

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
Faculté des Sciences Appliquées  
Département de Génie Electrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Présenté par :

TOUAHRI ABDERREZZAK

Thème:

*Estimation des de la production d'électricité des centrales photovoltaïques .Cas d'étude centrale PV Oued N'échoue Ghardaïa.*

Soumis au jury composé de :

M <sup>r</sup> Guehrrar Yousef	MCA	Président	UKM Ouargla
M <sup>r</sup> Kadai Mohammed Yacine	MCB	Encadreur/ rapporteur	UKM Ouargla
M <sup>r</sup> Benbouza Naima	MCA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۳۸

# الإهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل من كان له الفضل علينا بعد الله

وأخص بالذكر الوالدين الكريمين

الذين حرصوا على تنشئتنا وتعليمنا وسهروا الليالي من أجلنا

كما اهديه إلى كل إخوتي وأخواتي وإلى كل الأصدقاء و زملاء الدراسة

وكما لا أنسى الأساتذة الكرام الذين ينيرون الدروب للأجيال بشعلة العلم

وإلى كل من ساهم في هذا العمل

# الشكر و العرفان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نحمد الله رب العالمين... والصلاة والسلام على سيد الخلق أجمعين رسولنا محمد الأكرم وآله  
وصحبه الطيبين الطاهرين

لا شيء أجمل من كلمة شكر تتبع من القلب وتحمل اعترافاً بالامتنان. ومن لا يشكر الناس لا  
يشكر الله

بالبدء نتقدم بالشكر الجزيل والامتنان إلى الأستاذ الفاضل الدكتور

"قادري ياسين" الذي أشرف على هذه المذكرة ورافقنا في جميع الأوقات

و لم يبخل علينا بنصائح القيمة كلما واجهنا مشاكل أصعبات كما لا ننسى جميع أساتذتنا و

معلمينا الذين رافقونا من بداية مشوارنا إلى آخره

شكرا جزيلا لكم معلمينا لكم منا كل التقدير والامتنان





# *Sommaire*

## Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I:Généralité Sur L'énergie Solaire Photovoltaïque</b>	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Généralité Sur L'énergie Solaire Photovoltaïque.....	3
I.3 Types des Cellule Photovoltaïque... ..	4
I. A La cellule amorphe .....	4
I. B La Cellule Cristalline (qu' il soit Mono ou Poly).....	4
I. B.1 La Cellule Monocristalline .....	4
1. B .2 La Cellule Poly-Cristalline .....	4
I.4Modèle d'une Cellule Photovoltaïque .....	4
I.5 Puissance Optimale .....	5
I.6 Facteur de Forme.....	5
I.7 Le Rendement énergétique .....	6
I.8 Les Catégories du System PV .....	6
I.9 Les systèmes raccordés aux réseaux. ....	6
I .10 Systèmes non raccordés au réseau .....	6
I.11 Les Eléments constituant un Système Photovoltaïque .....	7
I. A Hacheur (DC/DC).....	7
I.A. 1 Topologie avec un Hacheur Rangé .....	8
I.A. 2 Topologie avec un Hacheur Modulaire Parallèle .....	8
I.12 Topologies avec UN hachure modularize series .....	9
I.13 Le Convertisseur DC/AC (Onduleur) .....	10
I.14 Onduleurs Strings .....	11
I.15 Onduleurs Modulaires .....	12
I.16 Présentation de la centrale photovoltaïque de Ghardaïa .....	12
I.17 Description technique de la centrale .....	14
I.18 Panneaux photovoltaïques qui sont installés à Ghardaïa .....	14
I.19 Présentation de la centrale photovoltaïque de Ghardaïa .....	15
I. 20 Conclusion .....	15
<b>Chapitre II: Simulation Centrale PV Région Oued N'échoue Ghardaïa</b>	

<b>II.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>17</b>
<b>II.2</b>	<b>Présentation de la Logiciel PVSYST</b>	<b>17</b>
<b>II.3</b>	<b>Les Options de logiciel PSYST</b>	<b>17</b>
<b>II.4</b>	<b>pré-dimensionnement</b>	<b>17</b>
<b>II.5</b>	<b>Conception du Projet</b>	<b>18</b>
<b>II.6</b>	<b>Bases de Données</b>	<b>19</b>
<b>II.7</b>	<b>Outils</b>	<b>19</b>
<b>II.8</b>	<b>Présentation de Projet</b>	<b>19</b>
<b>II. 9</b>	<b>l'orientation des panneaux</b>	<b>19</b>
<b>II.10</b>	<b>Hauteur du soleil</b>	<b>20</b>
<b>II.11</b>	<b>Simulation d'un système photovoltaïque couplé au réseau</b>	<b>21</b>
<b>II.12</b>	<b>Simulation Centrale PV dans La Région</b>	<b>22</b>
<b>II.13</b>	<b>Caractéristiques de Module PV</b>	<b>23</b>
<b>II.14</b>	<b>Caractéristique de l'onduleur</b>	<b>26</b>
<b>II.15</b>	<b>Boite de jonction (ou de raccordement)</b>	<b>27</b>
<b>II.16</b>	<b>Résultat de La Simulation Par PV SYST</b>	<b>28</b>
<b>II.17</b>	<b>Distribution de l'irradiation incidente</b>	<b>29</b>
<b>I.18</b>	<b>Distribution de la puissance du champ PV</b>	<b>29</b>
<b>II. 19</b>	<b>Puissance convertie à la sortie de l'onduleur</b>	<b>30</b>
<b>II.20</b>	<b>Puissance à la sortie du système</b>	<b>30</b>
<b>II. 21</b>	<b>Puissance injectée dans le réseau</b>	<b>31</b>
<b>II.22</b>	<b>Diagramme d'Entrée / Sortie journalier</b>	<b>32</b>
<b>II. 23</b>	<b>Diagramme des pertes sur l'année entière</b>	<b>33</b>
<b>II. 24</b>	<b>Evaluation Les productions normalisées</b>	<b>35</b>
<b>II.25</b>	<b>Indice de performance</b>	<b>35</b>
<b>II. 26</b>	<b>Bilans</b>	<b>36</b>
<b>II. 27</b>	<b>Energie injectée dans le réseau (valeurs horaires maximales)</b>	<b>37</b>
<b>II.28</b>	<b>Conclusion</b>	<b>38</b>

## Liste de figures

<b>Figure I.1</b>	Principe de fonctionnement d'une cellule Photovoltaïque	3
<b>Figure I.2</b>	Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque	5
<b>Figure I.3</b>	Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque	6
<b>Figure I.4</b>	Structure d'un système PV <b>non raccordés</b> au réseau	7
<b>Figure I.5</b>	Schéma Hacheur Rangé	8
<b>Figure I.6</b>	Schéma Hacheur Modulaire Parallèle	9
<b>Figure I.7</b>	Schéma Hacheur Modulaire Série	9
<b>Figure I.8</b>	Schéma Onduleur central	10
<b>Figure I.9</b>	Schéma Onduleur strings	11
<b>Figure I.10</b>	Schéma Onduleur modulaires	12
<b>Figure I.11</b>	Plan de situation de la centrale Oued N'échoue Ghardaïa	13
<b>Figure II.1</b>	<i>Angle D'orientation</i>	20
<b>Figure II.2</b>	<i>Horizon du Oued N'échoue Ghardaïa</i>	21
<b>Figure II.3</b>	Schéma Simplifia	22
<b>Figure II.4</b>	Configuration globale du système	23
<b>Figure II.5</b>	Caractéristiques de Module PV	24
<b>Figure II.6</b>	Caractéristiques Techniques du Module PV Choisi (courbe)	25
<b>Figure II.7</b>	Caractéristiques Techniques de l'onduleur	26
<b>Figure II.8</b>	Schéma en blocs de la boîte de raccordement	27
<b>Figure II.9</b>	Distribution de l'irradiation incidente	29
<b>Figure II.10</b>	Distribution de la puissance du champ PV	30
<b>Figure II.11</b>	Distribution de la sortie de l'onduleur	30
<b>Figure II.12</b>	Distribution de la puissance à la sortie du système PV	31
<b>Figure II.13</b>	Puissance injectée dans le réseau	32
<b>Figure II.14</b>	Diagramme d'Entrée / Sortie journalier	33
<b>Figure II.15</b>	Diagramme des pertes sur l'année entière	34
<b>Figure II.16</b>	Les productions normalisées	35
<b>Figure II.17</b>	L'indice de performance (PR)	36



## Liste des Tableaux

<b>Tableau I.1</b>	<b>Tableau I.1:</b> Caractéristiques techniques des différentes topologies d'onduleur	12
<b>Tableau I.2</b>	Caractéristiques principales des panneaux	15
<b>Tableau II.1</b>	Les Paramètres d'entrée et sortie	26
<b>Tableau II.2</b>	Résultat de la simulation par PV SYST	28
<b>Tableau II.3</b>	bilan de l'énergie	37
<b>Tableau II.4</b>	Energie injectée dans le réseau	38

## Liste des Symboles

- I<sub>ph</sub>**: Photo courant, ou courant généré par l'éclairement, Courant du générateur photovoltaïque (A) .
- I<sub>D</sub>** : Courant circulant dans la diode(A).
- I<sub>o</sub>**: Courant de saturation inverse de la diode(A).
- I<sub>p</sub>**: courant traversant R<sub>p</sub> (A).
- I<sub>s</sub>**: courant de saturation il dépend de la température de la jonction, courant du générateur photovoltaïque (A)
- V<sub>s</sub>**: Tension du générateur photovoltaïque (V) .
- R<sub>s</sub>** : Résistance série ( $\Omega$ ).
- R<sub>p</sub>** : Résistance parallèle (Shunt) ( $\Omega$ )
- T** : température effective de la cellule en Kelvin (K)
- K** : Constante de Boltzmann ( $k=1.381 \times 10^{-23}$  J/K).
- q** : Charge de l'électron ( $q = 1.602 \times 10^{-19}$  C).
- n** : coefficients d'idéalité de la jonction PN .
- V<sub>t</sub>** =  $kt/q$  : potentiel thermique .
- E** : Eclairement solaire en ( $1 \text{ kW} / \text{m}^2$ )
- I<sub>cc</sub>**: Courant de Court- Circuit
- I<sub>op</sub>** : Courant optimal du générateur photovoltaïque (A)
- V<sub>op</sub>** : Tension optimal du générateur photovoltaïque (V)
- V<sub>oc</sub>** : Tension du circuit ouvert du générateur photovoltaïque (V) .
- I<sub>cc</sub>** : Intensité de court –circuit.( A )
- V<sub>co</sub>**: Tension de circuit ouvert.( v )
- I<sub>mp</sub>**: Le courant maximal sous conditions standards (A).
- V<sub>mp</sub>**: La tension maximale du module sous conditions standards (V).
- MPP** : maximum power point (W . )
- M P P T** : Poursuite du Point de Puissance Maximale, 'Maximum Power Point Trekking'
- P<sub>opt</sub>** : La puissance maximale utile (W . )
- P<sub>max</sub>**: Puissance maximale aux bornes de la cellule PV.( W )
- P<sub>m</sub>**: La puissance maximale produite PV (W)
- F** : facteur de forme.
- S** : la surface du module ( $\text{m}^2$ ).
- $\mu$**  : Rendement énergétique.
- G<sub>PV</sub>** : Générateur Photovoltaïque

**P V GIS** : (Photovoltaïque Géographia Information System)

**DC/DC** : Hacheur Courant Continu-Courant Continu

**DC/AC** : Hacheur Courant Continu- Courant Alternatif .

**GlobHor** (Rayonnement global horizontal): une combinaison du rayonnement diffuse global et du rayonnement direct global pour une surface horizontale.

**GlobEff** (Le rayonnement effectif sur les collecteurs): le rayonnement restant après les pertes détaillées précédemment, multiplié par la surface PV.



*Introduction générale*

### **Introduction générale**

L'Algérie est un pays méditerranéen africain situé au centre de l'Afrique du Nord, La situation Géographique de l'Algérie signifie qu'elle occupe une position clé pour jouer un rôle stratégique important dans la mise en œuvre des technologies des énergies renouvelables en Afrique du Nord L'Algérie compte se positionner comme un acteur majeur dans la production de l'électricité à partir du solaire photovoltaïque qui sera le moteur d'un développement économique durable. Le potentiel énergétique solaire en Algérie est très important, la moyenne annuelle de l'éclairement solaire sur une surface inclinée est environ 7 kWh/m<sup>2</sup>/jour. Nous allons dans ce chapitre, présenter la situation de l'énergie solaire photovoltaïque en Algérie notamment à la région **oued Né chou Ghardaïa** en vue d'être exploitée pour la production de l'énergie électrique. Nous nous concentrerons spécialement sur la simulation de l'installation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique par le logiciel PV SYST, qu'il est un logiciel spécialisé de dimensionnement d'installations photovoltaïques, développé par l'Université de Genève, en va représenter ce logiciel avec tous les options caractéristiques. et après en donnera théorie que ment les caractéristiques spécifiques de cette région, dans le but de valoriser le gisement solaire, une mise en installation de centrale sera et appliquée sur ce site. Notre travail est divisé en deux parties Le premier chapitre traite les principales notions du solaire photovoltaïque ainsi la présentation du cas d'étude. Le deuxième chapitre expose les résultats de simulations de la centrale de Ghardaïa avec le logiciel PV SYST. la conclusion de notre travail regroupe les principaux résultats tirés de cette simulation.



Chapitre I

Généralité Sur L'énergie Solaire

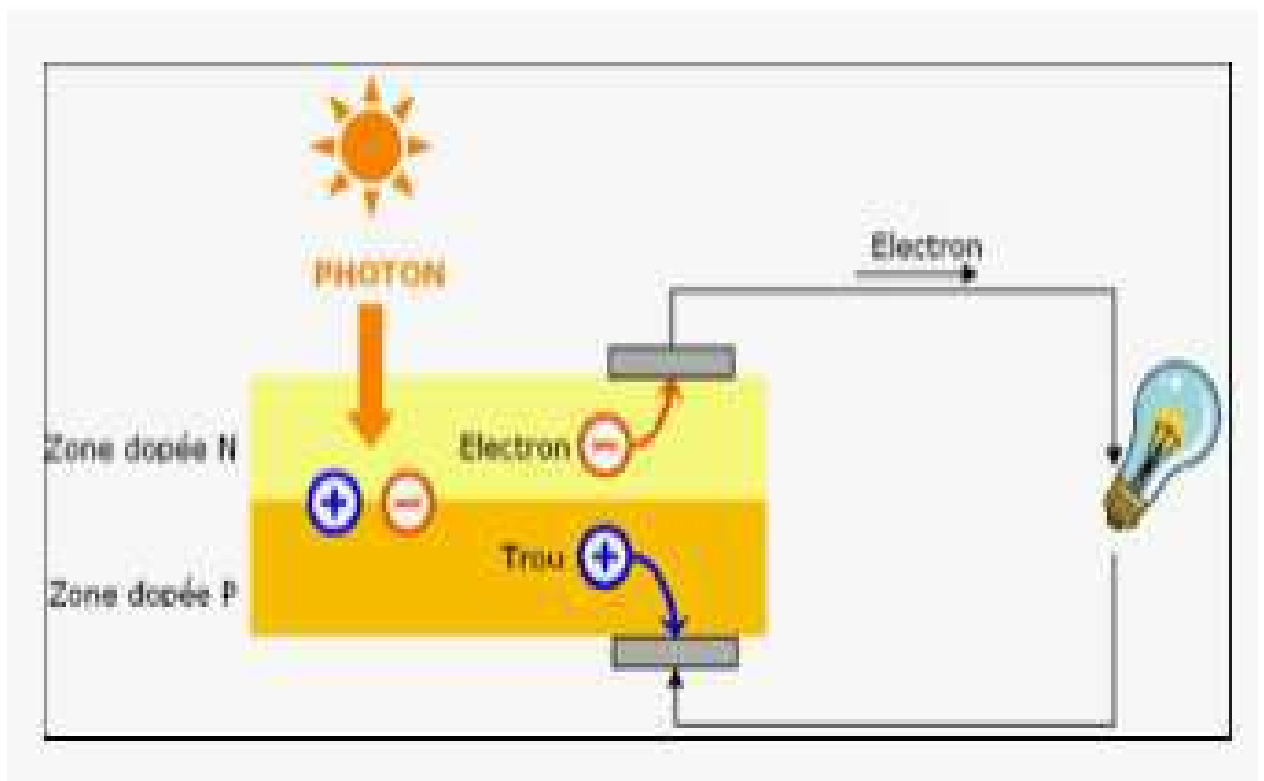
Photovoltaïque

## I.1 Introduction

La Politique menée par les autorités algériennes est de développer la filière solaire au niveau tout le territoire national. Parmi les projets réalisés celui de la centrale pilote photovoltaïque multi-technologie de 1,1 MW à Ghardaïa, cette dernière est mise en service en 2014. Notre étude sera portée sur cette centrale. Ce chapitre traite les principales notions du solaire photovoltaïque que la présentation de la centrale du cas d'étude.

## I.2 Généralité Sur L'énergie Solaire Photovoltaïque

La cellule est composée de deux couches différentes. La couche supérieure est dopée **N** et la couche inférieure est dopée **P** créant ainsi une jonction **P**. Cette jonction **P** crée une barrière de potentiel. Lorsque les grains de lumière (les photons) heurtent la surface de ce matériau, ils transfèrent leur énergie aux atomes de la matière. Ce gain d'énergie libère des électrons de ces atomes, créant des trous et des électrons. Ceci engendre donc une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel crée un champ électrique **E** qui draine les porteurs libres vers les contacts métalliques des régions **P** et **N**. Il en résulte alors un courant électrique et une différence de potentiel dans la cellule **PV** [1]



**Figure I .1:** Principe de fonctionnement d'une cellule Photovoltaïque

### I.3 Types des Cellule Photovoltaïque

Il existe différents types de cellules photovoltaïques, et chaque type possède un rendement et un coût qui lui est propre. Nous allons décrire de chaque type.

#### I. A La cellule amorphe

Ces cellules sont composées d'un support en verre ou en matière synthétique sur lequel est disposé une fine couche de silicium (l'organisation des atomes n'est plus régulière comme dans un cristal). Elles présentent l'avantage de fonctionner avec un éclairage faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment), et d'être moins sensible aux températures élevées que les cellules mono ou poly cristallines. En revanche, leur rendement est faible, compris entre 5% et 9%. [3]

#### I. B La Cellule Cristalline (qu' il soit Mono ou Poly)

##### I. B.1 La Cellule Monocristalline

Le silicium est fondu deux fois pour se solidifier 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. Leur rendement est de l'ordre de « 14% à 20% », et engendrent un coût de production plus élevé que les cellules poly-cristallines. [3]

##### I. B .2 La Cellule Poly-Cristalline

Ce sont actuellement les plus présentes sur le marché. Elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en plusieurs cristaux dont les orientations sont différentes. La cellule photovoltaïque est d'aspect bleuté, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux. Leur rendement est de l'ordre de « 11% à 15% », mais elles engendrent un coût de production moins élevé que les cellules monocristallines, il représente donc à ces jours le meilleur rapport qualité / prix. [3]

### I.4 Modèle d'une Cellule Photovoltaïque

Le schéma équivalent d'un module solaire peut se présenter en littérature sous diverses variantes (à une exponentielle, à deux exponentielles,...), alors que la configuration de notre projet est illustrée sur la figure (I. 3), dite : à une seule diode reste la plus usuelle. Il est constitué d'une diode (D) caractérisant la jonction, une source de courant (G) caractérisant le photo courant, une résistance série  $R_s$  représentant les pertes par effet joule, et une résistance shunt ( $R_{sh}$ ) simulant les fuites entre la grille supérieure et le contact arrière de l'élément. Elle est généralement très supérieure à  $R_s$  et peut être placée indifféremment dans le schéma équivalent. [4]



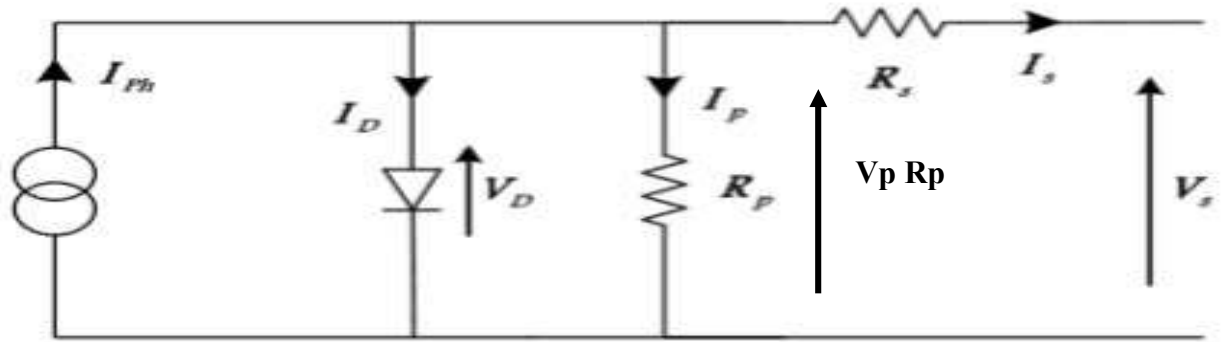


Figure I. 2: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque [ 5 ]

$$I_s = I_{ph} - I_D - I_P \text{ ----- (I.1)}$$

$$V_D = V_s + R_s I_s \text{ ----- (I.2)}$$

$$I_s = I_{ph} - I \left( \exp \frac{V_D}{\frac{nkt}{q}} - 1 \right) - \frac{V_s + R_s I_s}{R_p} \text{ ----- (I.3)}$$

$$I_s = I_{ph} - I_0 \left( \exp \frac{(v_s + R_s I_s)}{v_{th}} \right) \text{ ----- (I.4)}$$

$$V_t = \left( \frac{nkt}{q} \right) \text{ ----- (I.5)}$$

Avec:

$I_s$ : Courant des aturation il dépend de la température de la jonction.

$V_s$ : Tension de saturation.

$I_{ph}$ : Photo courant, ou courant généré par l'éclairement(A).

$I_0$ : Courant de saturation inverse de la diode (A).

$I_D$ : Courant circulant dans la diode

$V_t = kt/q$ : potentiel thermique

### I.5 Puissance Optimale

La puissance maximale utile  $P_{opt} = V_{op} \cdot I$ , s'obtient en annulant la dérivée de la puissance. Pour l'éclairement considéré, le point de puissance maximale **MP PT** représente le point où la puissance de la cellule est maximale. Ce point, est associé à une tension maximale **V<sub>op</sub>** et à une intensité maximale  $I_{opt}$  C'est cette puissance qui sera toujours recherchée par des régulateurs de charge afin d'optimiser la charge de la batterie et le fonctionnement du générateur. Par ailleurs, lorsqu'il est question de puissance maximale dans les conditions normalisées d'ensoleillement, on parle alors de puissance crête, mesurée en watts-crête (w)[6]

### I.6 Facteur de Forme

On appelle facteur de forme « **F** » le rapport entre la puissance maximale fournie par la cellule, **PMA** (W) dans des conditions d'éclairement, de température et de vitesse de circulation de l'air ambiant donnés, et le produit du courant de court-circuit **I<sub>cc</sub>** par la tension

de circuit ouvert  $V_{co}$  (c'est à dire la puissance maximale d'une cellule idéale). [7]

$$F = \frac{P_{max}}{I_{cc} \cdot V_{cc}} \text{-----(I.6)}$$

F : facteur de forme.

P max: Puissance maximale aux bornes de la cellule PV (W) .

V c o: Tension de circuit ouvert (V) .

I cc : Intensité de court –circuit (A) .

### I.7 Le Rendement énergétique

Est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale produite « **Pm** » et la puissance du rayonnement solaire par venant au module.

Soit « S » la surface du module et « E » l'éclairement, ce rendement a pour expression:[8]

$$\mu = \frac{P_m}{E \cdot S} = \frac{V_{opt} \cdot I_{opt}}{E \cdot S} \text{----- (I.7)}$$

### I.8 Les Catégories du System PV

Les systèmes PV peuvent être classés en deux catégories les systèmes autonomes, isolés du réseau, et les systèmes raccordés au réseau.

### I.9 Les systèmes raccordés aux réseaux

Dans ces systèmes PV, le générateur PV est couplé directement au réseau électrique. Le système PV raccordé au réseau est muni de convertisseurs de puissance pour adapter l'énergie produite par les panneaux PV. Ces convertisseurs sont composés d'un hacheur muni d'un MPPT, d'un filtre, d'un onduleur et d'une électronique appropriée pour assurer l'adaptation en amplitude et en fréquence avec le réseau. La structure d'un système PV connecté au réseau est montrée par la *Figure (I.5)*[1]

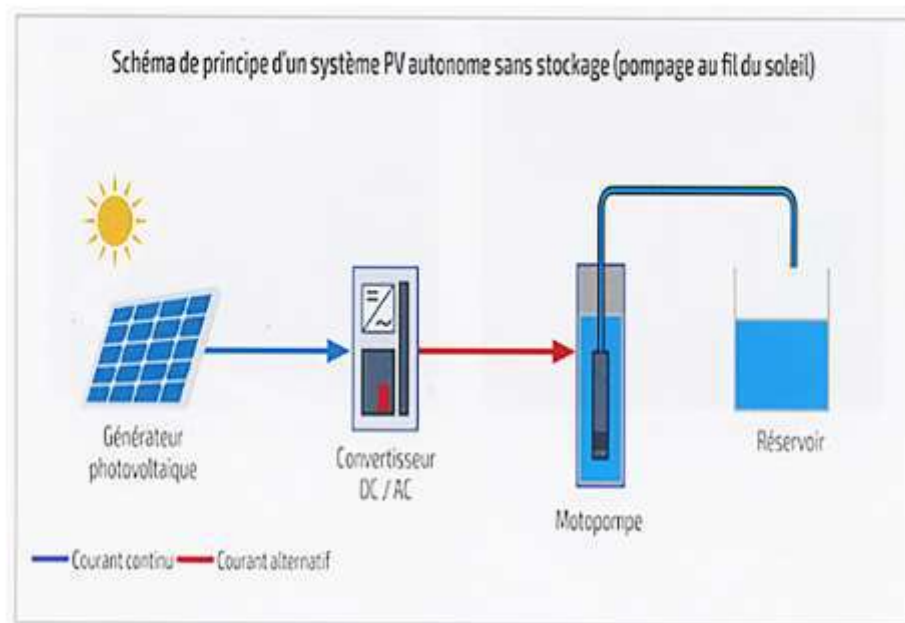


Figure I. 3: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque

### I.10 Systèmes non raccordés au réseau

Parmi les systèmes photovoltaïques non raccordés au réseau, on peut distinguer les systèmes

autonomes fonctionnant sans autre source d'énergie que le photovoltaïque et les systèmes hybrides faisant appel à une ou plusieurs sources d'énergie complémentaires, d'origine renouvelable ou non du type éolien, hydraulique, groupe électrogène ou autres. Ces systèmes non raccordés au réseau sont conçus pour apporter avant tout un service aux utilisateurs. C'est pour cela que la notion de système photovoltaïque évoque l'ensemble des composants : production, stockage, gestion, conversion, distribution et utilisation. On peut distinguer les systèmes fonctionnant sans stockage (au fil du soleil) et les systèmes avec stockage par accumulateurs. [9]



**Figure I.4:** Structure d'un système PV non raccordés au réseau

## I.11 Les Eléments constituant un Système Photovoltaïque

### I. A Hacheur (DC/DC)

Le Hacheur parallèle permet de varier le courant fourni par une source de courant  $I$  dans un récepteur de tension  $U$ . Ce Hacheur est, constitué d'un interrupteur à ouverture commandée en parallèle avec le récepteur et d'un interrupteur à fermeture et ouverture spontanée entre la source et le récepteur. Il existe différents types de convertisseurs DC-DC: hacheur BUCK hacheur BOOSTA hacheur BUCK-BOOSTA, même il existe différentes topologie pour raccordé au réseau.

### I.A. 1 Topologie avec un Hacheur Rangé

L'utilisation de plusieurs étages de conversion peut améliorer le rendement de conversion et la fiabilité du système, selon, en dissociant les fonctionnalités de l'onduleur. Souvent présenté comme une solution intermédiaire entre l'onduleur "central" et de l'onduleur "rangée", le hacheur "rangée", aussi appelé convertisseur multi-string, utilise un hacheur en bout de chaque string du système PV Figure (I.5)

Le bus continu à l'avantage d'intégrer facilement un élément de stockage. De plus, l'utilisation d'un seul onduleur comme interface avec le réseau permet de réduire le Nombre d'interactions entre le réseau et l'installation PV. La participation de l'installation aux services systèmes est donc facilitée. Le MP PT se fait pour chaque string, ce qui limite l'influence des modules entre eux. Le montage reste évolutif, mais la continuité de service n'est pas assurée en cas de panne de l'onduleur. Par rapport à l'onduleur "rangée", les coûts seront probablement réduits car chaque hacheur n'a pas besoin d'intégrer les fonctionnalités de mesure et de surveillance de la tension et du courant réseau, le contrôle commande de la partie alternative et la détection de courant continu résiduel sur le réseau [10].

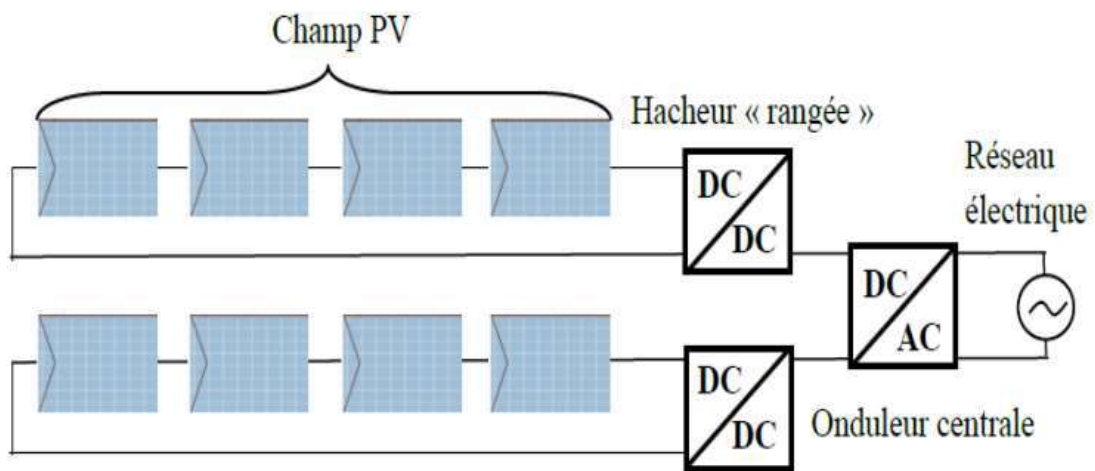


Figure I.5: Schéma Hacheur Rangé

### I.A. 2 Topologie avec un Hacheur Modulaire Parallèle

Dans cette configuration, l'hacheur n'est plus connecté à une chaîne de modules PV, mais directement à la sortie du module PV (figure I.6). Cette évolution garde tous les avantages du hacheur « rangée », tout en augmentant le niveau de discrétisation du MP PT. Ainsi, ce n'est plus une chaîne de modules PV qui fonctionne à son MP PT, mais chaque module PV. Un gain de productivité est donc à atteindre par rapport au hacheur « rangée ». De plus, cette discrétisation plus importante permet une surveillance plus fine et une détection des défauts

plus rapide.[3]

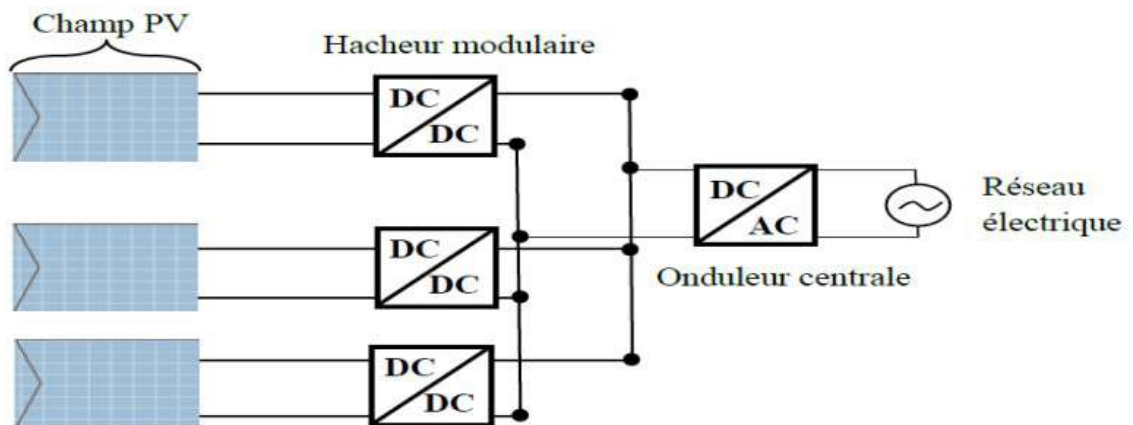


Figure I.6: Schéma Hacheur Modulaire Parallèle

### I.12 Topologies avec UN hachure modularize series

Un amélioration de la configuration précédente consiste à connecter en série les hacheur Figure (I.7) Cattle solution permet de grader l'avantage d'une discrétisation de la gestion de puissance et d'atteindre le niveau de tension requis pour un fonctionnement correct de l'interf Ace DC/AC. Anise, le rapport d'élevation de chaque hacheur est autant diminué que le nombre de hacheur en série est augmenté, et permet ainsi d'augmenter le rendement global. Cependant, cette structure reste fragile, notamment en cas de différence importante d'éclairement ou de température des surfaces des panneaux, qui se traduit le plus souvent par une dégradation des performances du générateur [11]

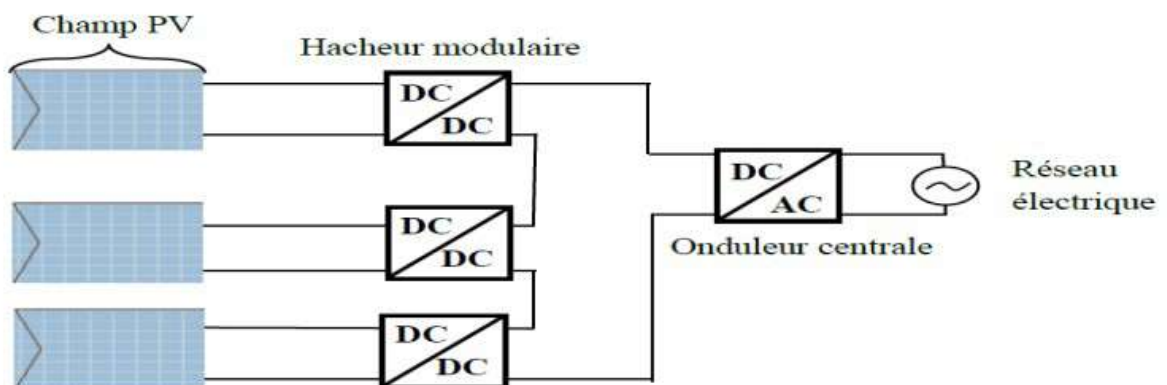


Figure I.7: Schéma Hacheur Modulaire Série

### I.13 Le Convertisseur DC/AC (Onduleur)

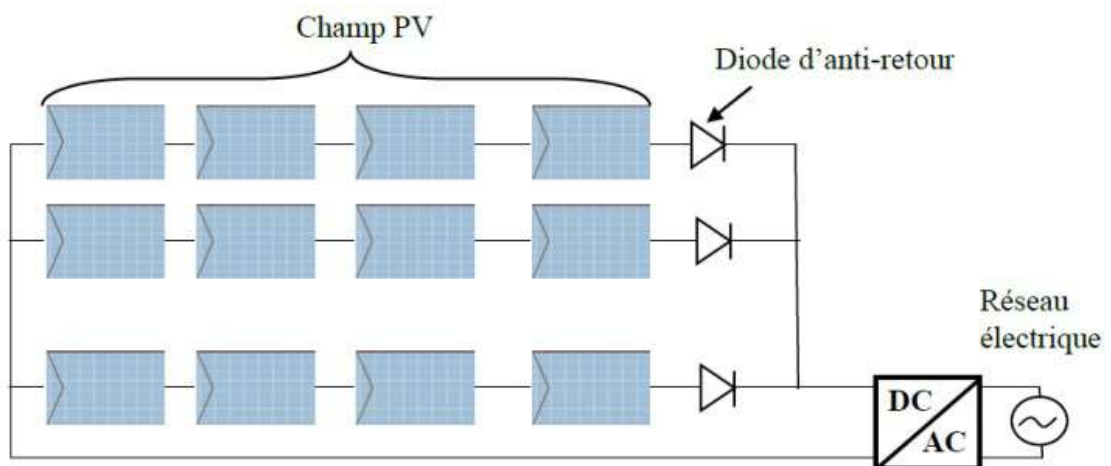
Les onduleurs sont des appareils servant à convertir la tension continue fournie par les panneaux ou batteries en tension alternative. L'onduleur couplé au réseau est utilisé pour les installations photovoltaïques. Il permet de transformer le courant continu, produit par les modules solaires, en un courant ondulé conforme à celui du réseau. Il adapte également le courant produit à la fréquence et à la tension du réseau. Dans les installations d'habitation, le courant solaire produit est d'abord utilisé par l'habitation elle-même, si le courant produit pour l'habitation est excédentaire, l'excédent est injecté dans le réseau.

L'installation d'un onduleur couplé au réseau électrique se fait avec l'accord de l'organisme de distributeur de l'énergie électrique. Pour des raisons de sécurité, un onduleur couplé au réseau doit constamment surveiller ces perturbations et interrompre immédiatement l'injection en cas de défaillance ou de coupure. Ceci est absolument nécessaire pour permettre une intervention sans danger sur le réseau. [12]

#### Onduleur Central

Un onduleur centralise de forte puissance transforme l'ensemble du courant continu produit par un champ de cellules solaires en courant alternatif. Le champ de cellules solaires est, en règle générale, constitué de plusieurs rangées connectées en parallèle.

Chaque rangée est elle-même constituée de plusieurs modules solaires connectés en série pour éviter les pertes dans les câbles et obtenir un rendement élevé, on connecte le plus possible de modules en série **Figure (I.8)**



**Figure I.8:** Schéma Onduleur central

L'avantage de la topologie « onduleur central » est sa simplicité de mise en œuvre: un seul onduleur connecté au champ photovoltaïque est nécessaire. De plus, l'onduleur central demande un faible coût d'investissement tout en permettant une maintenance simple. La

simplicité du montage permet également un meilleur rendement de la conversion de la tension. En effet, la mise en série de plusieurs modules permet d'obtenir un rapport de transformation faible, ce qui augmente le rendement du convertisseur. Par contre ce montage présente plusieurs défauts: - Pertes de conversion solaire (un seul MP PT pour un ensemble de modules).

- Pertes et risques électriques dans le câblage DC - Aucune évolutivité. - Aucune continuité de service en cas de panne de l'onduleur. Malgré les nombreux défauts de cette configuration, cette solution reste très employée dans les centrales PV au sol de forte puissance. [13]

### I.14 Onduleurs Strings

L'onduleur String est le plus utilisé. Le plus souvent, huit (ou plus) de modules solaires sont connectés en série. Comme une seule connexion série est nécessaire, les coûts d'installation sont réduits. Il est important de noter qu'en cas d'ombrage partiel des modules solaires, il n'y a pas de perte, l'emploi de diodes de by-pass est fortement recommandé.[14]

Les installations jusqu'à 3 Kilowatt de puissance sont fréquemment réalisées avec un onduleur String. Pour une puissance plus élevée, il est possible de connecter plusieurs onduleurs String en parallèle, côté courant alternatif. L'intérêt dans ce concept est d'utiliser un plus grand nombre d'onduleurs du même type. Cela réduit les coûts de production et apporte un intérêt supplémentaire: si un onduleur tombe en panne, seule la production de la rangée concernée est défaillante.

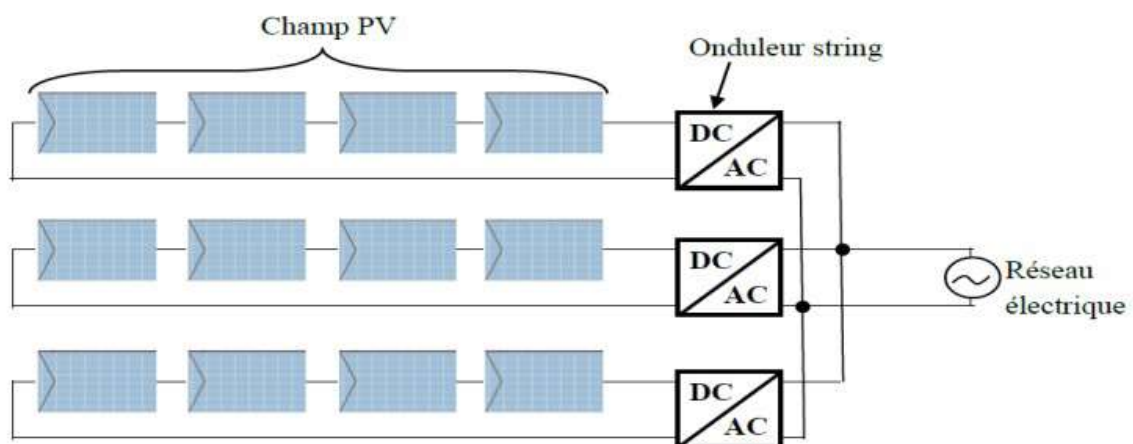


Figure I.9: Schéma Onduleur strings



### I.15 Onduleurs Modulaires

Suivant ce concept, chaque module solaire dispose d'un onduleur individuel (par ex. Saladin 150 de Master volt). Pour les installations plus importantes, tous les onduleurs sont connectés en parallèle côté courant alternatif. Les onduleurs modulaires sont montés à proximité immédiate du module solaire correspondant.[15]

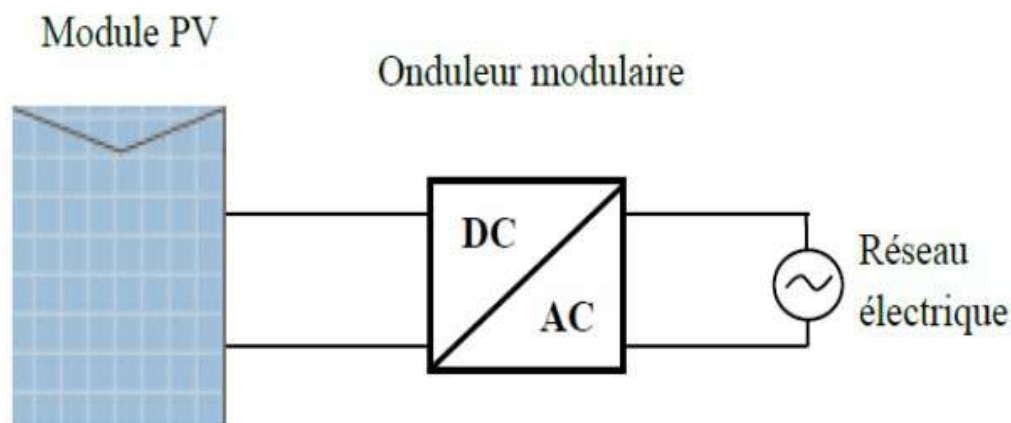


Figure I.10: Schéma Onduleur modulaires

La comparaison entre les différentes architectures d'onduleurs cités précédemment indiqué sur le Tableau (I.1) qu'il présente les caractéristiques techniques de chaque topologie. [16]

Tableau I.1: Caractéristiques techniques des différentes topologies d'onduleur

Caractéristiques	Onduleur central	Onduleur string	Onduleur Intègre
Tension p v	340-800V	150-800V	17-90V
Pertes ohmiques (DC)	1+5% selon la tension et la distance	1% selon la tension et la distance	Négligeable
Rendement conversion	95-97%	92-96%	87-93%
Maintenance	Simple	Difficile	Difficile

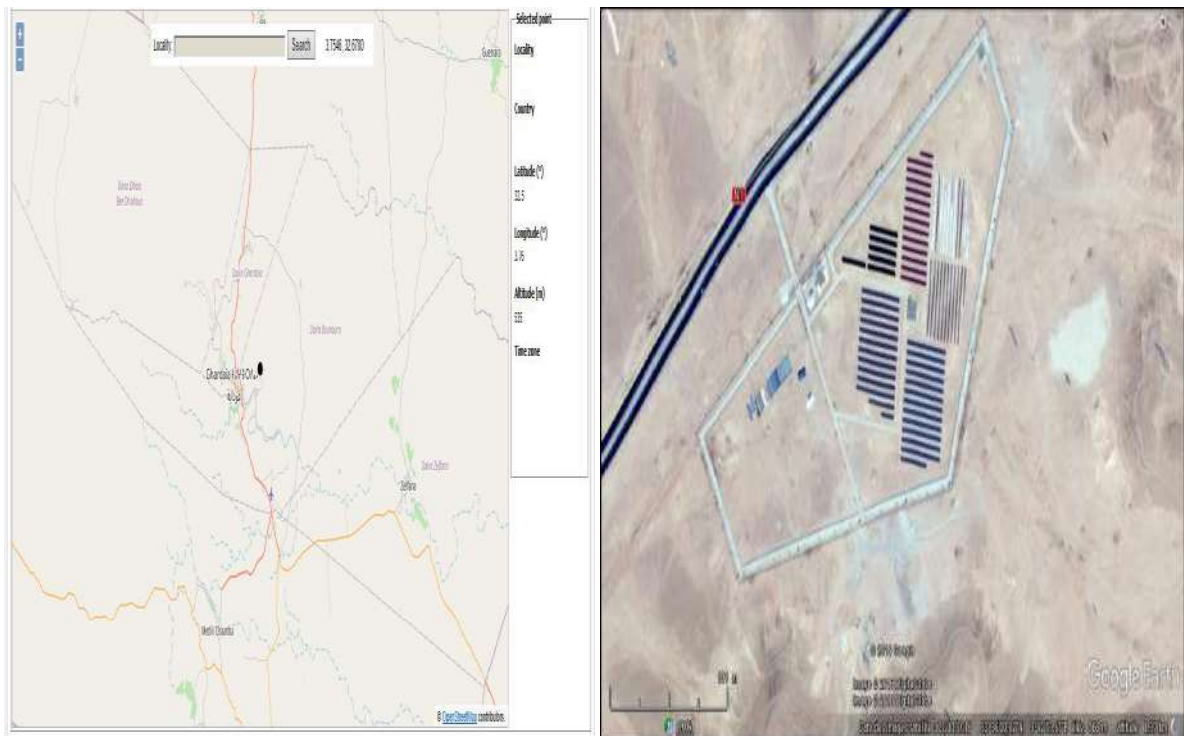
### I.16 Présentation de la centrale photovoltaïque de Ghardaïa

La centrale est localisé près du village de Oued N' échoue située à environ 15 km au Nord de la ville de Ghardaïa, à une latitude de 32°24'N et une longitude de 3°48'E avec une altitude de 450 m .La surface du terrain abritant la centrale est environs 10 hectares. Cette assiette es limitée au nord et à l'ouest par la route nationale N°01, au Sud et à l'est par un terrain vague.



La centrale est réalisée en 2014 par S.P.E. «Société Algérienne de production de l'électricité». Oued N'échoué est caractérisé par une irradiation solaire qui atteint en été des valeurs d'ordre de 900 à 1000 W/m<sup>2</sup> et un climat saharien dont les conditions climatiques sont très sévères vu la température levée et les tempêtes de sable auxquelles les régions de sud sont soumises.[1] La centrale est d'une puissance nominale d'environ 1100 k W c (kW crête), répartie comme suit, voir figure (I.11)

- ❖ Sous champ 105 K WC en silicium monocristallin structure fixe.
- ❖ Sous champ 98.7 K WC en silicium poly cristallin structure fixe.
- ❖ Sous champ 105 K WC en silicium monocristallin structure motorisée.
- ❖ Sous champ 98.7 K WC en silicium poly cristallin structure motorisée.
- ❖ Sous champ 100.8 K WC en couche minces (Tellure de cadmium Cd-Te) structure fixe.
- ❖ Sous champ 100.11 K WC en silicium amorphe structure fixe
- ❖ Sous champ 255 K WC en silicium monocristallin structure fixe.
- ❖ Sous champ 258.5 K WC en silicium poly cristallin structure fixe.[1]



**Figure I.11:** Plan de situation de la centrale Oued N'échoué Ghardaïa [1]

### I.17 Description technique de la centrale

Type d'installation centrale en panneaux photovoltaïques. -Puissance nominale crête : 1100KWc. -Nombre de panneaux photovoltaïques : environ 150 -Tension de sortie : 30KV. -Energie primaire utilisée : Energie photovoltaïque (lumière du soleil). -Energie de secours le cas échéant : 250KVA maximum pour le système auxiliaire pendant la nuit ou en absence du soleil. -Source d'énergie à utiliser Energie supplie Will Besed l'énergie des systèmes auxiliaires est produite par la centrale elle-même. Pendant la nuit ou en absence du soleil ; l'énergie pour ces systèmes est prise du réseau de distribution moyenne tension. Dans le cas de black-out ; il est utilisé un système de + groupe électrogène.

### I.18 Panneaux photovoltaïques qui sont installés à Ghardaïa





Dans la centrale de Ghardaïa (4) quatre différents types de panneaux sont utilisés: panneaux en silicium amorphe, A-Si (100.11kW):Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, mais leur rendement n'est que 5 à 8% actuellement. A Ghardaïa les panneaux en couche mince sont de marque SCHOTT PROTET, modèle ASSI 103.

Panneaux en couches minces, tellurure de cadmium Cd-Te (100.8kW):Les modules photovoltaïques à couches minces, comme Cd-Te (tellurure de cadmium) permettent le captage de différentes fréquences du spectre lumineux, ils ont un rendement de 11.1%. A Ghardaïa les panneaux en couche mince sont de marque FIRST SOLARI, modèle FS-380.Panneaux fixe et motorisée en silicium monocristallin (465kW): Les cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal. Elles ont un rendement de 13 à 17%. A Ghardaïa les panneaux monocristallins sont de marque AVERSA, modèle A-250P.

panneaux fixe et motorisée en silicium poly cristallin (455.9kW) Les cellules poly-cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Elles ont un rendement de 12 à 14%.A Ghardaïa les panneaux monocristallins sont de marque AVERSA, modèle A-235P. En plus de la production de l'électricité photovoltaïque cette variété a pour but d'analysez om portement de différents équipement et technologies photovoltaïques dans l'environnement du Sud algérien .Notre étude dans les chapitres suivants sera centrée sur les deux sous champs: monocristallin fixe255KW cet poly cristallin fixe258.5KWc .Le tableau (I:1) présente les caractéristiques principales des panneaux de la centrale PV de Ghardaïa:[17]

## I.19 Présentation de la centrale photovoltaïque de Ghardaïa [1]

Tableau I.2: Caractéristiques principales des panneau

	 silicium monocristallin	 silicium poly-cristallin	 silicium amorphe	 Cd-Te couche mince
Puissance de crête	250 W	235 W	103 W	80 W
Rendement du module	15.35%	14.43%	7.1%	11.1 %
Tension max (V <sub>mp</sub> )	29.53 V	29.04 V	30.4 V	48.5 V
Intensité max (I <sub>mp</sub> )	8.45 A	8.10 A	3.39 A	1.65 A
Tension circuit ouvert	37.6 V	36.94 V	41.1 V	60.8 V
Courant de court-circuit	8.91 A	8.64 A	4.00 A	1.88 A
Tension max du système	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V

## I. 20 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur les différents composants de la centrale de Ghardaïa .cette centrale était réalisé en vue de pouvoir évaluer le rendement énergétique des différents technologies installées de fabrication des cellules photovoltaïque à savoir silicium poly cristallin; silicium monocristallin ; couche minces (Tellurure de cadmium Cd-Te) ; silicium amorphe.



## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous concentrerons spécialement sur la simulation de l'installation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique par le logiciel PVSYST à savoir la centrale du village de Oued N'échoue de la ville de Ghardaïa.

PVSYST est un logiciel spécialisé de dimensionnement d'installations photovoltaïques, développé par l'Université de Genève, en vue de représenter ce logiciel avec toutes les options caractéristiques. Après avoir exposé théoriquement les caractéristiques spécifiques de cette région, nous utilisons le logiciel PVSYST dans le but de valoriser le gisement solaire de la région.

## II.2 Présentation de la Logiciel PVSYST

PVSYST est un logiciel conçu pour être utilisé *par les architectes*, les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet. PVSYST permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles. [18]

Le logiciel PVSYST permet de :

- Pré-dimensionnement

- Estimation rapide de la production pour une première étude de vos installations.

- Conception de projet
- Étude détaillée, dimensionnement et simulation horaire, résultats dans un rapport complet imprimable
- Données météo (importation de diverses sources, génération synthétique, ...)
- Base de données de composante (module PV, onduleur, batteries, pompes, etc.)
- Outils didactiques, (géométrie solaire, optimisation de l'orientation, comportement électrique de champs PV avec cambrage).
- Analyse de données réelles mesurées (avancé). [19]

## II.3 Les Options de logiciel PVSYST

Il y a quatre (04) options caractérisant le logiciel PVSYST: pré-dimensionnement, Conception du Projet, Bases de Données, Outils.

## II.4 pré-dimensionnement

C'est l'étape qui préside d'un projet. Dans ce mode, les évaluations de rendement du système sont effectuées très rapidement dans les valeurs mensuelles, en utilisant seulement un très peu de caractéristiques ou de paramètres généraux du système, sans spécifier les composants du système réel. Une estimation approximative du coût du système est également disponible. Pour les systèmes connectés au réseau, et en particulier pour la construction de l'intégration, ce niveau sera l'architecte orienté, ce qui nécessite des informations sur la surface disponible, la technologie photovoltaïque (couleurs, transparence, etc. ....), la puissance requise ou

investissement souhaité. Pour les systèmes autonomes cet outil permet à la taille de la capacité de puissance de PV et la batterie nécessaire, compte tenu du profil de charge et la probabilité que l'utilisateur ne sera pas satisfaite ("perte de charge", ou de manière équivalente la "fraction solaire" souhaitée). Pour les systèmes de pompage, les besoins en eau et profondeur et en précisant certaines options techniques générales, cet outil évalue la puissance de la pompe et taille du tableau PV nécessaire. Comme pour les systèmes autonomes, ce dimensionnement peut être effectué selon une probabilité donnée que les besoins en eau ne sont pas respectés au cours de l'année.

## II.5 Conception du Projet

Il vise à réaliser une conception approfondie du système en utilisant des simulations horaires détaillés. Dans le cadre d'un « projet », l'utilisateur peut effectuer différents essais de simulation du système et de les comparer. Il doit définir l'orientation du plan (avec la possibilité de suivre des plans ou un hangar de montage), et de choisir les composants spécifiques du système. Il est assisté dans la conception du réseau de PV (nombre de modules PV en série et parallèle), étant donné un modèle d'onduleur choisi, la batterie ou de la pompe. Dans une deuxième étape, l'utilisateur peut spécifier des paramètres plus détaillés et analyser les effets fins comme comportement thermique, le câblage, la qualité du module, inadéquation et l'angle d'incidence des pertes, l'horizon (loin ombrage), ou ombrages partiels d'objets près de la baie, un etc. ....

Pour les systèmes de pompage, plusieurs conceptions de système peuvent être testés et comparés les uns aux autres, avec une analyse détaillée des comportements et de l'efficacité. Les résultats comprennent plusieurs dizaines de variables de simulation, qui peuvent être dans les valeurs mensuelles, quotidiennes ou horaires, et même transférés à d'autres logiciels. La "perte Diagramme" est particulièrement utile pour identifier les faiblesses de la conception du système. Un rapport d'ingénieur peut être imprimé pour chaque exécution de la simulation, y compris tous les paramètres utilisés pour la simulation, et les principaux résultats. Une évaluation économique détaillée peut être effectuée en utilisant les prix des composants réels, les coûts supplémentaires et les conditions d'investissement.

## II.6 Bases de Données

La gestion des bases - pour données et PV composants météorologiques. Création et gestion de sites géographiques, la génération et la visualisation des données météorologiques horaires, l'importation de données météorologiques à partir de plusieurs sources prédéfinies ou à partir

de fichiers ASCII personnalisés. La gestion de base de données des fabricants et des composants PV, y compris les modules Photovoltaïques, onduleurs, régulateurs, générateurs, pompes, etc.....

## II.7 Outils

Mesure analyse des données: quand un système PV est en cours d'exécution et soigneusement surveillé, cette partie (situé dans les "Outils" partie) permet l'importation de données mesurées (dans presque tous les formats ASCII), pour afficher les tableaux et graphiques des performances réelles, et pour effectuer des comparaisons étroites avec les variables simulées. Cela donne un moyen d'analyser les paramètres réels de fonctionnement du système, et d'identifier, même très petites irrégularités. Sont inclus également quelques outils spécifiques utiles lorsqu'ils traitent avec des systèmes d'énergie solaire : tableaux et graphiques de données météo ou des paramètres de géométrie solaire, l'irradiation sous un modèle de temps clair, le comportement PV- Raray sous ombrages partiels ou module de décalage, des outils optimisant pour l'orientation ou de la tension, etc. La cure se définit comme l'ensemble des traitements appliqués au béton pour éviter le départ prématuré de l'eau (la dessiccation) au cours des premières heures de durcissement.

## II.8 Présentation de Projet

La simulation de système étudié était réalisée par le logiciel PVSYST, qui est une logicieldonne la meilleure configuration en lui spécifiant la puissance nominale installée, le type d'onduleur et de pratiquement tous les fabricants de module panneaux PV utilisés. Dans ce projet, nous avons présenté une installation PV injecté au réseau pour alimente site DEIFEL wilaya Ghardaïa ,Les données météorologiques fournies par PVSYST pour ce site sont des données synthétisées par un modèle mathématique avec comme données de base les valeurs moyennes mensuelles de la radiation, Donc pour mener cette simulation, nous avons puisé les données de la base de PVSYST. en vue de déterminer le comportement de ce système a base de données géographiques ainsi les paramètres techniques de différents composants pour le dimensionnement de système PV injecté au réseau.

## II. 9 l'orientation des panneaux

La position des modules photovoltaïques par rapport au soleil influe directement sur leur production énergétique. IL est très important de bien les placer pour les utiliser au maximum de leur possibilité. On appelle orientation, le point cardinal vers lequel est tournée la face active du panneau (Sud, Nord, Sud-ouest...), L'inclinaison indique l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal , elle se compte donc en degrés. L'orientation idéale d'un panneau photovoltaïque obéit à une règle qui consiste à l'orienter vers l'équateur. Ce qui donne l'orientation vers le sud dans l'hémisphère nord ou vers le nord dans l'hémisphère sud. En ce



qui concerne l'inclinaison, on tiendra compte de la période de l'année la moins ensoleillée pour optimiser la production de l'énergie. Les panneaux doivent donc récupérer l'énergie d'un soleil dont la hauteur est faible. [1] nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison  $32^\circ$  (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure (II.1) c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST, avec l'orientation plein sud (inclinaison et azimut du panneau) et l'optimisation par rapport annuelle, avec tous les pertes ont négligentes. On définit Le facteur Transposition qu'il est le rapport de l'irradiation incidente (Globine) sur le plan, à l'irradiation horizontale (GlobHor). C'est à dire, Ce que vous gagnez (ou en vrac) lors de l'inclinaison du plan du capteur, pour notre système  $F_t = 1,07$

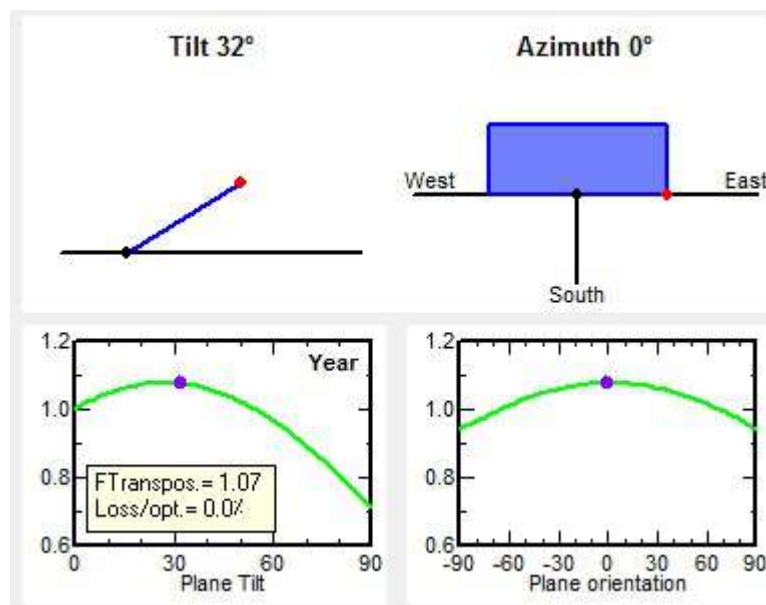
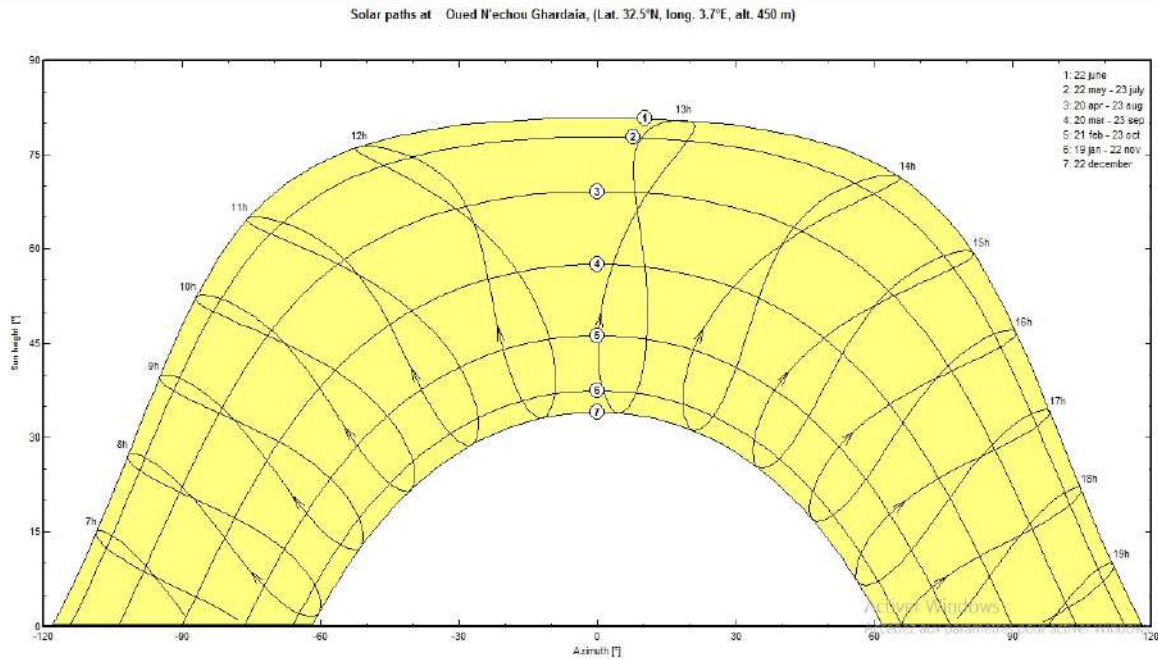


Figure (II. 1) Angle D'orientation

**II.10 Hauteur du soleil** La définition d'un profil de l'horizon est une opération très simple avec l'outil graphique PVSYST. L'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur points d'azimut. L'angle de la hauteur du soleil c'est l'angle compris entre la direction du soleil et le plan horizontal varie de « $0^\circ$  à  $90^\circ$ » vers le zénith et de « $0^\circ$  vers  $-90^\circ$ » vers le nadir.





**Figure II .2: Horizon du Oued N'échoue Ghardaïa**

## II.11 Simulation d'un système photovoltaïque couplé au réseau

Plusieurs paramètres sont nécessaires pour construire un système PV connecté au réseau afin de réaliser le dimensionnement et la configuration de système de production et de conversion

d'énergie, la figure « II.3 » montre le schéma simplifié de notre système photovoltaïque couplé au réseau. Ce système se divise en trois parties: ✓Partie photovoltaïque (panneau) ✓Système (convertisseur continu/ alternative, onduleur) ✓Réseau électrique. Le nombre de modules PV dont on a besoin pour générer cette énergie, des convertisseurs de courant continu est connecté au générateur photovoltaïque par adapter sa tension aux bornes par le moyen d' une technique M P PT en contrôlant son cycle de travail de commutation. Un onduleur triphasé est ensuite connecté pour effectuer la conversion de puissance de la sortie de l'onduleur en une puissance alternative pouvant être injectée dans le réseau. Un transformateur d'interfaçage est connecté après le filtre pour augmenter la tension alternative de sortie de l'onduleur afin de l'adapter au niveau de tension du réseau.

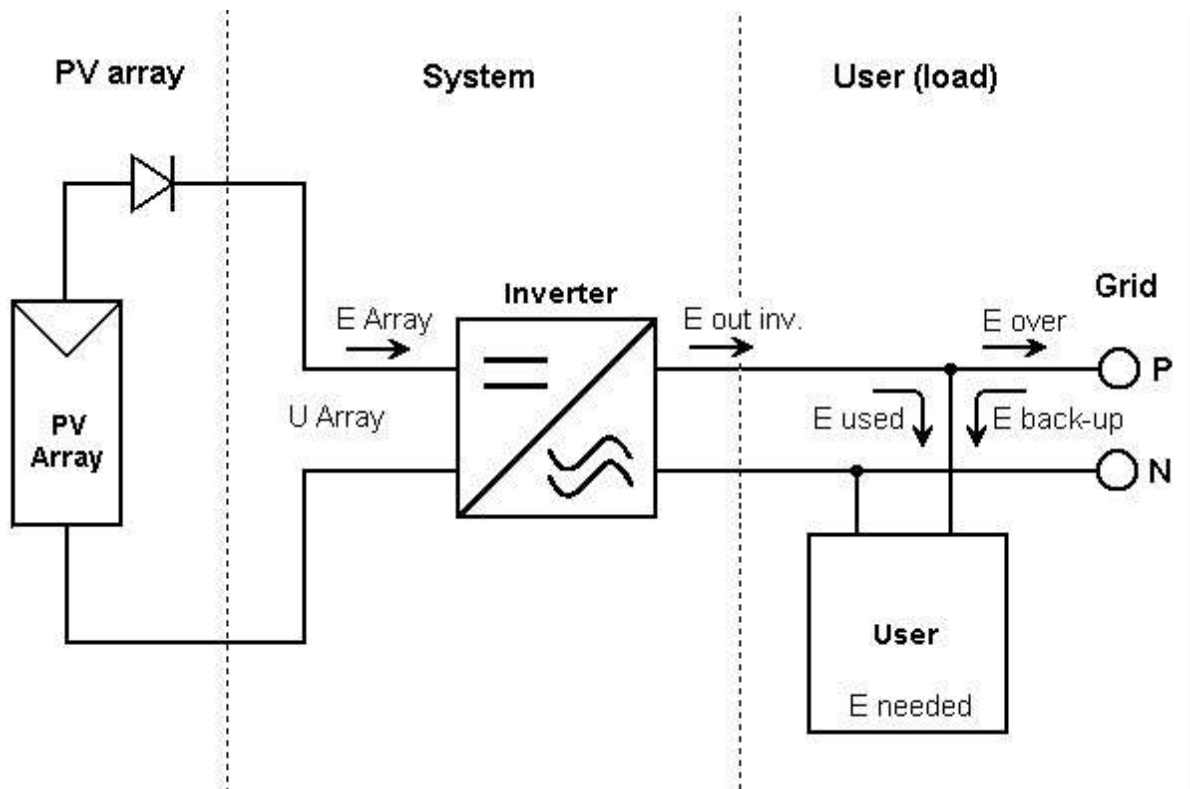


Figure II .3: Schéma Simplifia système photovoltaïque couplé au réseau

## II.12 Simulation Centrale PV dans La Région

Oued N'échoue Ghardaïa **Par PVSYST** :Le dimensionnement du système est basé sur une procédure simple et rapide, on dé termine les paramètres techniques des modules PV et de convertisseur pour injecté un générateur PV, sans batterie au réseau électrique ,dans le site Oued N'échoue Ghardaïa , et de puissance est estimée à«50 MW h» , avec superficie égale à «100 Hectares», comme illustre la Figure « II.4».nous avons choisi des modules de «31V/250Wp en Silicium Poly cristallin», la marque de YL250P\_29b (since2015 ,Manufactura», et un convertisseur d'énergie de 250[KW], de fréquence de50[Hz], à une voltage de intervalle de «450\_820V», la marque «Sonny central 250CP XP ,Sinc 2015 par la suite en déduire cette dimensionnement de notre système et retrouver les

**Sub-array**

**Sub-array name and Orientation**  
 Name: PV Array  
 Orient: Fixed Tilted Plane  
 Tilt: 32°  
 Azimuth: 0°

**Pre-sizing Help**  
 No sizing  
 Enter planned power: 1100.0 kWp  
 ... or available area(modules): 7144 m<sup>2</sup>  
 Resize

**Select the PV module**  
 Available Now: [v] Filter: All PV modules [v] Approx. needed modules: 4400  
 Yingli Solar [v] 250 Wp 25V Si-poly YL250P-29b Since 2015 Manufacturer 2015 [v] Open  
 Use optimizer  
 Sizing voltages : Vmpp (60°C) 25.6 V  
 Voc (-10°C) 42.1 V

**Select the inverter**  
 Available Now: [v] Output voltage 400 V Tri 50Hz  
 SMA [v] 100 kW 570 - 1000 V TL 50/60 Hz Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 Since 2019 [v] Open  
 Nb. of inverters: 8  
 Operating voltage: 570-1000 V Global Inverter's power: 800 kWac  
 Input maximum voltage: 1000 V  
 50 Hz  
 60 Hz

**Design the array**

**Number of modules and strings**  
 Mod. in series: 23 [v] only possibility 23 [v]  
 Nb. strings: 150 [v] between 139 and 191 [v]  
 Overload loss: 0.0 %  
 Pnom ratio: 1.08 [v] Show sizing [v]  
 Nb. modules: 3450 Area: 5601 m<sup>2</sup>

**Operating conditions**  
 Vmpp (60°C): 590 V  
 Vmpp (20°C): 709 V  
 Voc (-10°C): 968 V  
 Plane irradiance: 1000 W/m<sup>2</sup>  
 Impp (STC): 1242 A  
 Isc (STC): 1326 A  
 Isc (at STC): 1326 A  
 Max. in data  
 STC  
 Max. operating power (at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C): 770 kW  
 Array nom. Power (STC): 863 kWp

**Figure II. 4:** Configuration globale du système

On note que le PVSYS proposera une configuration de modules / système permettant de réaliser une première simulation préliminaire. Le logiciel inclut un système de code d'erreurs ou d'avertissement coloré s'il y a une incohérence, une erreur, ou un avertissement, nous en serons informé dans la fenêtre correspondant.

### II.13 Caractéristiques de Module PV

Concernant les modules PV, donne les caractéristiques techniques du module PV de type triphasé en fonction des températures ambiantes et du rayonnement solaire. Il est indiqué que la puissance développée par le module dépend proportionnellement aux valeurs de rayonnement solaire, contrairement aux valeurs des températures ambiantes du site. Il en est de même pour la tension et l'intensité du panneau, et par conséquent de l'efficacité du panneau et des champs PV, montre les caractéristiques techniques du module PV

Model	YL250P-29b		Manufacturer	Yingli Solar	
File name	Yingli_YL250P-29b_2015.PAN		Data source	Manufacturer 2015	
	Original PVsyst database			Prod. Since 2015	

**Nom. Power** (at STC)  Wp Tol. -/+   %  
 Technology

Manufacturer specifications or other measurements			
Reference conditions	GRef	<input type="text" value="1000"/> W/m <sup>2</sup>	TRef <input type="text" value="25"/> °C
Short-circuit current	Isc	<input type="text" value="8.840"/> A	Open circuit Voc <input type="text" value="37.70"/> V
Max Power Point	Impp	<input type="text" value="8.270"/> A	Vmpp <input type="text" value="30.20"/> V
Temperature coefficient	muIsc	<input type="text" value="3.7"/> mA/°C	<b>Nb cells 60 in series</b>
	or muIsc	<input type="text" value="0.042"/> %/°C	

Model summary	
<b>Main parameters</b>	
<b>R shunt</b>	<b>225 Ω</b>
Rsh(G=0)	734 Ω
<b>R serie model</b>	<b>0.37 Ω</b>
R serie max.	0.41 Ω
R serie apparent	0.54 Ω
<b>Model parameters</b>	
Gamma	0.967
IoRef	0.09 nA
muVoc	-127 mV/°C
muPMax fixed	-0.43 /°C

Internal model result tool			
Operating conditions	GOper	<input type="text" value="1000"/> W/m <sup>2</sup>	TOper <input type="text" value="25"/> °C
Max Power Point	Pmpp	<b>249.7</b> W	Temper. coeff.
Current	Impp	<b>8.28</b> A	Voltage Vmpp
Short-circuit current	Isc	<b>8.84</b> A	Open circuit Voc
Efficiency	/ Cells area	<b>17.11</b> %	/ Module area
			<b>15.38</b> %

Figure II.5:Caractéristiques de Module PV

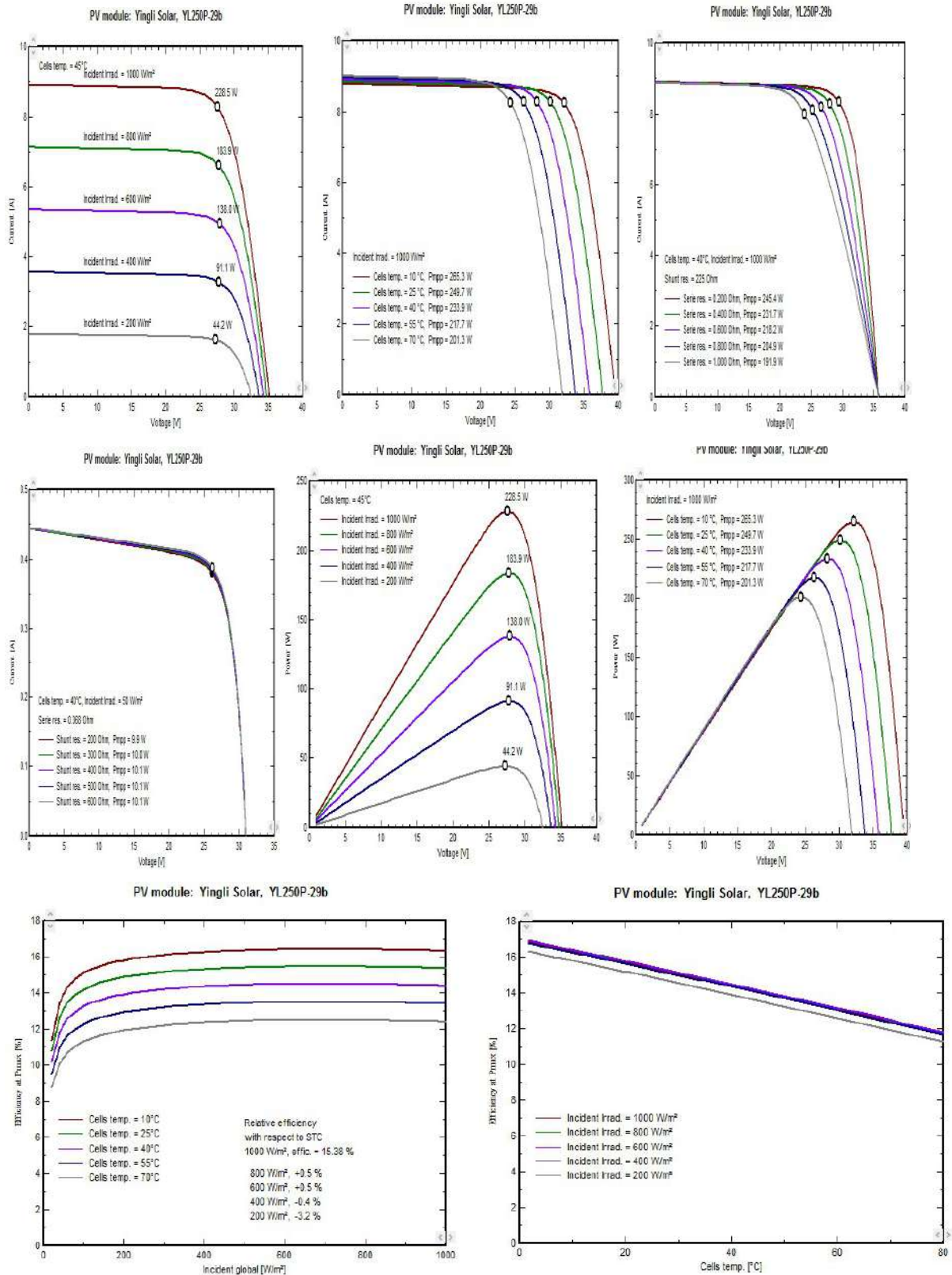


Figure II.6: Caractéristiques Techniques du Module PV Choisi (courbe)



### II.14 Caractéristique de l'onduleur

L'onduleur choisi pour l'ensemble onduleurs de type PV8M291 (250 kW) peuvent caractériser des paramètres indiqués dans la figure: (II.7)

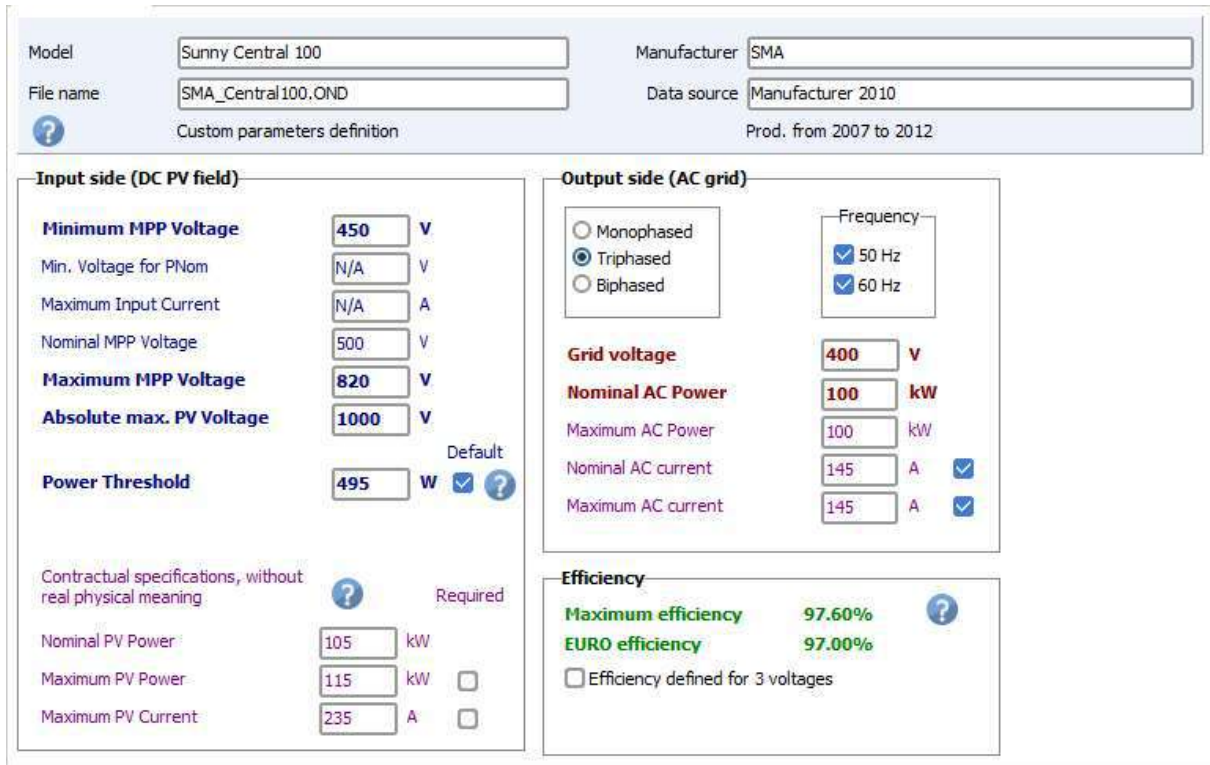


Figure II.7: Caractéristiques Techniques de l'onduleur

On retrouve les paramètres de l'onduleur dans le tableau «II.1» avec un rendement (97.60%) de plage de tension MP PT (450-820V) et de fréquence 50 [HZ]

Tableau II.1: Les Paramètres d'entrée et sortie

	Puissance maximale	Tension maximale	Courant maximale
Les paramètres d'entrée	150 KW	1000V	151A
Les paramètres de sortie	100KW	400V	144A

### II.15 Boite de jonction (ou de raccordement)

La boîte de jonction (ou de raccordement) est le siège des connexions pour le câblage photovoltaïque. Les chaînes de panneaux sont raccordées en parallèle dans la boîte

qui se trouve à côté de la structure porteuse ou directement fixée sur celle-ci. Telle boîte peut recevoir jusqu'à un maximum de 8 séries. Elle contient: les bornes de chaque chaîne du sous-champ (1). Un interrupteur-sectionneur (ou un disjoncteur) (2). Un fusible pour chaque série de modules photovoltaïques et pour chaque polarité (3). Un parafoudre (4). Une interface de connexion entre modules PV et boîte de raccordement(5). Une interface de connexion avec le tableau parallèle (6). Un transducteur pour la mesure de la tension des chaînes (8). Un transducteur pour la mesure du courant (9). Une carte entrée et sortie de système contrôle DCS (7,10). [3]

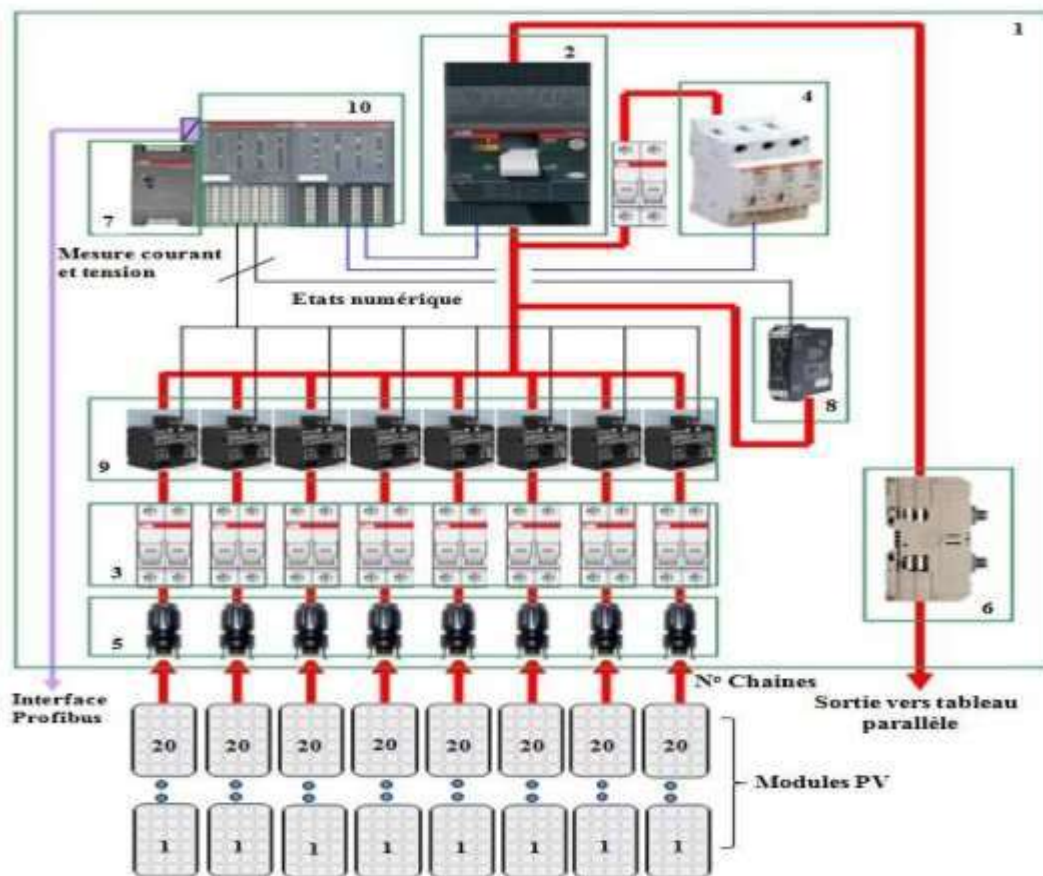


Figure II.8 : Schéma en blocs de la boîte de raccordement

## II.16 Résultat de La Simulation Par PV SYST

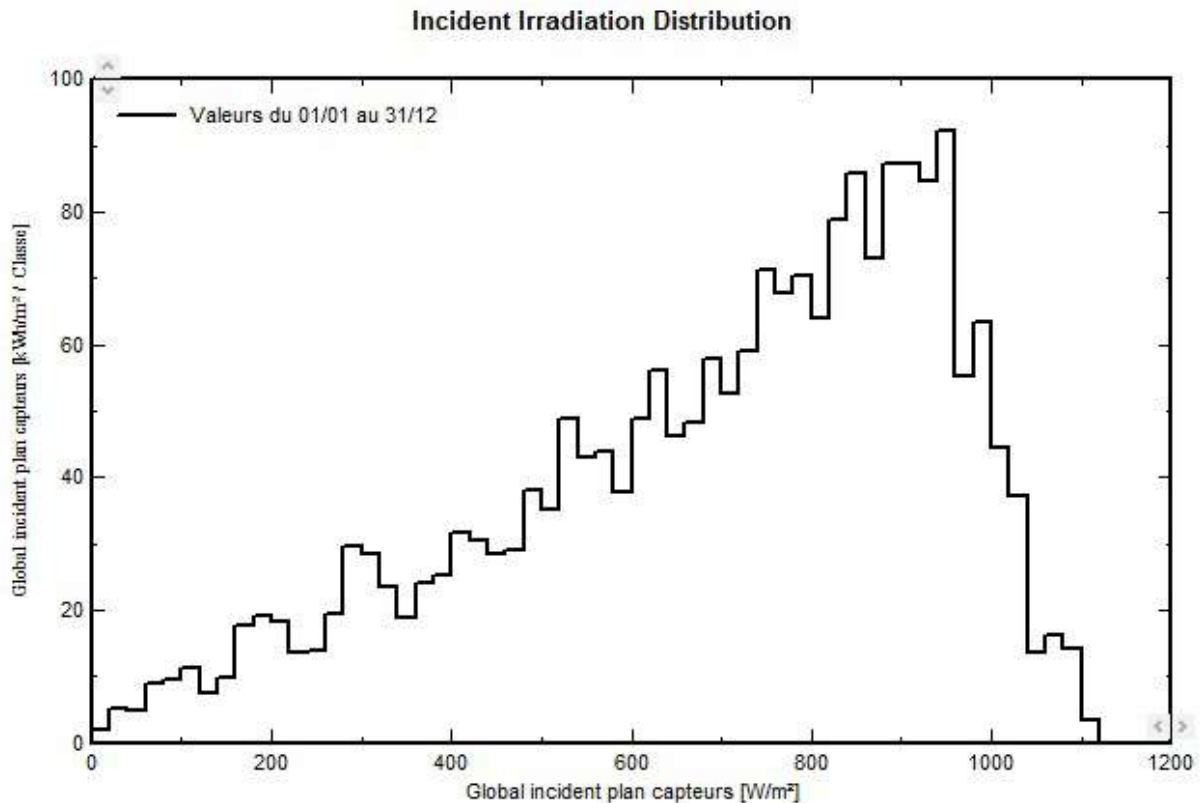
Tableau II.2: Résultat de la simulation par PV SYST

Module	PV Si-poly	Modèle YL250P_29b
nombre de modules PV	en série 23 module 23x150=3450 unts	en parallèle 4400 chaînes
Puissance globale du champ	1100 KW	980KW
font du champ (à 50°C)	u m pp 621v	Impp1242A
Surface totale	Surfacemodules 7140m <sup>2</sup>	surface cellule 6413 m <sup>2</sup>
énergie annuelle produit	84143 KWh/an	Le rendement global de l'installation 76,95%

## II.17 Distribution de l'irradiation incidente

la figure «II.9» illustre l'irradiation solaire incident des panneaux PV, et leur production journalière, suivant le temps d'ensoleillement et la hauteur du soleil. On remarque que l'irradiation globale horizontale est estimée à **1959** (KWh/ m<sup>2</sup>), et de **15.38%** pour le global incident et une perte de 2.28% dû au facteur de masse d'air (I AM) l'irradiation de **2155.46** (KWh/ m<sup>2</sup>) d'où la valeur totale effective sur la surface de **7140**(m<sup>2</sup>). Qui suit la distribution du rayonnement incident connaît son pic max pouvant atteindre une valeur maximale proche de **90**(KWh/ m<sup>2</sup>) à une valeur de rayonnement solaire de **950** (W/ m<sup>2</sup>).





**Figure II.9:**Distribution de l'irradiation incidente

### II.18 Distribution de la puissance du champ PV

On voit dans la figure «II.10» la puissance effective annuelle produite par le champ PV pouvant atteindre de **588900(KWh)** ou **588,900 ( M Wh )**, aussi la valeur de pic de puissance de **(5500KWh/ m<sup>2</sup>)**, nous remarquons 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. Cela est dû à des pertes globales variables dépendant de la qualité des modules, en particulier, les pertes mismatch, les pertes ohmiques de câblage qui dues à la température et influencent fortement sur la production de smog du les. Aussi, Ces pertes ohmiques de câblage du esquive au d 'irradiante ,qui varient suivant lerayonnement global reçu, et l'éclairement, on remarque que la une valeur de **1.0 %**

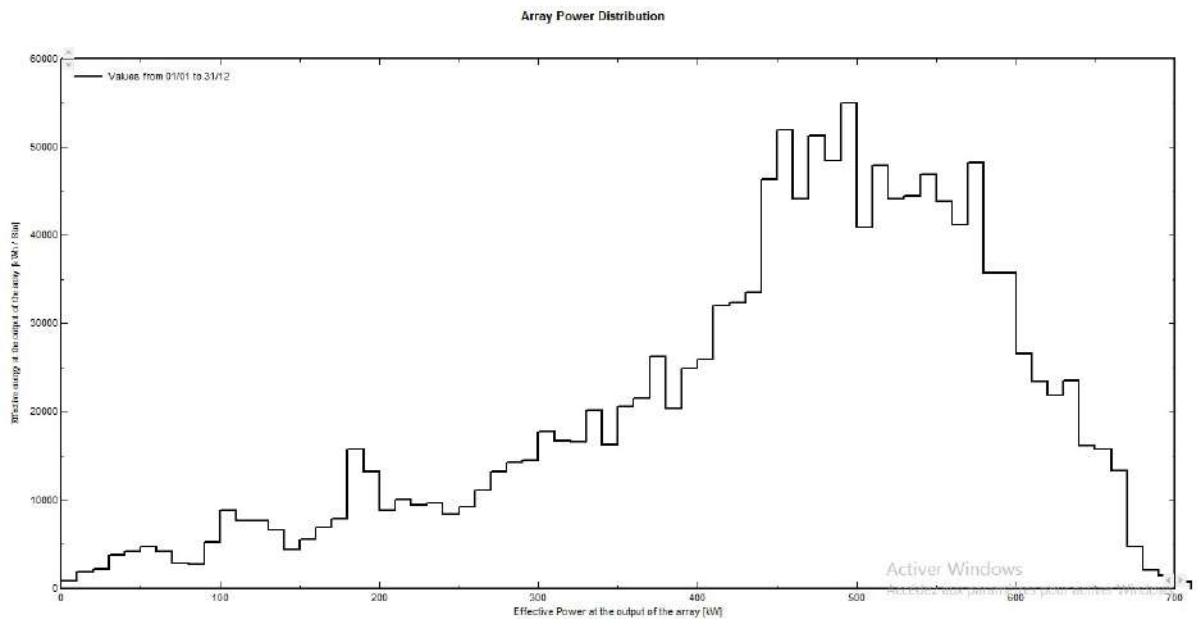


Figure II.10: Distribution de la puissance du champ PV

### II. 19 Puissance convertie à la sortie de l'onduleur

la puissance à la sortie du champ passe par un onduleur pour convertie le courant continu en courant alternatif avec un taux de perte d'onduleur de 0.0% passant de valeur de 1470876(KWh) vers la valeur de 588900 (KWh) à la sortie du convertisseur. la figure «II.11» illustre Le signal de pertes avec un pic de 60000 (KWh).

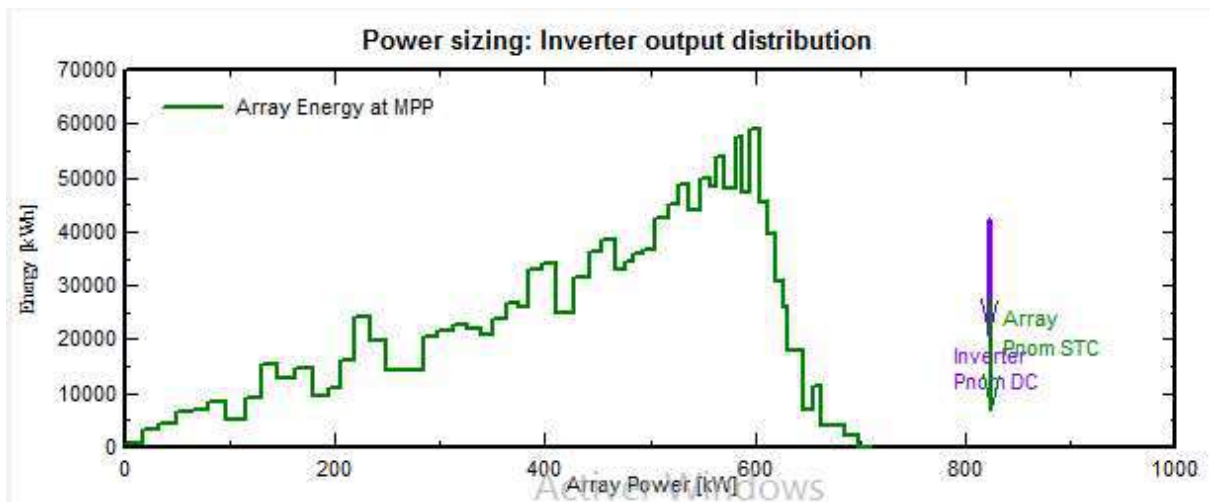
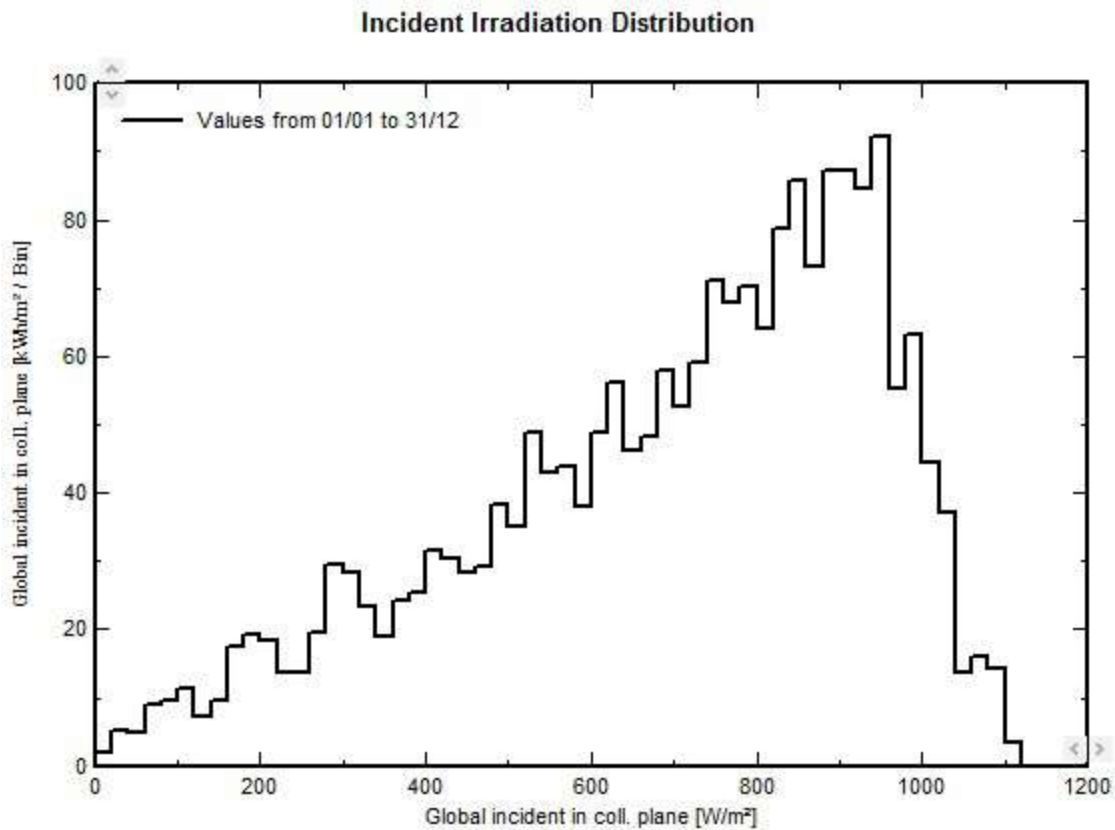


Figure II.11: Distribution de la sortie de l'onduleur

### II.20 Puissance à la sortie du système

A partir de la Figure (II.12) nous avons vu que les puissances en sortie de l'onduleur avec le point de puissance MPP maximum du courant continu produit par le champ photoélectrique,

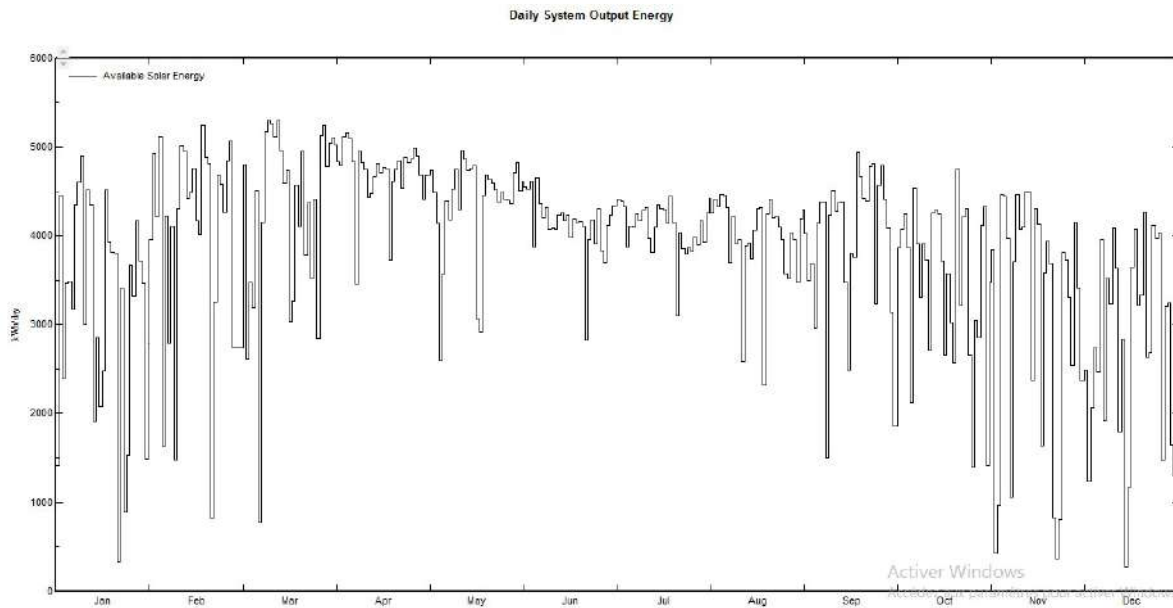
et la puissance convertie en courant alternatif sont différentes, de sorte qu'ils sont capables de visualiser la puissance crête produite  $90 \text{ kWh} / \text{m}^2$ . Aussi nous noter que la distribution de puissance en sortie du champ photoélectrique varie dans le même sens que celle du rayonnement incident, à une échelle différente.



**Figure II.12:** Distribution de la puissance à la sortie du système PV

## II. 21 Puissance injectée dans le réseau

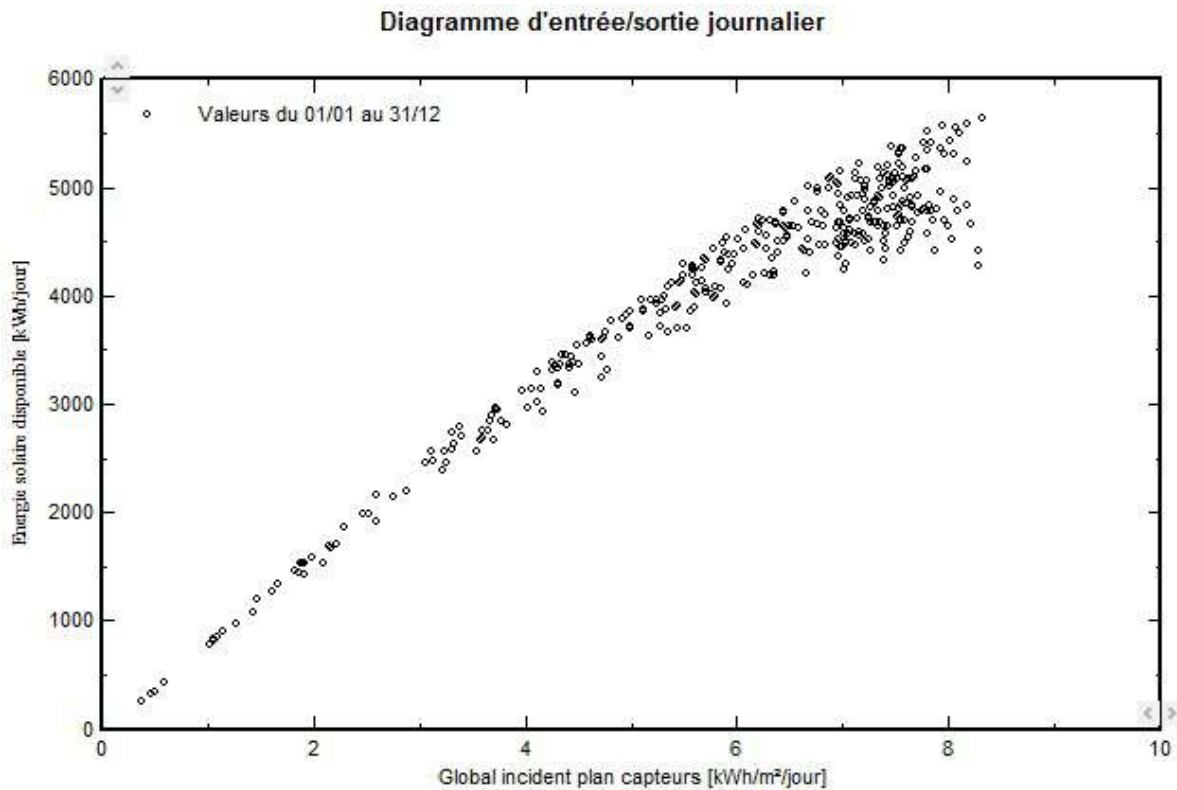
Le graphe dans la figure «II.13» nous donne une variation journalière constante et croissante de **500** (K Wh/j) minimale et de **5500** (K Wh/j) maximale.



**Figure II.13:** Puissance injectée dans le réseau

## II.22 Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

Le diagramme journalier Entrée/Sortie de la figure «II.14». Nous donne l'Énergie injectée dans le réseau en fonction l'Irradiation journalière globale incidente en[kWh/jour] pendant toute l'année dans la région étudiée. on va voir que l'énergie produite injectée dans le réseau électrique augmente en fonction du rayonnement incident global sur la surface des panneaux photovoltaïques. alors pour le but de meilleure dimensionnement, il devrait s'agir approximativement d'une ligne droite légèrement saturée pour de grandes valeurs d'irradiation Cette légère courbure est un effet de température. Si certains points (jours) s'écartent à des rayonnements élevés, cela indique des conditions de surcharge, c'est le cas de système injecté au réseau.



**Figure II.14:**Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

## II. 23 Diagramme des pertes sur l'année entière

Le diagramme de la figure «II.15».Résume les pertes de la production de système PV à savoir: les pertes ohmiques du câblage, effet d'incidence, pertes dues a la température du champ ,per tes du es a la qua lité des modules,...etc. En effet, l'énergie produit par le champ PV (énergie sortie du champ) estimée a **863** (KWh) et réduire énergie annule produit **588900**(KWh/an) ou **588,900** (M Wh) a la sortie pour utilisateur.

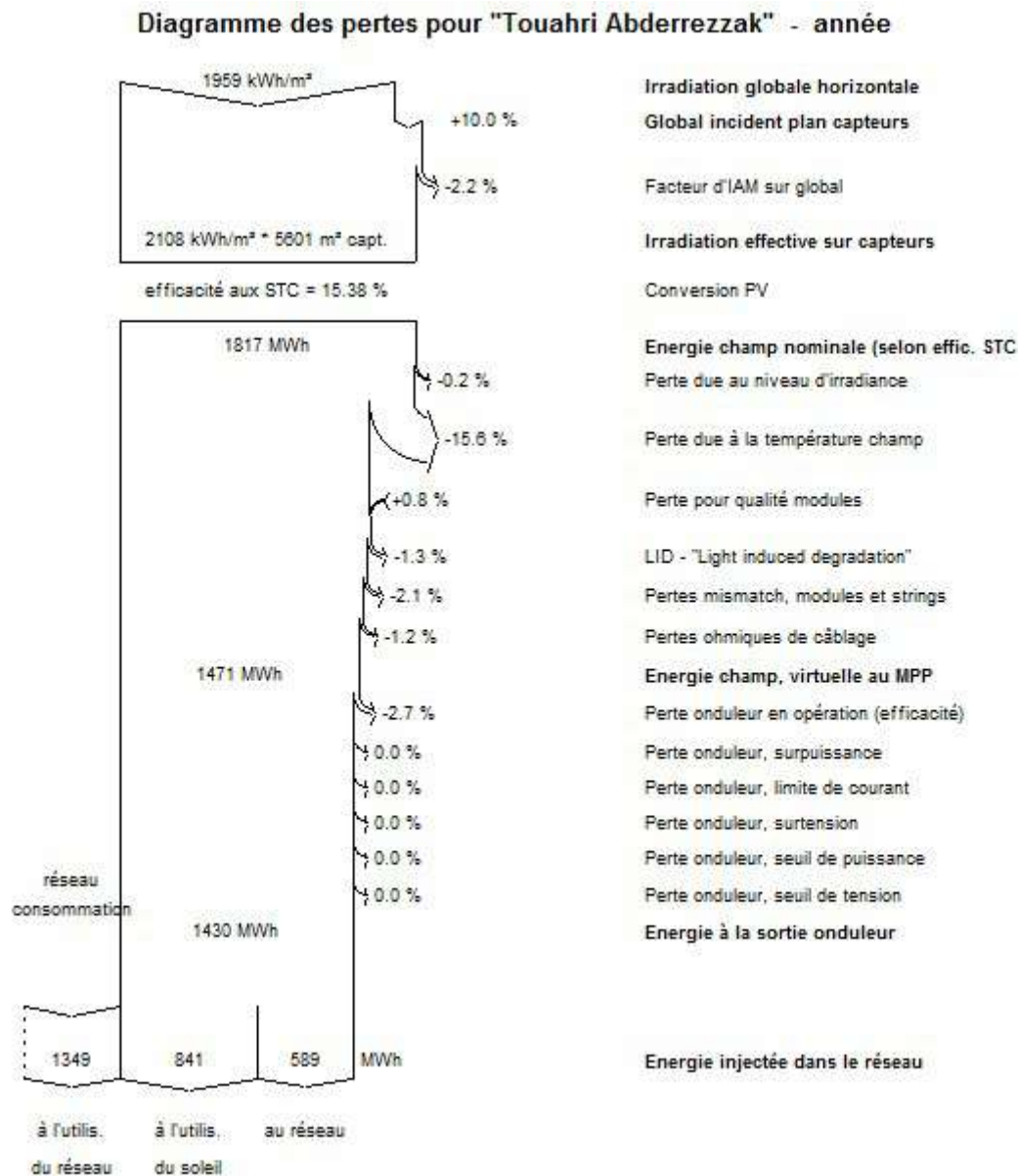


Figure II.15: Diagramme des pertes sur l'année entière

- Facteur d'I AM sur global:** La perte de **2,2 %** pour la limite de collection des irradiances rasantes varie en fonction de la latitude. Afin de minimiser cette valeur on peut utiliser des panneaux à verre structuré ou changer le site beaucoup plus au sud.
- Perte due au niveau d'irradiante:** Cette perte de **0%** est due aux niveaux de lumière faible ou le courant PV est consommé en interne par la résistance shunt des cellules. cette résistance n'est pas modifiable par le concepteur.
- Perte due à la température champ:** la perte **15,6%** est la plus importante dans notre système, elle due au température ambiante (plus que la température ambiante est élevé cette perte de vient important). Ce chiffre aussi dépend du mode de montage (le mode le plus favorable ou les panneaux sont parfaitement libres et ventilés sur les deux faces.

- **Perte du champ pour "mis match:** la perte de **2,1%** provient de l'arrangement des panneaux.
- **Pertes ohmiques de câblage:** Cette perte de **1,2 %** due aux câbles on peut l'abaisser si on augmente les Sections des câbles.
- **Perte par rapport à la fonction MPP : 2,7**

## II. 24 Evaluation Les productions normalisées

La figure «II.16». Montre l'énergie produite par l'installation photovoltaïque durant une année pour chaque mois. Sur cette figure on remarque que l'énergie maximale est produite durant la période d'été (juin –Août). L'énergie minimale est produite durant le mois de Décembre. Les pertes  $L_c$ ,  $L_s$  sont les pertes correspondantes au champ PV on remarque que ces valeurs des pertes égales à **1.23(KWh/k W p/jr)** représentant un pourcentage de **20,9 %**

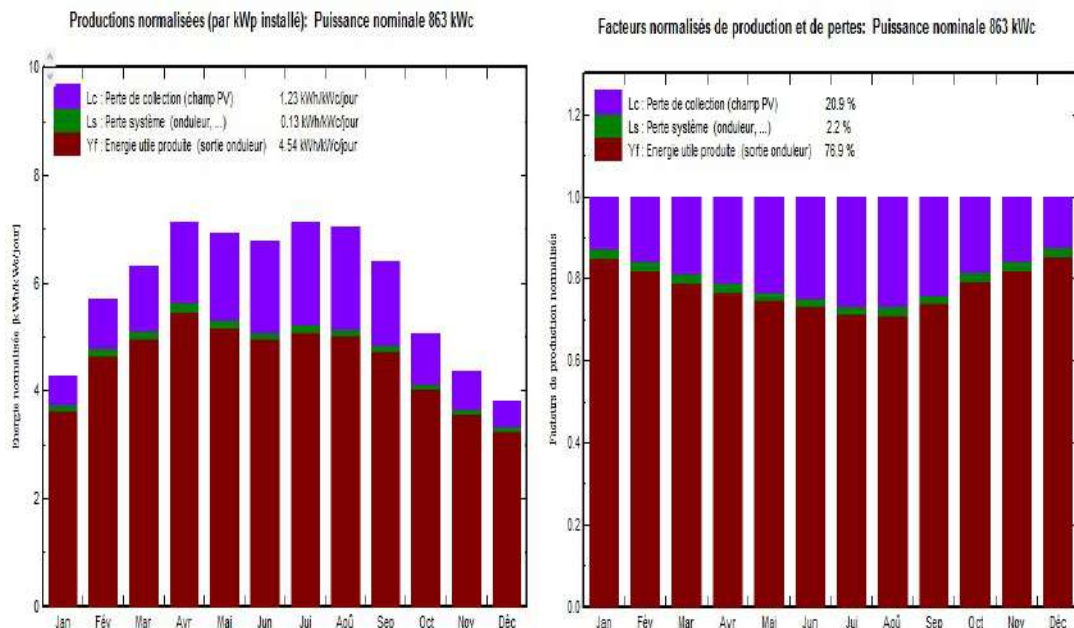
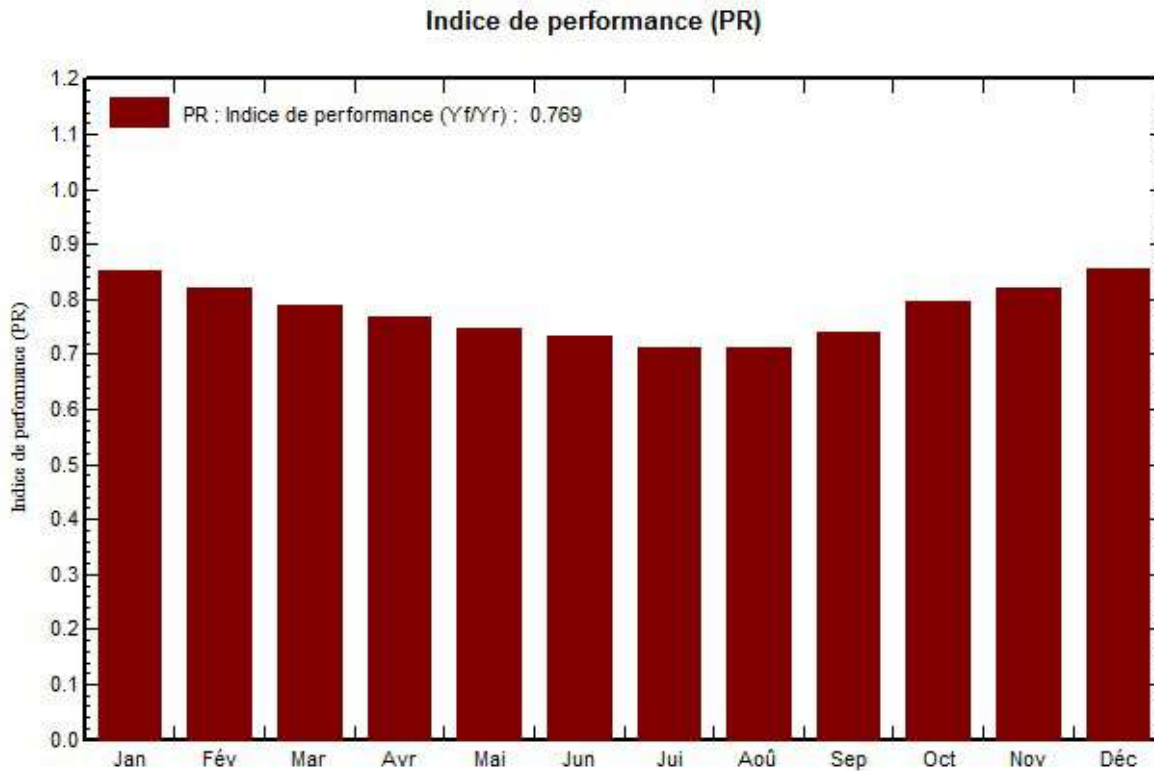


Figure II.16: Les productions normalisées

## II.25 Indice de performance

L'indice de performance (PR) est l'une des valeurs les plus importantes pour l'évaluation de l'efficacité d'une installation photovoltaïque. L'indice de performance désigne le rapport entre le rendement énergétique réel et le rendement énergétique théoriquement possible. Il est en grande partie influencé par l'orientation des panneaux et du rayonnement incident. Le PR peut atteindre **79.9%** dans la figure «II.17» qui présente l'indice de performance obtenus pour notre site, on remarque que ce coefficient varie au cours de l'année. Il s'agit essentiellement

d'un effet de la température des capteurs Rappelons que la puissance fournie par un champ PV diminue avec la température



**Figure II.17:**L'indice de performance (PR)

## II. 26 Bilans

Le tableau (II.3) suivant résume le bilan de l'énergie reçu et délivrée par l'installation durant une année par mois.



Tableau II.3: bilan de l'énergie

Touahri Abderrezak  
Bilans et résultats principaux

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EfrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Janvier	89.3	42.03	8.62	132.2	129.9	99812	186000	60188	36871	125812
Février	115.6	39.42	10.71	159.3	156.9	115745	186000	61330	51299	106670
Mars	164.6	55.69	14.35	195.6	191.5	136797	186000	73887	59159	112113
Avril	204.3	52.27	18.63	214.0	209.1	145683	180000	77067	64657	102933
Mai	230.0	59.82	23.85	214.6	209.2	142225	186000	79769	58539	106231
Juin	229.2	61.76	29.03	203.1	197.5	131958	180000	77996	50291	102004
Juillet	243.4	59.99	31.84	220.8	214.9	139694	186000	80801	55010	105199
Août	219.2	59.99	31.48	218.5	213.2	137911	186000	78989	55131	107011
Septembre	169.5	54.93	26.71	191.7	187.6	125916	180000	71769	50730	108231
Octobre	124.6	56.85	20.86	157.1	154.1	110639	186000	67755	39877	118245
Novembre	90.0	38.23	14.54	130.5	128.3	95059	180000	56577	35790	123423
Décembre	79.4	39.70	9.97	118.0	116.2	89438	186000	55302	31635	130698
Année	1959.0	620.68	20.10	2155.4	2108.3	1470876	2190000	841430	588990	1348570

D'après le tableau des bilans et les résultats, on enregistre une production annuelle ; la plus importante à **588900** (kWh), dont le mois de Avril donne une valeur de **64657** (kWh). On remarque aussi que le rayonnement solaire du mois de juillet est le plus important **243,4**(kWh/m<sup>2</sup>), par rapport à celui de Avril qui est égal à **204,3**(kWh/m<sup>2</sup>), alors que les températures sont respectivement de **18,63**°C et **31,84**°C, donc ce qui influence la diminution de la production des panneaux sont les pertes de collection et les pertes du système qui sont plus importantes à des températures supérieures à 25°C.

## II. 27 Energie injectée dans le réseau (valeurs horaires maximales)

Le tableau « II.4» représente l'énergie horaire maximale injectée au réseau de chaque mois et on conclura l'énergie max injectée chaque année. On remarque que l'énergie max injectée au réseau chaque année vaut **102** (M Wh), Après simulation on a trouvé l'énergie max injectée vaut **7** (M Wh).

Tableau II.4: Energie injectée dans le réseau

Touahri Abdelrezak  
Sommes horaires mensuelles pour E\_Grid [MWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	6	7	7	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	8	9	8	7	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	8	9	10	10	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	9	10	11	10	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	8	9	10	9	8	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Juin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	7	8	9	8	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0
Juillet	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	7	9	9	9	8	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	7	8	9	9	8	6	3	0	0	0	0	0	0	0
Septembre	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	7	8	9	8	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	7	8	7	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	6	6	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	6	7	6	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Année	0	0	0	0	0	0	0	0	8	45	79	90	102	97	83	57	22	0	0	0	0	0	0	0

## II.28 Conclusion

Le travail fait dans ce chapitre englobe d'une part la modélisation et la simulation de la centrale PV de Ghardaïa qui a donnée des résultats satisfaisants. D'autre part il consiste en une étude de la centrale PV points distincts dans le système. La simulation est faite pour un fonctionnement dans les conditions normales et pour un fonctionnent sous défauts.



# Conclusion générale

## **Conclusion générale**

L'objectif général de notre travail est la simulation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique en utilisant le logiciel « PVSYST »

Dans le premier chapitre nous avons présenté des généralités sur le système photovoltaïque, ses composants : générateur photovoltaïque, convertisseur (DC-DC) (boost) avec MPPT , régulateur de charge, l'onduleur de tension (DC-AC), une charge équilibrée du côté (AC) et le réseau électrique ,ainsi que le contrôle du système.

Nous avons ainsi présenté la configuration de la centrale photovoltaïque de Oued N'échoue Ghardaïa choisi comme cas d'étude dans le deuxième chapitre nous avons présente l'outil de simulation utilisé est le logiciel PVSYST V6.40. Ce logiciel répond aux choix des composants constituant notre installation il a comme objectif de retrouver l'irradiation solaire et la température a partir des coordonnées géographiques et météorologiques et nous avons atteint des résultats audités corrects en utilisant le système PV, y compris les tableaux et courbes d'énergie qui expliquent les éléments les plus importants qui contrôlent la température et le climat dans la région et la vallée de Ghardaïa et nous avons remarqué à partir de ce système comment déterminer l'emplacement Dans n'importe quelle région, c'est-à-dire latitude, longitude et altitude au niveau de la mer, ce système dans cette dernière donne des résultats corrects exempts de toutes erreurs.



## **Références bibliographiques**

- [1] **MURTADHA MED SULTAN AL-MOGHALLES** (Panneaux photovoltaïque qui sont installés à Ghardaïa) UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [2] **Stéphane VIGHETTI**: « systèmes photovoltaïques raccordés au réseau : choix et dimensionnement des étages de conversion », thèse de doctorat en sciences de spécialité génie électrique, Université de Grenoble institut polytechnique de Grenoble
- [3] **KIAL Ali et LAHMAR Omar Farouk**: « techniques de détection des défauts dans un panneau photovoltaïque, Mémoire de master en électrotechnique, Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM, faculté des sciences et de la technologie département de génie électrique
- [4] **TIAR Mourad**: Gestion Optimale D'énergie d'une Chaîne de Production Electrique Renouvelable, Thèse de Doctorat en Sciences, Université Mohamed Khi der – Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie, Département génie électrique.
- [5] G Sabah S Yassine schéma équivalent cellule photovoltaïque mémoire master UNIVERSITE Mohamed khi der Biskra 2019/2020
- [6] Etude des faisabilités techniques de la centrale **de Oued N'échoué (Ghardaïa)** - documentation interne de la société SKTM, Ghardaïa.
- [7] **ZEROUGUI Abdelkrim et GHERABI Nadja** : Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque connecté au réseau électrique, Mémoire de Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF -M'SILA FACULTE DETECHNOLOGIE DEPARTEMENT DE ELECTRONIQUE.
- [8] **HAMMOUDI Djilali**: Adaptation d'un système d'entraînement d'un pivot d'irrigation alimenté par énergie PV, Mémoire de Magister en Electrotechnique, Université Mohamed Khi der – Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie, département Génie électrique
- [9] **MOINE Gérard** Autres renouvelables 25 Avril 2018 <https://www.encyclopedie-energie.org/lenergie-solaire-photovoltaïque-pv-une-filière-competitive-en-site-isole/>
- [10] **M GOHMES D BELKASEM D AKRAM** **Modélisation et commande d'un système PV connecté au réseau électrique utilisant DSTATCOM Les systèmes raccordés aux réseaux** Mémoire de Master UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA département Génie électronique
- [11] **Yacine MAROUF**: Etude et simulation des cellules solaires multi-jonctions à base de matériaux semi-conducteurs I., Thèse de Doctorat en Sciences en Electronique, Université

Mohamed Khi der – Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie département Génie Electrique

**[12] Stéphane VIGHETTI:** « systèmes photovoltaïques raccordés au réseau :choix et dimensionnement des étages de conversion», thèse de doctorat en sciences de spécialité génie électrique, Université de Grenoble institut polytechnique de Grenoble.

**[13] OULD BAHAMMOU Abdelkader:** la synchronisation d'un générateur photovoltaïqueconnecté au réseau électrique, mémoire de master, université ahmeddraia Adrar, faculté dessciences et de la technologie, département des sciences de la matière

**[14] MENADI Abdelkrim:** Commande Par Les Techniques Intelligentes D'un SystèmePhotovoltaïque Connecté Au Réseau l'alimentation des maisons individuelles dans les zones du sud Algérien, Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khi der – Biskra Faculté des Sciences et de la technologie Département de Génie Electrique.

**[15] Christian KANCHEV:** Gestion des flux énergétiques dans un système hybride de sources d'énergie renouvelable : Optimisation de la planification opérationnelle et ajustement d'un micro réseau électrique urbain, Thèse de Doctorat Université Lille Nord-de-France à l'Ecole Centrale de Lille et à l'Université Technique de Sofia.

**[16] BOUKHLIFA Hamza:** Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque De 300kw, Mémoire de Master, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, Faculté des Sciences de l'Ingénieur Département d'Electrotechnique.

**[17] DEGLA Mohammed et LARBI Ben Ahmed Bachir :** Dimensionnement d'un Système dePompage Photovoltaïque, mémoire de Master en Sciences, UNIVERSITE KASDI MERBAHOUARGLA, Faculté des nouvelles technologies de l'information et de la communication, Département d'Electronique et des Télécommunications.

**[18] AMAROUAYACHE Mohamed:** Contribution à l'optimisation d'une chaine de conversion d'énergie photovoltaïque, Thèse de Doctorat en Sciences, Université CONSTANTINE 1, Faculté DES SCIENCES de Technologie Département d'Electrotechnique.

**[19] DAHMANI Chawqi :** Etude et conception d'une installation photovoltaïqueà l'aide du logiciel PVSYST, MEMOIRE DE MASTER, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, Faculté de Technologie, Département d'Electronique.

## ملخص

في هذا العمل قمنا بمحاكاة نظام ضوئي متصل بالشبكة باستخدام برنامج PV SYS. دراسة الحالة لدينا هي تلك الخاصة بمحطة توليد الطاقة الكهروضوئية في واد نشوي غرداية ، والتي تصل طاقتها 1.1 ميغاوات في شبكة التوزيع 30 كيلو فولت. أدت المحاكاة إلى تحديد قدرة الذروة التي يمكن أن يولدها مثل هذا النظام في المناطق الجنوبية الشرقية من الجزائر.

**الكلمات المفتاحية:** PV SYS ، شبكة ، محاكاة ، PV ، kV 30

## Résumé

Dans ce travail nous avons simulé un système photovoltaïque connecté au réseau avec le logiciel PV SYS. Notre cas d'étude est celui de la centrale photovoltaïque de Oued N'échoue Ghardaïa dont la puissance 1,1 MW injectée dans le réseau de distribution 30 Kv. La simulation aboutie à déterminer la puissance crête qui peut être générée par un tel système dans les régions sud-est de l'Algérie.

**Mots clés:** PV SYS, réseau, simulation ,30kV,PV,,irradiation

## Abstract

In this work we simulated a photovoltaic system connected to the network with the PV SYS software. Our case studies is that of the photovoltaic power plant of Oued N'échoue Ghardaïa whose power 1.1 MW injected into the distribution network 30 Kv . The simulation resulted in determining the peak power that can be generated by such a system in the south-eastern regions of Algeria.

**Keywords:** PV SYS, network, simulation, 30kV, PV, irradiation