, il est nécessaire de déterminer la future demande en électricité des maisons qui seront alimentées par le système solaire PV. Pour cela, il a été considéré l'utilisation de certains équipements électriques et l'heure estimée de la consommation d'électricité afin de déterminer une demande d'électricité en heure de pointe.

Le tableau 4.10 correspond à la liste des ampoules possibles dans chaque type de maison et à leurs besoins en puissance en tenant compte des équipements d'économie d'énergie que nous considérerons dans notre conception. En revanche, le tableau 2 reprend les appareils électriques supplémentaires qui seront pris en compte dans chaque type de bâtiment. Pour la réception et le bureau et la salle de sécurité du village durable, les lampadaires ont été pris en compte dans la base de données Excel pour le calcul de la demande d'électricité.

[14]

Appareils d'éclairage maison de type bungalow				
Descriptions	No of .d'équipement	Puissance [W] pas d'économie d'énergie	Léger [Km]	Économie d'énergie
ampoule principale CF	1	100	1600	36
Ampoule en position assise	1	75	1200	20
Ampoule dans l'escalier	1	50	650	11
Liseuse	1	30	350	7
Une lampe de table	1	40	450	9
Ampoule dans la salle de bain	1	40	450	9
Lumière au-dessus du miroir dans la salle de bain	1	30	350	7
Ampoule en bakony	1	50	650	11
Appareils d'éclairage maison de type des étudiants				
Descriptions	No of .d'équipement	Puissance [W] pas d'économie d'énergie	Léger [Km]	Économie d'énergie
salle de bain cum toilettes	1	75	1200	20
Lumière dessus du miroir dans la salle de bain	4	30	350	7
Bulles pour terrasse	3	60	900	15
Bulles dans la zone de passage	4	40	450	9
Bullbs dans le lieu de rencontre	2	75	1200	20
Ampoule dans l'escalier	2	50	650	11
Ampoules de la pièce principale	6	100	1600	36
Lumière de lecture	12	30	350	7
éclairage public	15			20

Tableau 4.11 : Appareils d'éclairage électrique envisagés pour les maisons

Appareils électriques			
Descriptions	No .d'équipement bungalow	No . d'équipement Maison des étudiants	Puissance [W]
Ventilateur de plafond	1	11	50
Tv	1	0	70
sèche-cheveux	1	0	15
réfrigérateur	1	0	40
Ordinateur ou ordinateur portable	1	6	50
Chargeur de téléphone portable	1	6	10
Radio/lecteur cd	1	2	35

*Tableau 4.12 : Autres appareils électriques envisagés pour les maisons*

Par conséquent, la consommation d'électricité par heure est calculée pour chaque appareil en multipliant le temps de fonctionnement par le besoin en électricité associé (Puissance en Watt), dans ce cas les équipements économes en énergie sont considérés, tandis que la demande totale en électricité pour chaque bâtiment, résulte de l'addition de ce données horaires pour tous les appareils possibles. (plus de détails dans la décision D/05-13/CD, 26 septembre 2013, Commission de régulation de l'électricité et du gaz (CREG))

Tenant compte du fait qu'il ne s'agit pas de la base de données de consommation d'électricité en temps réel pour Bonaio, tous les nombres sont estimés sur une valeur moyenne par an qui permet à cette étude de déterminer la charge de pointe de consommation d'électricité en une journée pour les bungalows, les maisons d'étudiants, la maison d'accueil et salle de sécurité ensemble.

En revanche, les résultats du calcul de la demande énergétique sur une journée font apparaître principalement deux pics de consommation. Le plus élevé correspond aux heures du soir de 18 à 1 lorsque les gens rentrent à la maison et utilisent plus d'électricité pour l'éclairage, la télévision, le ventilateur de plafond et l'ordinateur, entre autres. L'autre pic de consommation d'énergie correspond aux heures entre 7 et 10 heures du matin où un certain éclairage est encore nécessaire (voir Figure 1).

Afin de faire une proposition pour un système PV, il était important d'estimer les besoins de consommation d'électricité et ses modèles de demande. [13]

## **IV.10 Conclusion :**

Dans ce chapitre suite aux calculs de dimensionnement nous avons estimé le montant d'investissement global pour la réalisations d'un projet et le temps nécessaire pour l'amortissement.

## **Conclusion Générale :**

Le travail présenté dans ce mémoire traite de la modélisation et la simulation d'un système photovoltaïque de 200kW, Nous avons procédé à cette étude en quatre étapes : état de l'art d'énergie photovoltaïque. Dimensionnement et conception d'installation photovoltaïque, nous avons étudié les différent composent d'installation photovoltaïque. On utilisée logiciel PVSYST pour faire une simulation d'une installation photovoltaïque dans la région de Ain Temouchent. Et on a donnée une estimation économique pour une installation photovoltaïque.

Dans le premier chapitre, on a présenté des généralités sur les systèmes PV, nous a permis de bien comprendre le fonctionnement et principe de la cellule photovoltaïque et l'application des modules photovoltaïques dans la production de l'électricité.

Dans le deuxième chapitre nous avons présente les différent éléments qui constatent un générateur photovoltaïque.

Dans le troisième chapitre on a fait une simulation presque précise d'une installation photovoltaïque et on a représenté les résultats obtenus.

Dans le quatrième chapitre on a donné une estimation et une approche économiques pour une installation photovoltaïque.

En perspectives, nous proposons que notre étude sera compléter par un projet pratique. Une étude expérimentale est propose pour mètre en œuvre la réalisation de notre projet qui pourra être connecté au réseau électrique publique.



## Bibliographie :

- [1] Mr.Boukhelifa Hamza Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque De 300kw UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES 2017
- [2] Zakaria Fekih Etude d'un convertisseur multi-niveaux pour une commande mppt dédiée a une système photovoltaïque UNIVERSITÉ ABOUBAKR BELKAID TELEMEN 2021
- [3] BOUKHERS Djamil « optimisation d'un système, d'énergie photovoltaïque application au pompage » Mémoire présenté pour obtention du diplôme de magister en électrotechnique, Université Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de l'Ingénieur 2007.
- [4] Meghellet Hanine et Hocine Lynda « Contribution à l'étude d'un système photovoltaïque » Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master en électrotechnique Université Colonel Akli Mohand-Oulhadj Bouira Faculté Des Sciences et science appliquées 2018.
- [5] A ABID et Y BECHLAGHEM « Etude et dimensionnement un convertisseur SEPIC pour une application photovoltaïque » Mémoire de fin étude pour l'obtention du diplôme de master académique université aboubekr belkaïd de Tlemcen Faculté de Technologie 2017.
- [6] S SARRI - H BOUTEFAHA « Commande en MPPT d'une chaîne photovoltaïque à base d'un hacheur multi niveaux » Mémoire présenté pour obtention du diplôme de master en électrotechnique Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel Faculté des Sciences et de la Technologie 2020.
- [7] ARAB salim - TOUDERT dalila « Etude d'un Système Photovoltaïque » Mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme de master académique Université mouloud mammeri de tizi-ouzou Faculte De Génie électrique Et D' Informatique Département D'électrotechnique 2017.
- [8] A Labouret – M villos « énergie solaire photovoltaïque » 3 eme édition
- [9] S Benabdelkader – W Boudali « étude modélisation et simulation d'un générateur solaire photovoltaïques raccordé a un réseau électrique et optimisé par une technique basée sur une recherche MPPT » Mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme de master académique université abou bekr belkaïd de Tlemcen Faculté de Technologie 2014 .
- [10] M. Rafik BELABED « Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master académique en génie mécanique Université mouloud mammeri de tizi-ouzou 2016.
- [11] Mr.Boukhelifa Hamza «Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque De 300kw» Mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme de master académique en génie électrique Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES 2017
- [12] Labouret, A., M.P. Villos, Energie solaire photovoltaïque: le manuel du professionnel (Série électrotechnique). Ed Dunod. (2003).
- [13] BP. Installation de générateur photovoltaïque autonome, Apex BP Solar, (2000).
- [14] Benmahrez, B., F. Oudihat. Etude et dimensionnement d'une alimentation solaire pour les locaux administratifs de la société IFRI. Mémoire d'ingénieur, Université de Bejaia, (2010)

- [15] HADJ ABDERRAHMANE Mohammed El Amine ,GHEZZAL Mohammed Walid  
«Étude et réalisation d'un système de production d'énergie électrique par des  
panneaux photovoltaïques» Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-  
Temouchent 2016-2017
- [16] Le solaire photovoltaïque en chiffres <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-solaire-photovoltaïque-en-chiffres>

## Résumé

Cette mémoire présente une étude de dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque, La première partie de ce travail commence par une introduction sur l'énergie photovoltaïque, le principe et le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque et l'application de cette énergie dans le monde, ensuite on a expliqué les différents composants qui constituent une installation photovoltaïque. Dans la deuxième partie, on a démontré les étapes pour faire une simulation numérique pour une installation photovoltaïque on utilise le logiciel PVSYST, et on a donné une estimation économique pour ce projet.

Mots clés : énergie photovoltaïque, installation photovoltaïque, logiciel PVSYST

---

## Abstract

This thesis presents a study of technical sizing of a photovoltaic installation, The first part of this work begins with an introduction to photovoltaic energy, the principle and operation of a photovoltaic cell and the application of this energy in the world, then we explained the different components found in a PV generator. In the second part, we demonstrated the steps to make a numerical simulation for a photovoltaic installation using the software PVSYST, and we gave an economic estimate for this project.

Keywords: photovoltaic energy, photovoltaic installation, PVSYST software

---

## ملخص

تقدم هذه الرسالة دراسة الحجم الفني للمنشآت الكهروضوئية ، ويبدأ الجزء الأول لهذا العمل بمقدمة عن الطاقة الكهروضوئية ، ومبدأ وتشغيل الخلية الكهروضوئية وتطبيق هذه الطاقة في العالم ، ثم شرحنا الاختلاف. المكونات الموجودة في مولد الكهروضوئية. في الجزء الثاني ، أوضحنا خطوات إجراء محاكاة عددية لترتيب الخلايا الكهروضوئية باستخدام برنامج PVSYST ، وقدمنا تقديراً اقتصادياً لهذا المشروع.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الكهروضوئية ، التركيب الكهروضوئي ، برنامج PVSYST