



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique



# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Électrotechnique

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :

**BOUZOUAID AHMED BEN SAHAL ABDENNOUR**

Le : **Mercredi 22 juin 2022**

**Dimensionnement d'une centrale PV**

---

## Jury :

Pr.	TERKI Amel	Prof	Université de Biskra	Président
Pr.	ABD EDDAIM Sabrina	Prof	Université de Biskra	Président
Dr.	GUERGAZI Aicha	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : **2021-2022**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : **Électrotechnique**  
Option :

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

## *Thème*

### **Dimensionnement d'une centrale PV**

Présenté par :

Avis favorable de

l'encadreur :

**BOUZOUAID AHMED**  
**BEN SAHAL ABDENNOUR**

**Pr. TERKI AMEL**

Signature : .....

Avis favorable du Président du Jury

**Pr. ABD EDDAIM SABRINA**

Signature : .....

Cachet et signature

# **Dédicaces**

**Je dédie ce travail à mes chers parents, et A tous mes amis ou  
qu'ils soient.**

**A toutes personnes que je porte dans mon cœur.**

# Remerciement

*Tout d'abord, nous devons remercier notre " **ALLAH** " pour son aide et de nous avoir aidés pour faire la réalisation de ce travail et pour nous avoir donné force et patience tout au long de notre cheminement d'étude.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à notre professeur Dr. **TERKI** Amel pour sa confiance et sa patience, alors qu'elle nous a accompagnés dans notre travail, à chaque instant, étape par étape, et n'a jamais tardé à enseigner, encourager et remonter notre moral.*

*Nous remercions vivement le **Pr.** ABD EDDAIM Sabrina pour avoir accepté d'être le président du jury et **Dr.** Guergazi aicha pour son évaluation de notre mémoire.*

*Tout cela grâce à nos familles, amis et collègues qui nous ont encouragés et nous ont remonté le moral pour terminer ce travail de la meilleure façon.*

## Résumé

La production d'énergie électrique par l'énergie solaire photovoltaïque connaît une forte croissance et une évolution remarquable dans ces dernières années, car cette source d'énergie présente de nombreux avantages par rapport aux sources d'énergie conventionnelles. Parmi ces avantages, il s'agit d'une source propre, non polluante et n'émettant aucun gaz à effet de serre. Dans ce travail, on a simulé une centrale photovoltaïque injectée au réseau électrique utilisant logiciels PVSYST.

### Mots clés :

Centrale photovoltaïque, système PV SYST

## المُلخَص

شهد إنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق الطاقة الشمسية كهر وضوئية نمواً قوياً وتطوراً ملحوظاً في السنوات الأخيرة ، لأن مصدر الطاقة هذا له العديد من المزايا مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية. ومن بين هذه المزايا ، أنه مصدر نظيف وغير ملوث ولا ينبعث منه أي غازات دفيئة. في هذا العمل ، قمنا بمحاكاة محطة طاقة كهر وضوئية تم حقنها في الشبكة الكهربائية باستخدام برنامج PVSYST.

## الكلمات المفتاحية

محطة توليد الطاقة الكهر وضوئية، نظام كهر وضوئية.

# Sommaire

## Introduction générale

### Chapitre I: Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau

I.1 Introduction .....	3
I.2 Différents types Systèmes PV à connectés aux réseaux .....	4
I.2.1 Définition d'un système photovoltaïque (PV) .....	4
I.2.2 Systèmes PV à connectés aux réseaux .....	4
I.2.2.1 Définition d'un système PV raccordé au réseau .....	4
I.2.2.2 Systèmes connectés au réseau .....	4
A. connectés de la totalité de la production .....	4
B. connectés du surplus de production .....	4
I.2.2.3 Classes des systèmes raccordés aux réseaux .....	5
A. Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés .....	5
B. Systèmes à petite puissance ou systèmes décentralisés.....	6
I.3 description d'un système photovoltaïque connectes aux réseaux .....	7
I.3.1 Générateur photovoltaïque .....	7
I.3.2 la cellule photovoltaïque .....	7
I.3.3 Module photovoltaïque .....	9
I.3.4 Potentiel Solaire en Algérie .....	9
I.3.5 Les systèmes photovoltaïques pour l'habitat Le connecté au réseau .....	10
I.3.6 Structure à convertisseur unique .....	11
I.3.7 Structure avec bus à basse tension alternative .....	12
I.4 Conclusion.....	12

### Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et presntation de Logiciel PVsyst

II.1 Introduction.....	14
I I.2. Etude de les centrales photovoltaïques .....	14
II.2.1 Les centrales Photovoltaïque en Algérie .....	14

II.2.2. Principaux composants d'une centrale PV .....	15
II.2.2.1. Le panneau PV .....	15
II.2.2.1.1. La cellule photovoltaïque .....	16
A. Caractéristique courant-tension d'une cellule PV .....	16
B. Effet du niveau d'éclairement sur la cellule PV .....	16
C. Effet de la température sur la cellule PV .....	17
II.2.2.2 Les boites centrales .....	18
II.2.2.3 Batterie solaire .....	18
1. Les batteries ouvertes.....	19
2. Les batteries étanches.....	19
II.2.2.4 Les transformateurs .....	19
II.2.2.5 Régulateur (contrôleur de charge).....	19
II.2.2.6 Le convertisseur d'énergie (onduleur).....	20
II.2. 3 Analyse des performances journalières .....	20
II.3. Présentation du logiciel PVSyst .....	20
II.3.1 Présentation de Projet .....	20
II.3.1.1 Site d'implémentation .....	21
II. 3.1.1.1 Coordonnée Géographique de site DEIFEL Ouled Djallal .....	22
II. 3.1.1.2 Données Météorologiques .....	23
II.3.1.2 l'orientation des panneaux .....	24
II. 3.1.3 Hauteur du soleil.....	25
II.3.2 Simulation d'un système photovoltaïque couplé au réseau.....	26
II.3.2.1 Dimensionnement du system.....	26
II.3.2.2 Caractéristiques de Module PV .....	27
II.3.2.3 Caractéristique de l'onduleur.....	29
II.4 Conclusion .....	30

### **Chapitre III: DIMENSIONNEMENT DE LA CENTRAL PV**

III.1 Introduction .....	32
III.2 Résultats pour PVSYST .....	32
III.2.1 Distribution de la puissance du champ PV .....	32
III.2.2 Puissance convertie à la sortie de l'onduleur .....	32
III.2.3 Diagramme d'Entrée / Sortie journalier .....	33
III.2.4 Diagramme des pertes sur l'année entière .....	33
III.2.5 Evaluation Les productions normalisées .....	34
III.2.6 Indice de performance .....	35
III.2.7 Bilans .....	36
III.3 Conclusion .....	37
Conclusion générale	

## Liste des figures

### Chapitre I: *Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau*

Figure I.1 : injection de la totalite de la production.....	5
Figure I.2 : Injection de surplus de la production.....	5
Figure I.3 : Installation solair a injection au reseau avec deux compteurs d energie .....	6
Figure I.4 : Composantes d'un générateur de modules photovoltaïques .....	7
Figure I.5 : Représentation schématique d'une cellule solaire.....	8
Figure I.6 : Type de cellules photovoltaïques .....	9
Figure I.7 : Potentiel solaire en Algérie .....	10
Figure I.8 : Exemple de la structure d un système PV connecte au reseau.....	11
Figure I.9 Plusieurs modules PV en série vers un seul onduleur .....	12
Figure I.10 : Bus à basse tension alternative.....	12
Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et presntantion de Logiciel PVsyst	
Figure II. 1: Situation géographique des centrales EnR relevant de SKTM .....	14
Figure II. 2: Répartition des centrales photovoltaïques en Algérie Selon la région.....	15
Figure II. 3: caractéristiques courant-tension et Puissance-tension d'une cellule solaire ...	16
Figure II.4: Effet de l'éclairement sur la cellule.....	17
Figure II. 5: Effet de la température sur la cellule.....	17
Figure II. 6: les centraux box utilisés dans la centrale PV .....	18
Figure II. 7: Le transformateur de puissance utilisé dans la centrale PV .....	19
Figure II.8: Site de Ouled Djallal .....	22
Figure II.9: Coordonnée Géographique d'Ouled Djallal .....	23
Figure II.10: Angle D'orientation.....	25
Figure II.11: Horizon du Ouled Djallal .....	26
Figure II.12: Schéma Simplifie .....	26
Figure II.13: Configuration globale du système.....	27
Figure II.14: Caractéristiques de Module PV .....	28

Figure II.15: Caractéristiques Techniques du Module PV Choisi (courbes).....	29
Figure II.16: Caractéristiques Techniques de l' onduleur .....	29

### **Chapitre III: DIMENSIONNEMENT DE LA CENTRAL PV**

Figure III.1: Distribution de l'irradiation incidente.....	32
Figure III.2: Distribution de la sortie de l'onduleur .....	33
Figure III.3: Diagramme d'Entrée / Sortie journalier.....	33
Figure III.4: Diagramme des pertes sur l'année entière .....	34
Figure III.5: Les productions normalisées .....	35
Figure III.6: L'indice de performance (PR) .....	36

## **Liste des tableaux**

Tableau I.1 : taux d ensoleillement dans trois regions d algerie.....	09
Tableau II.1 : Climatique Ouled Djallal .....	21
Tableau II.2 : Paramètres Climatique de Ouled Djallal.....	24
Tableau III.1: bilan de l'énergie .....	36

# Introduction générale [1]

Le soleil est une source importante d'énergie, et sa lumière est la plus grande source d'énergie terrestre, de sorte que les rayons du soleil atteignent la terre sous de nombreuses formes, à savoir; 50% de lumière visible, 45% de rayons infrarouges et de petites quantités de rayons ultraviolets et certaines formes de rayonnement électromagnétique, et la terre perd une partie de la lumière du soleil qui l'atteint par le passage de ces rayons à travers les nuages et l'atmosphère terrestre qui les absorbe ou les disperse, comme la quantité d'énergie solaire qui Chaque jour, la Terre atteint 200 000 fois la quantité d'énergie électrique produite dans le monde, de sorte que l'énergie électrique et l'énergie photovoltaïque sont parmi les formes d'énergie les plus consommées dans le monde et sont les facteurs les plus importants pour le développement de tout pays.

Les centrales solaires sont respectueuses de l'environnement par rapport aux centrales nucléaires en réduisant les émissions de produits chimiques nocifs dans l'environnement, offrant de nombreuses opportunités d'emploi en raison de l'augmentation du nombre d'entreprises dans le secteur des énergies renouvelables, le coût pour la maison et les propriétaires immobiliers peut être réduit grâce à l'utilisation de l'énergie solaire, l'excès d'énergie peut être stocké Et les distribuer pendant des mois

La grande partie de l'énergie électrique utilisée et produite à partir de source fossile. Cette dernière étant une source épuisable, a provoqué l'utilisation des autres sources d'énergie de types renouvelables.

Energie photovoltaïque qui est la transformation des rayonnements solaire en énergie électrique.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est de dimensionner une centrale photovoltaïque Le type de source de production d'énergie étudié dans ce travail est le photovoltaïque, plus exactement la conception d'une installation photovoltaïque commende aux réseaux assurant la production d'énergie électrique

Cependant, le système sélectionné est composé d'un champ photovoltaïque (PV)

A ce propos nous avons organisé notre mémoire en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à là Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau

Le deuxième chapitre est étude de, les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel PVsyst

Le troisième chapitre, concerne dimensionnement de la central PV

Le travail est clôture pour une conclusion générale sur pour les perspectives, niaisages.

# **Chapitre I :**

*Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau*

**I.1 Introductions :**

L'énergie Photovoltaïque connaît actuellement un fort développement dans le monde Ce développement est dopé par les politiques internationales et nationales qui visent la diminution de l'utilisation des énergies fossiles selon les objectifs du protocole de Kyoto L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères de dimensionnement et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement. . Une consommation mondiale en hausse, en particulier en ce qui concerne l'énergie électrique et une tendance à la libéralisation sont à l'origine de changements considérables, tant dans le domaine des réseaux d'alimentation que pour le remplacement du parc des centrales électriques. Les conséquences, pour le moins préoccupantes, se répercutent sur la disponibilité et la qualité de l'énergie C'est pourquoi les solutions recherchées doivent être réalisables techniquement parlant tout en répondant aux exigences en matière de durabilité.

Dans ce chapitre nous allons étudier les différents éléments qui constituent un système photovoltaïque et ainsi que les différents systèmes photovoltaïques existant.

## I.2 Différents types Systèmes PV à connectés aux réseaux :

### I.2.1 Définition d'un système photovoltaïque (PV) [1]:

Un système (photovoltaïque) PV est un ensemble d'éléments (constituants) de production d'électricité, en utilisant une source solaire.

Ces constituants sont essentiellement le champ PV, le conditionnement de puissance, le système de stockage (dans un certain cas), et la charge

### I.2.2 Systèmes PV à injection aux réseaux :

#### I.2.2.1 Définition d'un système PV raccordé au réseau [1]:

Un système PV raccordé au réseau est un système dont la charge est partiellement ou totalement est le réseau électrique. Ç à d. le générateur PV injecte sa puissance à travers un onduleur dans le réseau électrique

#### I.2.2.2 Systèmes connectés au réseau [1]:

Ces systèmes photovoltaïques convertissent l'électricité en courant alternatif (CA) et transfèrent leur surplus d'électricité au réseau auprès duquel ils s'approvisionnent pendant la nuit ou lorsque le rayonnement solaire est insuffisant

Il existe deux types d'installations pour l'injection de la production d'énergie solaire dans le réseau électrique

#### A. connectés de la totalité de la production [2,3] :

L'énergie produite par le générateur photovoltaïque est directement injectée sur le réseau électrique. Les périodes d'injections sur le réseau coïncident aux périodes de production photovoltaïque

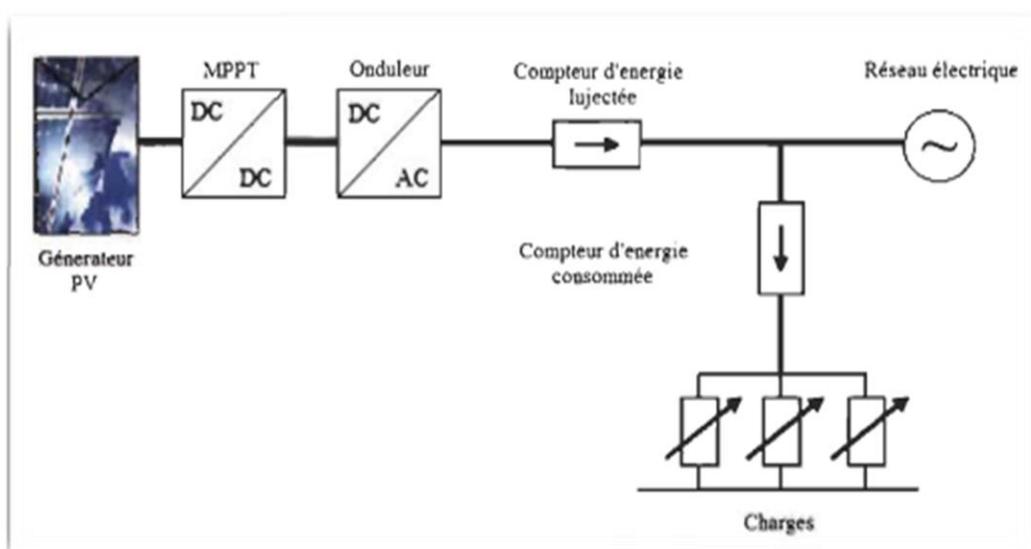


Figure (I.1) : connectés de la totalité de la production

**B. connectés du surplus de production [2,3] :**

L'énergie produite par le générateur photovoltaïque est consommée directement par les charges, le surplus d'énergie de production par rapport à la consommation instantanée est injecté au réseau local de distribution

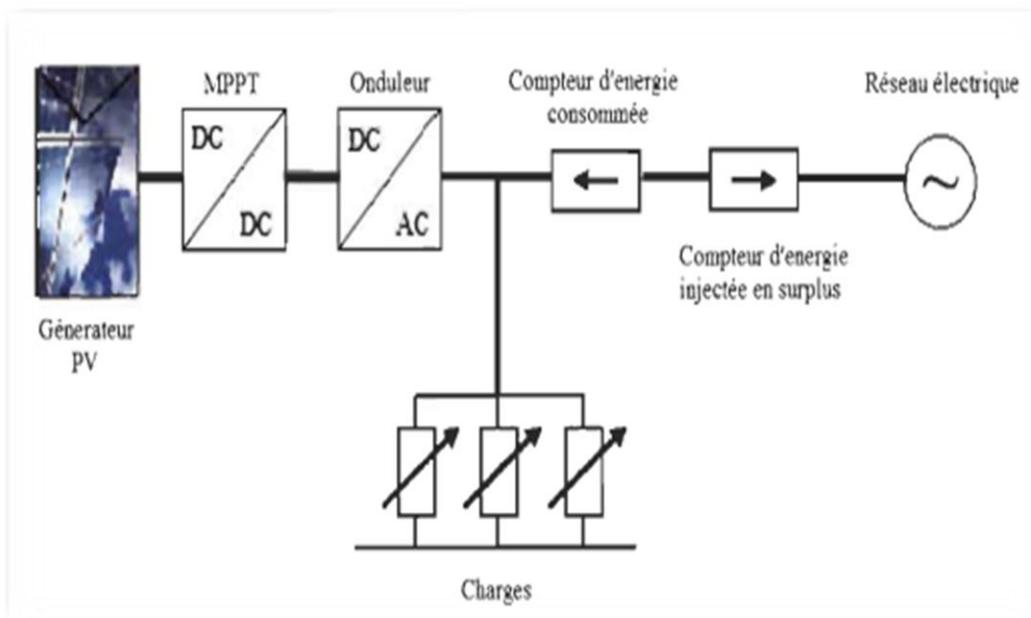


Figure (I.2) : connectés de surplus de la production

**I.2.2.3 Classes des systèmes raccordés aux réseaux :**

**On a deux classes de systèmes raccordés aux réseaux :**

- Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque) ;
- Systèmes à petites puissances ou systèmes décentralisés ; généralement installés chez des particuliers.

**A) Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque) [4] :**

Les systèmes à grandes puissances sont des systèmes PV localisés dans des endroits où l'alimentation est centralisée.

Ils sont utilisés pour renforcer le réseau conventionnel durant les périodes de pic de puissances. Ces systèmes nécessitent des espaces très vastes (environ 2 hectares pour un 1MWc)

**B) Systèmes à petite puissance ou systèmes décentralisés [4] :**

En quantité unitaire, les systèmes décentralisés de petite puissance (inférieur à 100 kWc) sont les plus courants, avec approximativement 80 % des systèmes raccordés au réseau mondial, la majorité étant posé sur des habitations individuelles

Selon la portion injectée dans le réseau on distingue deux sortes de systèmes :

**Systèmes à connectés du surplus [4] :**

Dans cette configuration, le consommateur utilise la puissance fournie par le générateur PV pour satisfaire ses besoins en énergie et dans le cas du surplus, il l'injecte dans le réseau.

L'installation du client producteur avec achat des excédents de production doit être équipée de deux compteurs, l'un mesurant l'énergie soutirée au réseau lorsque la consommation excède la production (compteur de soutirage), l'autre mesurant l'énergie injectée dans le réseau (compteur d'injection). A chaque moment, un seul compteur mesure (Fig I.3).

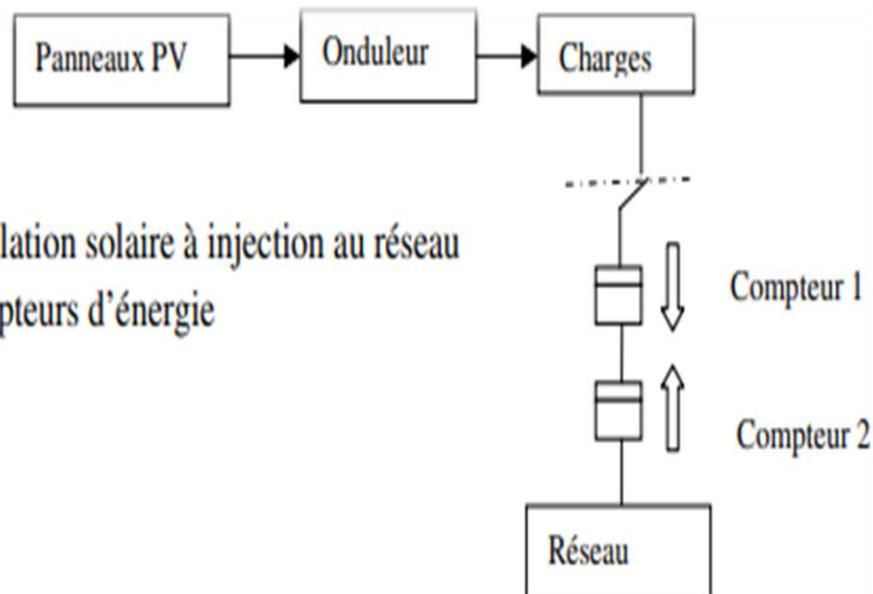


Fig. 2.4 : Installation solaire à injection au réseau avec deux compteurs d'énergie

Figure (I.3) : Installation solaire a connectés au réseau avec deux compteurs d Energie

**Systèmes à connectés de la totalité [4]:**

Dans ce cas toute la production de la station solaire est injectée dans le réseau. Ces besoins en consommation sont satisfaits par le réseau.

Cette configuration est très utilisée dans les pays qui encouragent l'introduction des énergies renouvelables où l'achat du kWh d'énergie renouvelable peut atteindre jusqu'à cinq fois le kWh des énergies fossiles dans certains pays.

**Remarque :**

Pour le premier cas on peut avoir un système de stockage si les lois du pays encouragent la vente d'énergie renouvelable alors que pour le deuxième cas le stockage est utilisé si on veut réduire la consommation durant les heures de pointes, plus particulièrement de nuits.

**I.3 description d'un système photovoltaïque connectés aux réseaux :****I.3.1 Générateur photovoltaïque [5] :**

Les cellules solaires sont généralement associées en série et en parallèle, puis encapsulées sous verre pour obtenir un module photovoltaïque. Un générateur PV est constitué de modules interconnectés pour former une unité produisant une puissance continue élevée compatible avec le matériel électrique usuel Figure I.4.

Les modules PV sont habituellement branchés en série-parallèle pour augmenter la tension et l'intensité à la sortie du générateur.

Les modules interconnectés sont montés sur des supports métalliques et inclinés suivant l'angle désiré en fonction du lieu, cet ensemble est souvent désigné par champ de modules

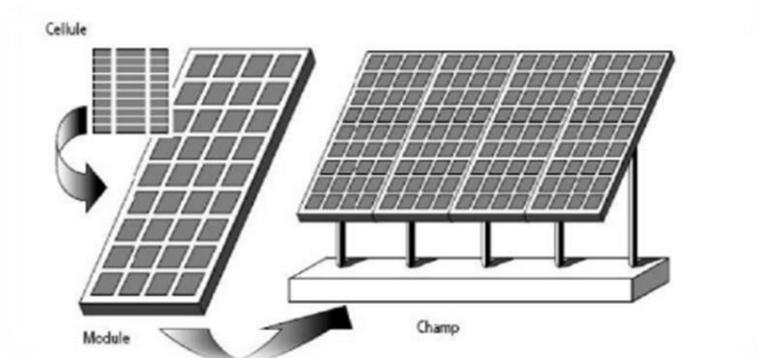


Figure I.4 : Composantes d'un générateur de modules photovoltaïques

**I-3-2 la cellule photovoltaïque [6] :**

Le fonctionnement de la photopile est basé sur les propriétés électroniques acquises par le silicium quand des atomes étrangers en petit nombre (des impuretés) sont substitués dans un réseau cristallin. Cette action est appelée dopage.

Si l'atome d'impureté contient plus d'électrons que le silicium, le matériau contiendra des électrons libres en excès : il sera dit de type N (exemple : silicium dopé au phosphore). Si au contraire, l'atome d'impureté contient moins d'électrons que le silicium, le matériau sera déficitaire en électrons : il sera dit de type P (exemple : silicium dopé au brome)

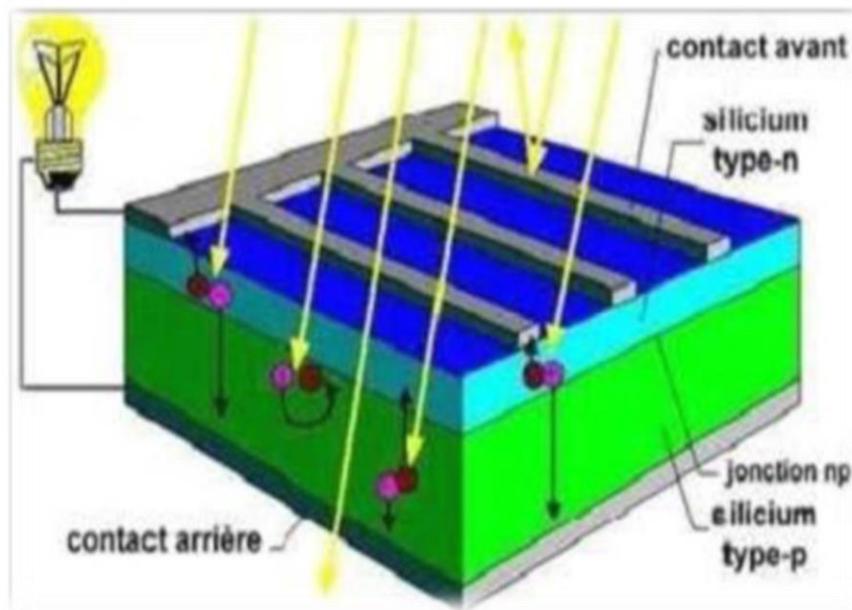


fig.I.5 : Représentation schématique d'une cellule solaire

La fabrication des cellules s'effectue à partir de lingots de silicium. Ces lingots sont découpés en fines couches de type P ou N en y diffusant du brome ou du phosphore

Une cellule solaire est alors obtenue en constituant une jonction de deux zones de type opposé (jonction PN).

Au voisinage de la jonction apparaît un champ électrique qui maintient la séparation des charges positives et négatives. Des contacts métalliques en formes de grille, contacts avant et arrière, sont déposés Figure (I.5)

Une cellule photovoltaïque donc est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique.

Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants : Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ; Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires électrons/trous dans le matériau semi-conducteur ; Collecte des particules générées dans le dispositif.

Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant : d'où l'intérêt des semi-conducteurs pour l'industrie photovoltaïque.

Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électrons / trous créés est nécessaire. Pour cela on utilise le plus souvent une jonction P-N

### I.3.3 Module photovoltaïque [7] :

La cellule photovoltaïque élémentaire constitue un générateur de très faible puissance vis-à-vis des besoins de la plupart des applications domestiques ou industrielles. Une cellule élémentaire de quelques dizaines de centimètres carrés, délivre au maximum, quelques watts sous une tension inférieure au volt (tension de jonction PN). Pour produire plus de puissance, plusieurs cellules doivent être assemblées afin de créer un module (voir la figure Fig (I.6)) ou un panneau photovoltaïque. En effet, les modules PV sont composés d'un ensemble de cellules mises en série, réalisant la conversion proprement dite de la lumière du soleil en électricité. Ils sont eux-mêmes associés en série et parallèle pour former un champ photovoltaïque d'une puissance crête définie selon des conditions spécifiques d'éclairement, de température et de spectre solaire. La plupart des modules commercialisés sont constitués de deux à quatre réseaux de cellules en silicium cristallins connectés en série

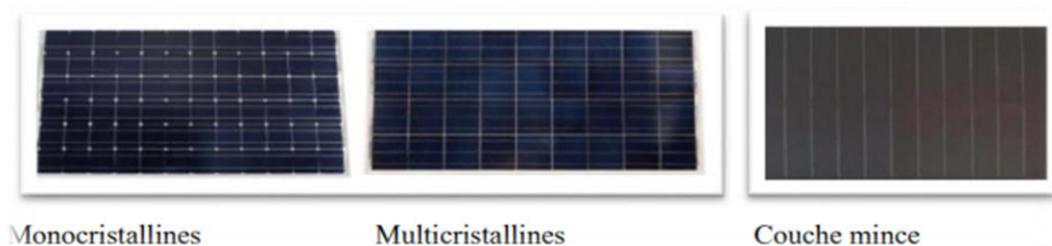


Fig (I.6) : Type de cellules photovoltaïq

### I.3.4 Potentiel Solaire en Algérie [8] :

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. Selon la figure 1.5, la durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuelles et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/m<sup>2</sup>/an au nord et 2263kwh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays. Au Sahara, ce potentiel peut constituer un facteur important de développement durable. Il est exploité de manière économique. Le tableau suivant indique le taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie.

Ce gisement solaire dépasse les 5 milliards de GWh/an

Tableau (I.1) : taux d'ensoleillement dans trois régions d'Algérie

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	sahara
Superficie	4%	10%	86%
Durée moyenne d'ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3500

Energie moyenne reçue (KWh/m/an)	1700	1900	2650
-------------------------------------	------	------	------

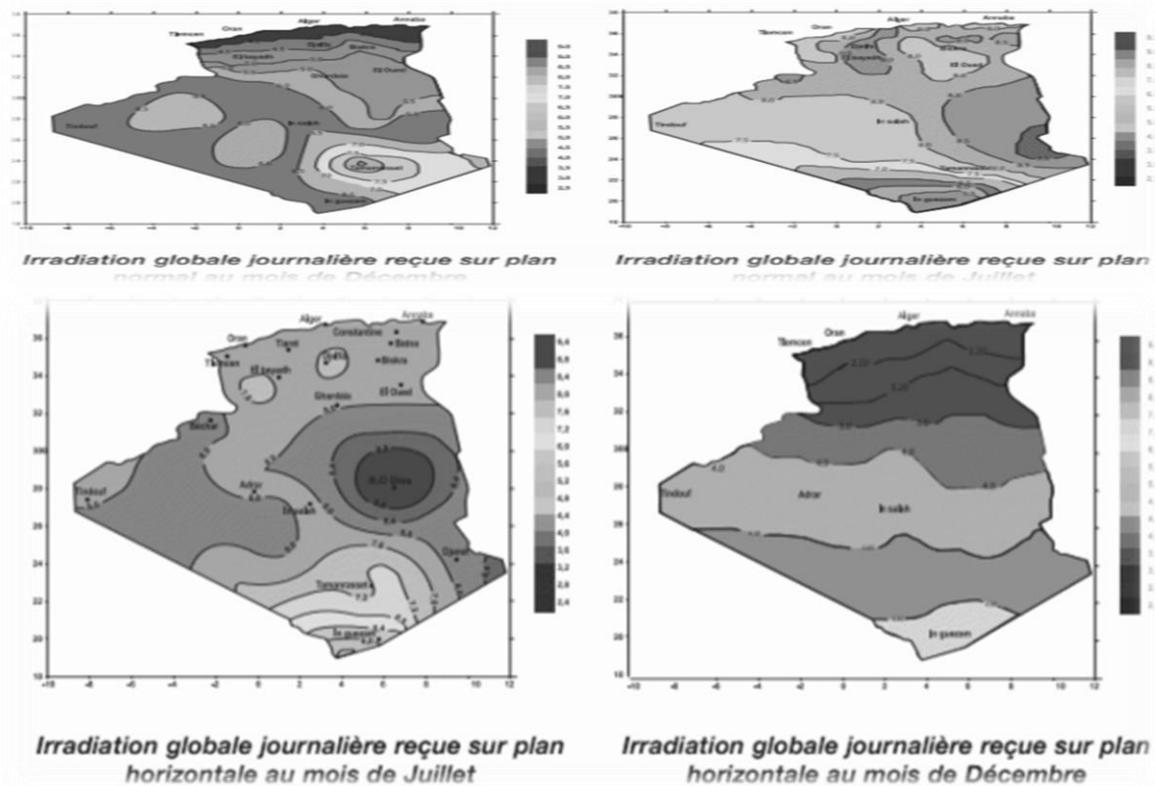


Figure I.7: Potentiel solaire en Algérie

Le volet de l'énergie solaire le plus utilisé dans notre pays est celui du photovoltaïque. Toutefois, la complexité des procédés de fabrication des modules photovoltaïques et les faibles rendements de production entraînent des coûts très élevés, ce qui freine son développement

### I.3.5 Les systèmes photovoltaïques pour l'habitat Le connecté au réseau

[9] :

La Figure I.8 représente un système PV connecté au réseau électrique, dont le rôle principal est de contribuer à la production d'électricité d'origine renouvelable sur le réseau. D'un point de vue de la physique, l'énergie produite par les modules est directement consommée par les charges locales de l'habitat. L'éventuel surplus de production par rapport à la consommation instantanée est injecté sur le réseau. Le réseau est utilisé en appoint à la production PV

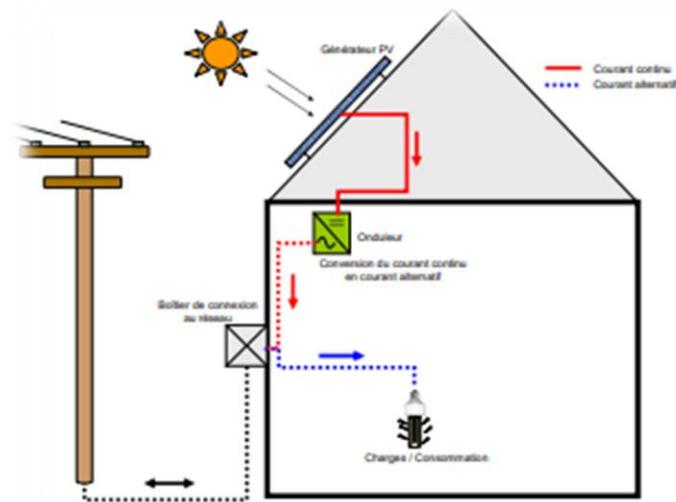


Fig. I.8 : Exemple de la structure d'un système PV connecte au réseau

Le contexte énergétique actuel fait que l'énergie photovoltaïque n'est pas concurrentielle face aux prix de vente de l'électricité sur le réseau (quand celui-ci est présent).

C'est pourquoi, face aux réglementations sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la réduction des ressources en énergie fossile (et par conséquent à l'augmentation de leurs coûts), de nombreux états ont mis en place des mesures

Économiques pour favoriser l'insertion des énergies renouvelables, dont le photovoltaïque. La mesure la plus courante consiste à imposer au gestionnaire du réseau des tarifs d'achat incitatifs de l'énergie PV de sorte que celle-ci devienne concurrentielle.

D'autres mesures consistent à subventionner directement le particulier sur le coût d'investissement

### I.3.6 Structure à convertisseur unique :

Le dispositif présenté à la figure I.9 est le plus simple, car il comporte le moins de composants possible. On associe plusieurs modules photovoltaïques en série pour obtenir une tension continue suffisamment grande. Cette solution est une alternative à un hacheur élévateur de tension. La tension continue obtenue alimente directement un onduleur central, qui fournit la tension sinusoïdale désirée (230 V). Il pourrait être avantageux d'insérer un transformateur pour isoler le système photovoltaïque du réseau. L'inconvénient majeur de ce dispositif est l'arrêt total et immédiat de la production d'énergie lors d'un problème survenant en amont de l'onduleur. De plus le contrôle du point de maximum de puissance est approximatif car toutes les cellules ne délivrent pas le même courant en raison de leurs différences de structure interne et d'ensoleillement

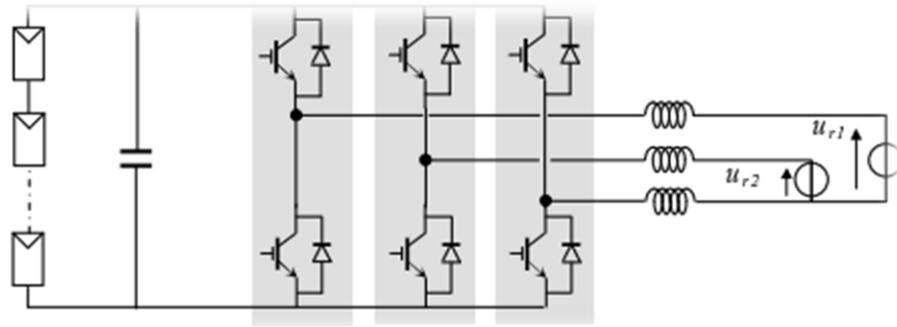


Fig. I.9 – Plusieurs modules PV en série vers un seul onduleur

### I.3.7 Structure avec bus à basse tension alternative [10] :

La figure I.10 montre un onduleur associé à un circuit de commande qui est directement connecté au module photovoltaïque. La tension en sortie de ce dernier est transformée en une tension alternative de fréquence 50 Hz. Cette tension est transportée grâce à un bus alternatif (20 V - 50 Hz, exemple du schéma) vers un transformateur central qui l'élève au niveau désiré. Le faible niveau de tension dans le bus est l'avantage majeur de ce type de montage, puisqu'il assure la sécurité du personnel. Cependant, la distance entre le transformateur et le module doit être faible à cause du courant important qui traverse les câbles et qui génère des pertes Joules. Il y a un compromis à faire au niveau de la tension du bus alternatif. D'une part, il faut que sa valeur crête soit inférieure à celle délivrée par le module (même avec un faible ensoleillement). D'autre part, une tension faible dans ce bus diminue le rendement

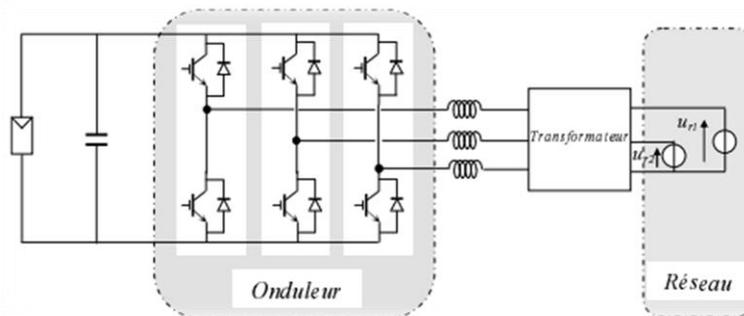


Fig. I.10 – Bus à basse tension alternative

### I.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons parlé des types de systèmes d'énergie photovoltaïque connectés à un réseau, puis nous avons décrit le principe de fonctionnement de chaque composant du générateur électrique et de la cellule photovoltaïque, ce qui nous permet d'étudier la centrale photovoltaïque et de présenter le programme du système photovoltaïque.

## **Chapitre II :**

Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de  
Logiciel PVsyst

## **II.1 Introduction**

L'Algérie a un emplacement stratégique pour l'utilisation des énergies renouvelables et dispose d'une énorme quantité de production d'électricité dans le solaire photovoltaïque.

Dans ce chapitre, on parle de simuler l'installation d'une centrale photovoltaïque connectée à un réseau électrique par un logiciel de système photovoltaïque spécialisé dans le dimensionnement des installations photovoltaïques.

## **II.2 Etude des centrales photovoltaïques :**

### **II.2.1 Les centrales Photovoltaïque en Algérie [11] :**

La société SKTM (Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadiada) a installé depuis 2014 un nombre de 23 centrales photovoltaïques sur le territoire national comme illustré sur la Figure II.1 qui sont en service. Elles sont regroupées en trois groupes Figure II.2 selon la situation géographique [22] :

- **L'unité des Hauts Plateaux Est** : elle comporte les contrôles suivants ; M'sila, El Hadjira, Oued Nechou, Batna, Djelfa et Souk Ahras. Elle présente une puissance totale de 121,1 MW.
- **L'unité des Hauts Plateaux Ouest** : elle comporte les contrôles suivants ; Laghouat, S.B Abbas, Naama, Saïda et El Bayadh. Elle présente une puissance totale de 145 MW.
- **L'unité du Sud** : elle comporte les contrôles suivants ; Adrar, Kabertène, Tindouf Djanet, ZouietKounta, In Salah, Timimoune, Tamanrasset, Reggane, Aoulef. Elle présente une puissance totale de 78MW.

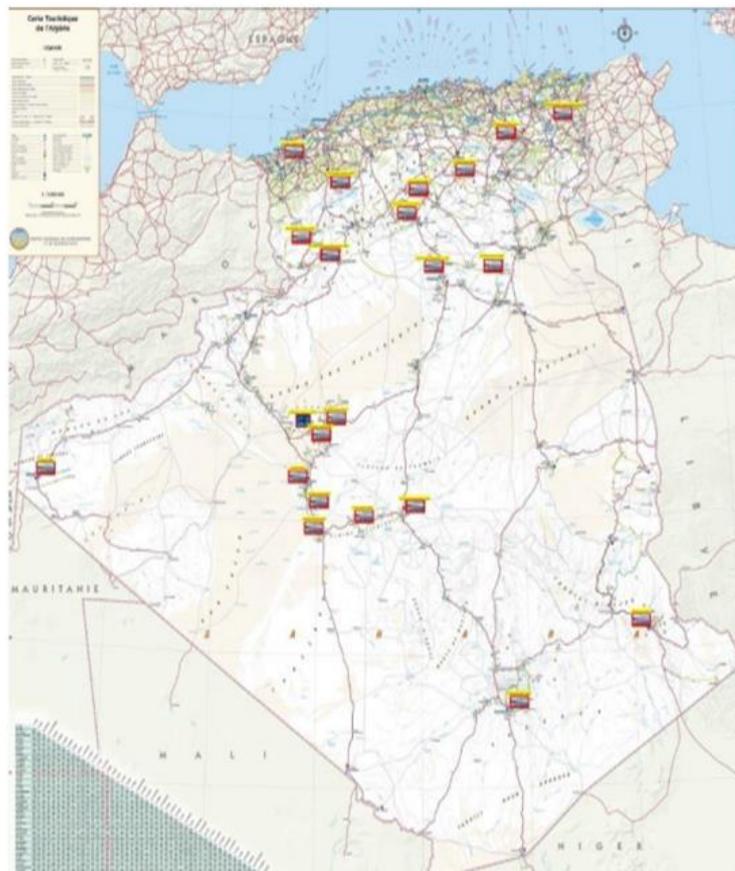
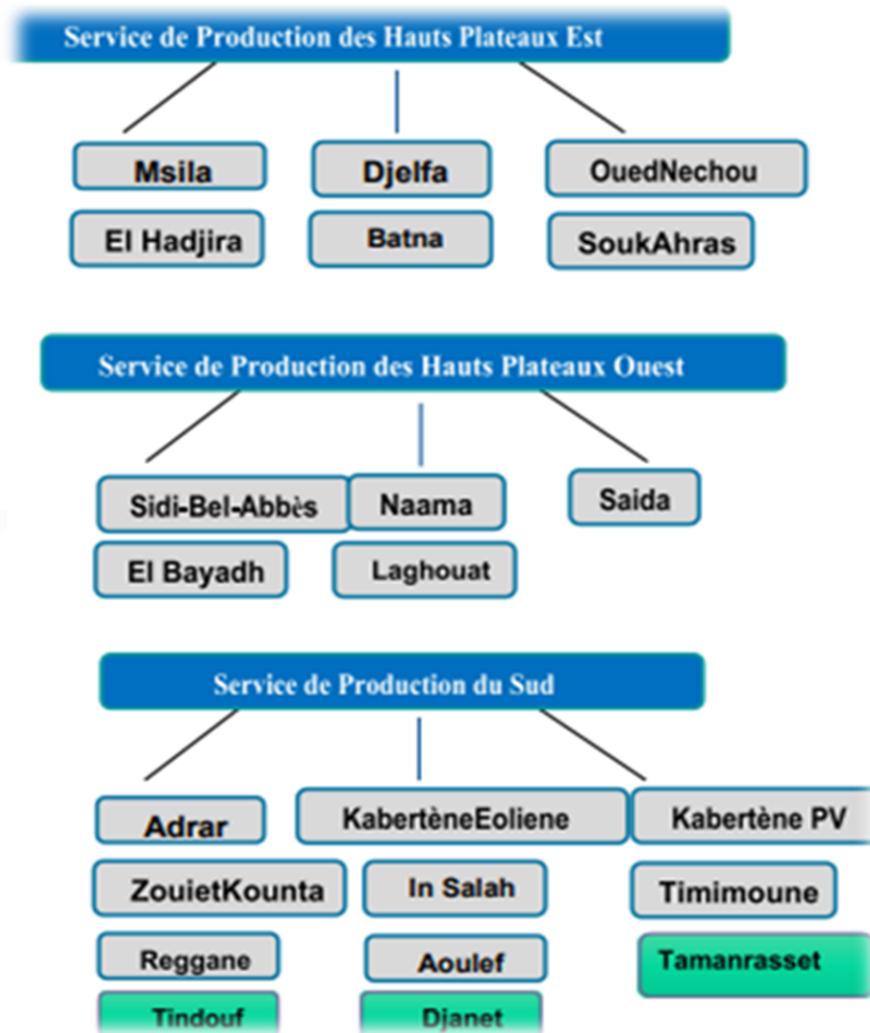


Figure II. 1: Situation géographique des centrales EnR relevant de SKTM.



*Figure II. 2 : Répartition des centrales photovoltaïques en Algérie Selon la région*

## **II.2. Principaux composants d'une centrale PV [12] :**

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

Il existe plusieurs composants d'un système photovoltaïque parmi lesquels

### **II.2.2.1. Le panneau PV [13] :**

L'ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles constitue le module ou le panneau PV, ce dernier est chargé de capter les rayons solaires et les convertir en électricité, il est défini par (voir la figure II.3) : La puissance maximale ( $P_{max}$ ) en watt crête ( $W_c$ ) développée en rayonnement solaire  $1000 \text{ W/m}^2$  et temps  $25^\circ\text{C}$ , le voltage de  $P_{max}$  ( $V_{max}$ ) en Volt, le voltage de circuit ouvert ( $V_{co}$ ) en Volt, l'ampérage de  $P_{max}$  en Ampère et l'ampérage de court-circuit ( $I_{cc}$ ) en Ampère

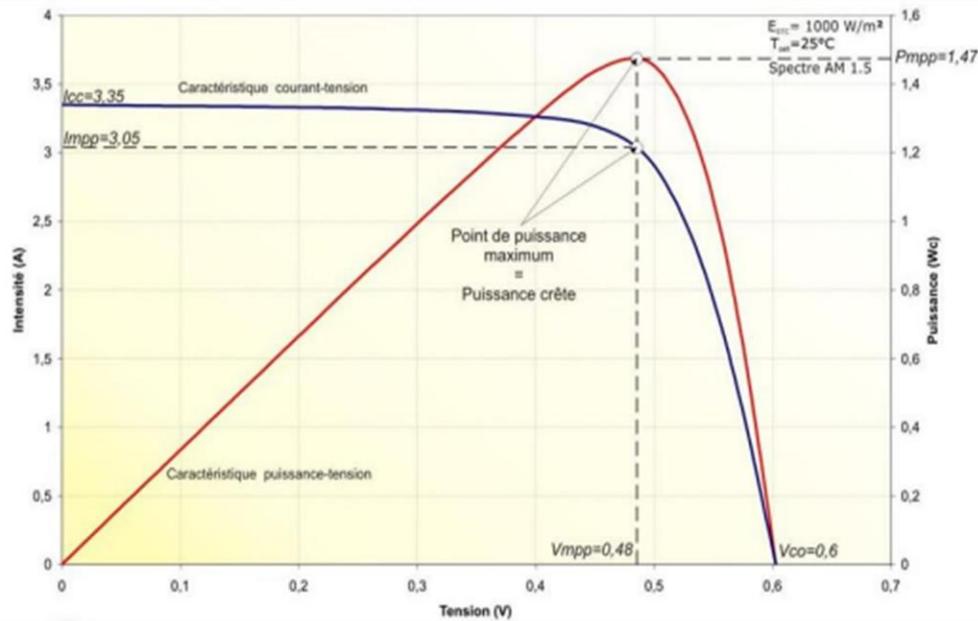


Figure II. 3 : Les caractéristiques courant – tension et Puissance – tension d’une cellule solaire [13].

### I I.2.2.1.1. La cellule photovoltaïque :

#### A- Caractéristique courant-tension d’une cellule PV [14] :

Les premiers paramètres qui apparaissent sur la caractéristique courant-tension d’une cellule photovoltaïque sont le courant de court-circuit ( $I_{cc}$ ), la tension à circuit ouvert ( $V_{co}$ ) et le facteur de forme FF; prend une valeur entre (1 et 2) ainsi que le rendement  $\eta$

**Courant de court-circuit ( $I_{cc}$ ) :** Il s’agit du courant lorsque le potentiel appliqué à la cellule est nul. C’est le plus grand courant que la cellule peut fournir

**Tension à circuit ouvert ( $V_{co}$ ) :** Comme son nom l’indique, c’est la tension aux bornes de la cellule lorsqu’elle n’est pas connectée à une charge ou lorsqu’elle est connectée à une charge de résistance infinie.

**Facteur de forme FF :** C’est Un paramètre important souvent utilisé à partir de la caractéristique  $I(V)$  pour qualifier la qualité d’une cellule ou d’un générateur PV.

Par la relation suivante :

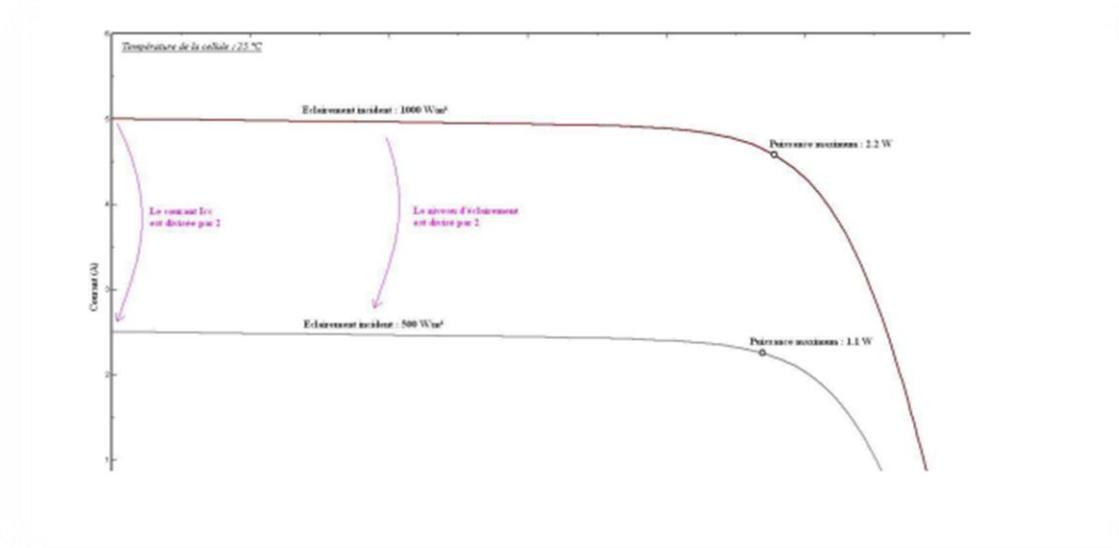
$$FF = P_{max}/V_{co}.I_{cc}$$

• **Le rendement  $\eta$  :** Le rendement  $\eta$  des cellules photovoltaïques PV désigne le rendement en puissance [14].

$$\eta = P_{max}/P_{in} = FF.I_{cc}. V_{co}/P_{in}$$

#### B- Effet du niveau d’éclairement sur la cellule PV [15] :

La figure II.5 représente la variation du courant par rapport à la tension pour deux différentes intensités lumineuses et les maximums de puissance pour chaque cas.

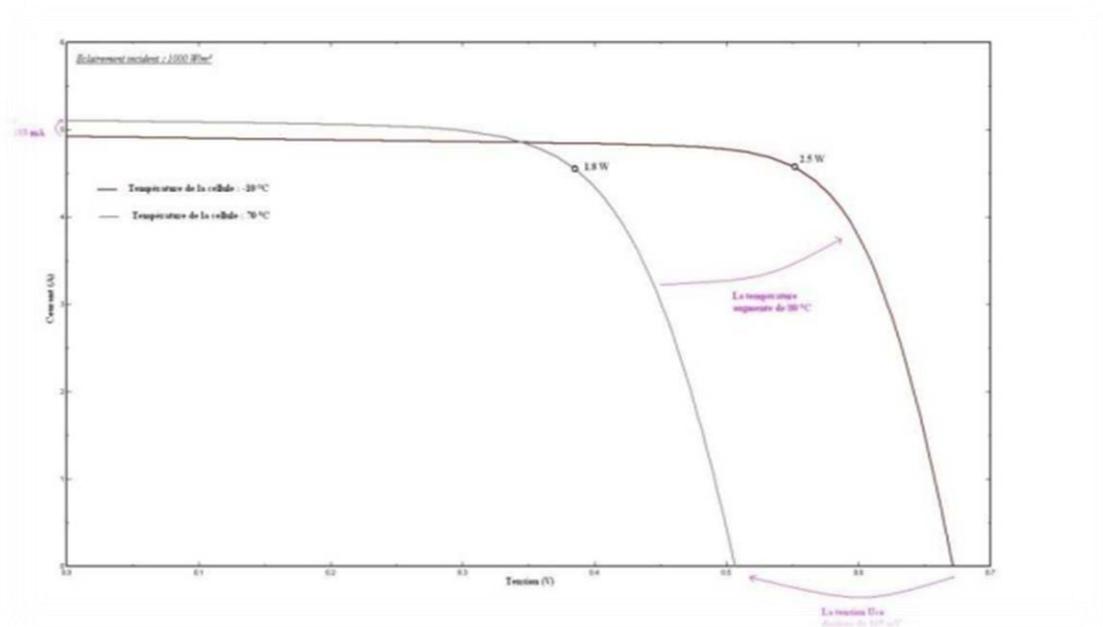


*Figure II.4: Effet de l'éclairement sur la cellule*

Sur cette figure on remarque que le courant est directement proportionnel au rayonnement solaire. Par contre, la tension est relativement peu dégradée.

Elle baisse avec l'éclairement (variation logarithmique). C'est pour cette raison que le silicium amorphe peut être utilisé sous éclairage artificiel, contrairement au silicium cristallin.

**C- Effet de la température sur la cellule PV [15] :**



*Figure II. 5 : Effet de la température sur la cellule*

On observe que la température de la cellule photovoltaïque induit un effet notable sur la tension de celle-ci. Par contre, l'effet de la température sur le courant de la cellule photovoltaïque est négligeable.

## **Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystèmeaux**

Il apparaît que plus la température de la cellule augmente, plus la tension à vide de celle-ci diminue. La puissance de la cellule étant égale au produit du courant et de la tension, la même règle s'applique sur la puissance :

Plus la température de la cellule augmente, plus la puissance de celle-ci diminue

### **II.2.2.2 Les boîtes centrales [16] :**

Les câbles principaux DC sont regroupés dans des centrales boîtes illustrer sur la Figure II.3. Selon leur polarité, les câbles DC principaux sont répartis sur des boîtes centrales (central Box). On a deux boîtes centrales Négatives regroupant les câbles DC Négatives et les deux autres positives regroupant les câbles DC positives dans chaque Skid.



*Figure II. 6 : les centraux box utilisés dans la centrale PV*

### **II.2.2.3 Batterie solaire [16] :**

Elle est chargée de stocker le courant produit par le panneau pour assurer l'autonomie de système, sa durée de vie est définie par nombre de cycle (charge-décharge), elle se caractérise par

- Ampérage en Ampère heure (Ah).
- Voltage en Volt.

Les batteries les plus utilisées pour les systèmes photovoltaïques sont les batteries d'accumulateurs électrochimiques

Elles doivent remplir trois fonctions importantes :

**Autonomie :** Une batterie permet de répondre aux besoins de la charge en tout temps, même la nuit ou par temps nuageux.

**Courant de surcharge [17] :** Une batterie permet de fournir un courant de surcharge pendant quelques instants, c'est-à-dire un courant plus élevé que celui que peut fournir le

## **Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystèmeaux**

champ photovoltaïque. Ceci est nécessaire pour faire démarrer les moteurs et les autres appareils requérant un courant de démarrage de 3 à 5 fois supérieur au courant d'utilisation. Stabilisation de la tension : Une batterie permet de fournir une tension constante, en éliminant les écarts de tension du champ photovoltaïque et en permettant aux appareils un fonctionnement à une tension optimisé

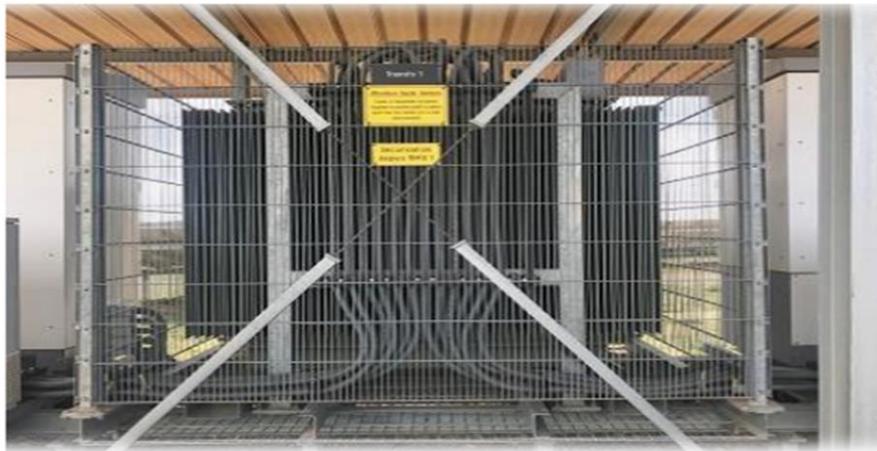
Il existe deux types de batteries

**1. Les batteries ouvertes :** Sont des batteries au plomb contenant de l'électrolyte liquide dont l'eau doit être contrôlée.

**2. Les batteries étanches :** Ne contiennent pas de liquide, mais du gel. Ainsi, elles peuvent fonctionner dans toutes les positions et ne demandent absolument aucun entretien puisqu'il n'y a pas d'eau à rajouter.

### **II.2.2.4 Les transformateurs :**

Chaque Skid comporte un transformateur de type SGB élévateur comme indiqué sur la Figure II.5. Ce dernier permet de transformer un système de tension et de courant alternatif en un autre système de tension et courant de valeurs généralement différentes, dans le but de transmettre la puissance électrique.



*Figure II. 7: Le transformateur de puissance utilisé dans la centrale PV*

### **II.2.2.5 Régulateur (contrôleur de charge) [18] :**

Les régulateurs sont mis en place dans les soucis d'assurer une longévité de système de stockage.

Donc de minimiser le cout d'installation. En effet, un régulateur est chargé de :

1. Contrôler la surcharge et la décharge de la batterie.
2. Assurer l'optimisation du système du point de vue énergétique ou il constitue un nœud de transfert d'énergie entre le module, le stockage et l'utilisation.

## **Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystréseaux**

Pour fonctionner, un régulateur a besoin d'un indicateur qui l'informe sur l'état de charge des batteries (il y a des régulateurs ont des afficheurs permet de montrer l'état de batterie et la tension des panneaux PV Le régulateur doit maintenir l'état de charge des batteries entre deux seuils :

Un seuil haut et un autre bas. Le choix des seuils dépend des caractéristiques des batteries et des conditions d'utilisation

### **II.2.2.6 Le convertisseur d'énergie (onduleur) :**

Il est chargé de convertir le courant continue développé par le solaire, vers un courant alternatif, et de voltage de branchement (12 V, 24 V...48V) vers 220 V, il est défini par : Voltage de branchement en volt et la puissance nominale à développer en watt.

### **II.2. 3 Analyse des performances journalières [19] :**

Les paramètres de performance ont été spécifiés par l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) et sont décrits dans les normes standardisées (Commission Electrotechnique Internationale) CEI 61724

Ces paramètres regroupent le rendement de référence ( $Y_r$ ), le rendement du champ PV ( $Y_a$ ), le rendement final du système PV ( $Y_f$ ), le rapport de performance (PR), les pertes du système (LS) et les pertes diverses (LC). Ces paramètres sont utilisés pour définir les performances du système dans son ensemble par rapport à la production d'énergie, les ressources solaires et l'effet global des pertes du système photovoltaïque.

### **I I.3. Présentation du logiciel PVSYST :**

#### **II. 3.1 Présentation de Projet :**

La simulation de système étudié était réalisée par le logiciel PVSYST, qui est un logiciel donne 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 Ouled Djallal, 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. 3.1.1 Site d'implémentation [20]**

Est une ville située au sud-ouest du massif des Aurès en Algérie, à environ 100 km au sud-ouest de la ville de Biskra et à 390 km au sud-est d'Alger. Elle compte environ 66 000 habitants, dont près de la moitié sont issus de l'exode rural des années 70. Rattachée à Biskra, depuis l'époque Ottomane, actuellement, Ouled Djallal est la 2ème ville et la 2ème daïra de la wilaya de Biskra (n° de la wilaya : 07) en matière de population et sur le plan économique. Toutefois, sur le plan historique et social (habitudes culinaires, vestimentaires, mode de vie, dialecte local, alliances de familles, origine), Ouled Djallal a beaucoup de similitude avec Djelfa et M'Sila.

La Wilaya 'Ouled Djallal est une wilaya algérienne créée le 26 novembre 2019. Auparavant, wilaya déléguée selon la loi no 15-140 du 27 mai 2015, portant création de circonscriptions administratives dans certaines wilayas et fixant les règles particulières qui leur sont liées, ainsi que la liste des communes qui sont rattachées à elle. Le conseil du ministère a approuvé la création de 10 nouvelles wilayas, dans le grand sud, et la création de 44 wilayas déléguées dans les hauts plateaux.

Les nouvelles wilayas sont : Bordj Badji Mokhtar, Djanet, Ain Salah, El Ménéa, Ain Guezzam, El Meghaïer, Touggourt, Béni Abbès, Timimoun et Ouled Djellal. Avec ce nouveau découpage, le gouvernement augmente le number des wilayas à 58.

Le climat d'Ouled Djallal est : sec et chaud en été (température entre «35 et 45 °C » le jour, et entre «25 et 35 °C » la nuit), il est sec et froid en hiver (température entre «10 et 20 °C » le jour, et entre «2 et 5 °C » la nuit). Le Tableau II.1 résume le climat de site de chaque mois de l'année

	<b>Température moyenne (°C)</b>	<b>Température minimale moyenne (°C)</b>	<b>Température maximale (°C)</b>	<b>Précipitations (mm)</b>
<b>Janvier</b>	9.8	4.4	15.2	12
<b>Février</b>	12.1	6.5	17.7	10
<b>Mars</b>	14.8	8.6	21.1	14
<b>Avril</b>	19.1	12.3	26	8
<b>Mai</b>	24.2	17.1	31.4	13
<b>Juin</b>	28.7	21.6	35.8	7
<b>Juillet</b>	32.3	24.8	39.9	2
<b>Août</b>	31.5	24.2	38.8	3
<b>Septembre</b>	27.2	20.9	33.5	15
<b>Octobre</b>	20.6	14.6	26.6	17
<b>Novembre</b>	14.4	9	19.9	17
<b>Décembre</b>	10.3	5.1	15.6	14

Tableau II.1: Climatique Ouled Djallal

## **Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystreux**

Premièrement nous avons retrouvé dans le PVGIS les coordonnées géographiques et météorologique de la zone de DEIFEL, wilaya de ouled djallal pour. Figure « II.9 » illustre la carte interactive de site.

Le PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) Fournit un accès sur l'Internet aux données sur le rayonnement solaire et la température et aux outils d'évaluation de la performance PV pour n'importe quel endroit en Europe et en Afrique, ainsi que dans une grande partie de l'Asie.

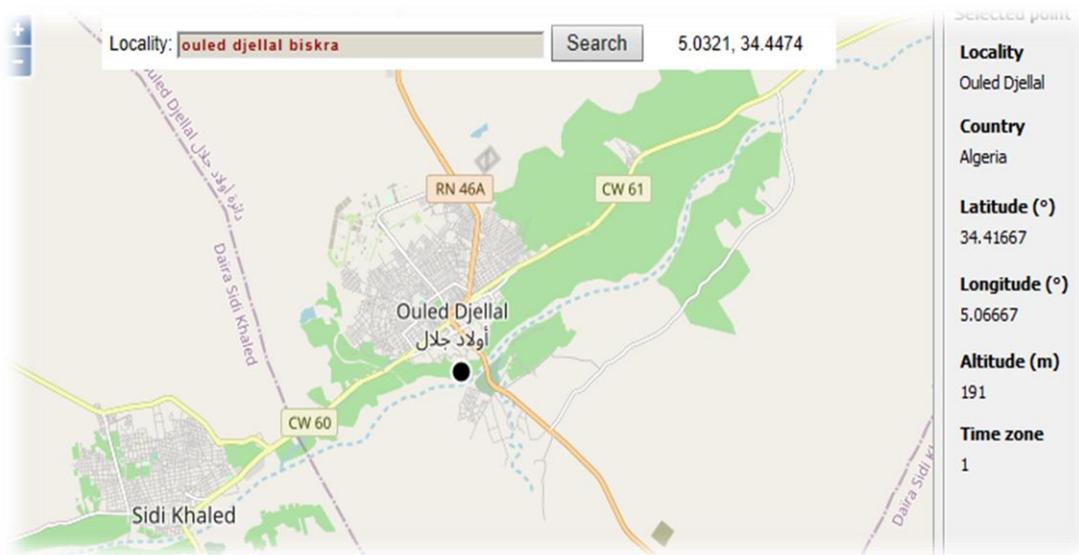


Figure II.8: Site de Ouled Djallal

### **II.3.1.1.1 Coordonnée Géographique de site DEIFEL Ouled Djallal [8] :**

Tout point de la surface terrestre est repéré par ses coordonnées géographiques longitude et latitude, ainsi que par son altitude comme indiqué la Figure « II.9 » et le Tableau II.2.

La Longitude correspond à l'angle formé par deux plans méridiens (passant par L'axe des pôles), l'un étant pris pour origine (méridien de GREENWICH 0°) et l'autre déterminé par le lieu envisagé. La latitude Donne la localisation du point par rapport à l'équateur. Et l'altitude c'est l'élévation du lieu par rapport au niveau de la mer. Elle s'exprime généralement en mètre,

Nous avons trouvé Pour DEIFEL la longitude est de 5.0635° Ouest, la latitude est de 34.4853° Nord, l'altitude est 200 mètres. Fus horaire (Gmt+1)

The screenshot shows a software interface with two main sections: 'Location' and 'Geographical Coordinates'.  
In the 'Location' section, there is a text input for 'Site name' containing 'Ouled djellal biskra', a dropdown for 'Country' set to 'Algeria', and a dropdown for 'Region' set to 'Africa'. A button labeled 'Get from coordinates' is on the right.  
The 'Geographical Coordinates' section features a 'Sun paths' button at the top. Below it, there are input fields for 'Latitude' (Decimal: 34.4167, Deg.: 34, min.: 25, sec.: 0) and 'Longitude' (Decimal: 5.0667, Deg.: 5, min.: 4, sec.: 0). There are also fields for 'Altitude' (191) and 'Time zone' (1.0). A 'Get from name' button is on the right. At the bottom, it indicates 'Legal Time - Solar Time = 0h 40m'.

Figure II.9: Coordonnée Géographique d'Ouled Djallal

### II.3.1.1.2 Données Météorologiques [21] :

La conception des systèmes photovoltaïques nécessite la connaissance du rayonnement solaire utile sur le site d'installation. Cette connaissance est un des paramètres essentiels de l'étude préalable dans le plan des panneaux solaires. Pour un besoin électrique donné, plus l'énergie solaire reçue est grande, moins on a des panneaux solaires à installer et inversement. En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé au sol. L'influence de l'atmosphère provoque la diffusion et l'absorption d'une partie du rayonnement incident. La modification par l'atmosphère du rayonnement solaire obéit à des phénomènes assez complexes et surtout en grande partie aléatoires. Le flux lumineux reçu au niveau du sol à un instant donné dépend d'un grand nombre de paramètres tels que le gaz présent dans l'atmosphère, les nuages, Albédo, la température ambiante, le vent, l'Humidité relative, etc. Or tous ces paramètres dépendent du lieu géographique, de la saison,

De l'heure de la journée, des conditions météorologiques du moment ce qui détermine physiquement la taille optimale du système à concevoir. Généralement, on utilise les moyennes mensuelles des données climatiques et / ou une estimation du nombre de jours consécutifs de faible ressource climatique (irradiation solaire) pour déterminer la taille des panneaux photovoltaïques et la capacité des batteries. Or, le comportement dynamique du système vis-à-vis de la nature aléatoire de l'irradiation solaire influe d'une manière remarquable sur la taille du système nécessaire pour une application déterminée.

La simulation nécessite des valeurs horaires pour : Irradiation global annuel de ce site Deifel ouled djallal qu'il est élevé 2046.0 KWh/m<sup>2</sup> ; Les valeurs d'Irradiation diffuse Horizontal sont : 575.6 KWh/m<sup>2</sup> , la température ambiante de 22,6° C; et la valeur minimale de la vitesse du vent est de 4.3 m/s, le tableau « II.2 » indique ces paramètres météorologiques.

=

	<b>Horizontal global irradiation</b>	<b>Horizontal diffuse irradiation</b>	<b>Temperature</b>	<b>Wind Velocity</b>	<b>Linke Turbidity</b>	<b>Relative Humidity</b>
	kWh/m <sup>2</sup> .mth	kWh/m <sup>2</sup> .mth	°C	m/s	[-]	%
January	33.3	22.5	1.8	2.39	2.330	80.1
February	55.8	31.4	3.2	2.49	3.348	73.5
March	105.7	46.4	6.7	2.80	3.348	68.0
April	138.9	65.8	10.4	2.49	3.279	65.6
May	168.6	74.9	15.2	2.20	2.988	66.6
June	187.8	79.6	19.0	2.29	3.137	65.3
July	187.1	68.3	20.4	2.21	3.137	64.1
August	160.1	67.5	19.6	1.89	3.137	67.2
September	119.1	42.2	15.3	1.99	2.911	74.3
October	71.9	37.7	11.5	1.89	2.988	79.3
November	38.4	21.2	5.8	2.10	2.833	80.5
December	26.7	17.7	2.8	2.38	2.754	79.0
<b>Year</b>	<b>1293.4</b>	<b>575.2</b>	<b>11.0</b>	<b>2.3</b>	<b>3.016</b>	<b>72.0</b>

Horizontal global irradiation year-to-year variability 3.5%

Tableau II.2: Paramètres Climatique de Ouled Djallal

### II.3.1.2 l'orientation des panneaux [22] :

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.

Nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison 35° (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure (II.11) c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST, avec l'orientation plein sud (inclinaison et azimuth du panneau) et l'optimisation par rapport annuelle, avec toutes les pertes ont négligentes. On définit Le facteur Transposition qu'il est le rapport de l'irradiation incidente (GlobInc) 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

$$F_t = 1,17.$$

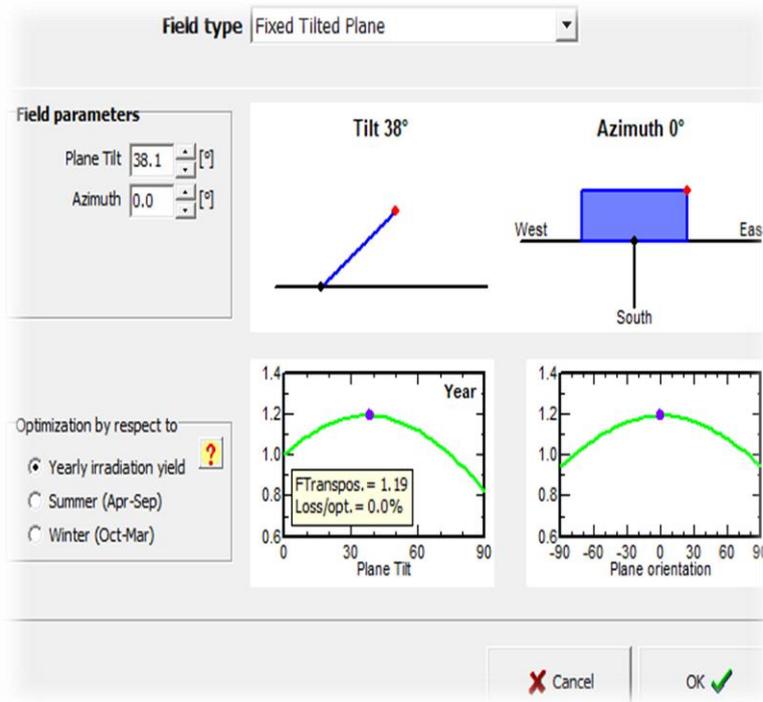


Figure II.10: Angle D'orientation

### II.3.1.3 Hauteur du soleil :

La définition d'un profil de l'horizon est une opération très simple avec l'outil graphique PVSYS. 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° à 90° » vers le zénith et de «0° vers - 90° » vers le nadir.

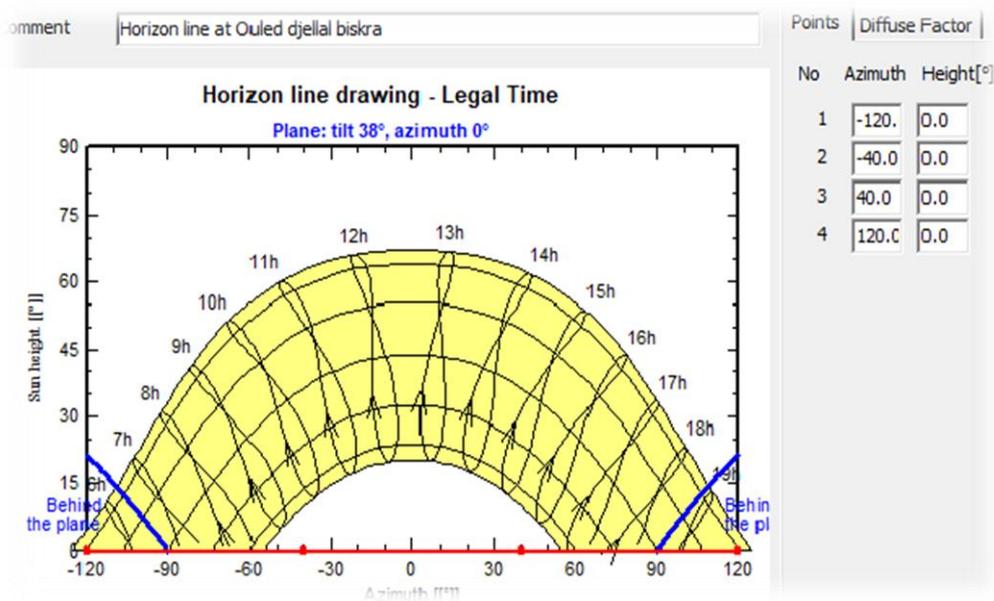


Figure II.11: Horizon du Ouled Djallal

### **II.3.2 Simulation d'une centrale photovoltaïque :**

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.13 » montre le schéma simplifié de notre système photovoltaïque couplé au réseau. Ce système se devise en trois partis :

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 MPPT 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.

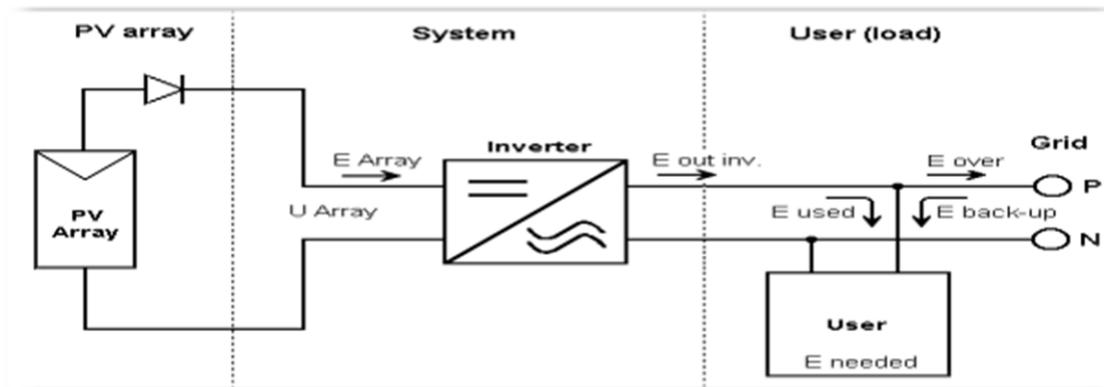


Figure II.12: Schéma Simplifié

#### **II.3.2.1 Dimensionnement du system :**

Le dimensionnement du système est basé sur une procédure simple et rapide, on détermine les paramètres techniques des modules PV et de convertisseur pour injecter un générateur PV, sans batterie au réseau électrique, dans le site ouled djallal, et de puissance est estimée à «50 MWh », avec superficie égale à «100 Hectares », comme illustre la Figure « II.14».

Nous avons choisi des modules de «31V/305Wp en Silicium Polycristallin », la marque de « YL305P\_35b since 2015, Manufacteur2015 », et un convertisseur d'énergie de 2200[KW], de fréquence de 50[Hz] et 60[Hz], à un voltage d'intervalle de «570\_950V », la marque « Sunny central 2200, Since 2015 » par la suite en déduire ce dimensionnement de notre système et retrouver les résultats.

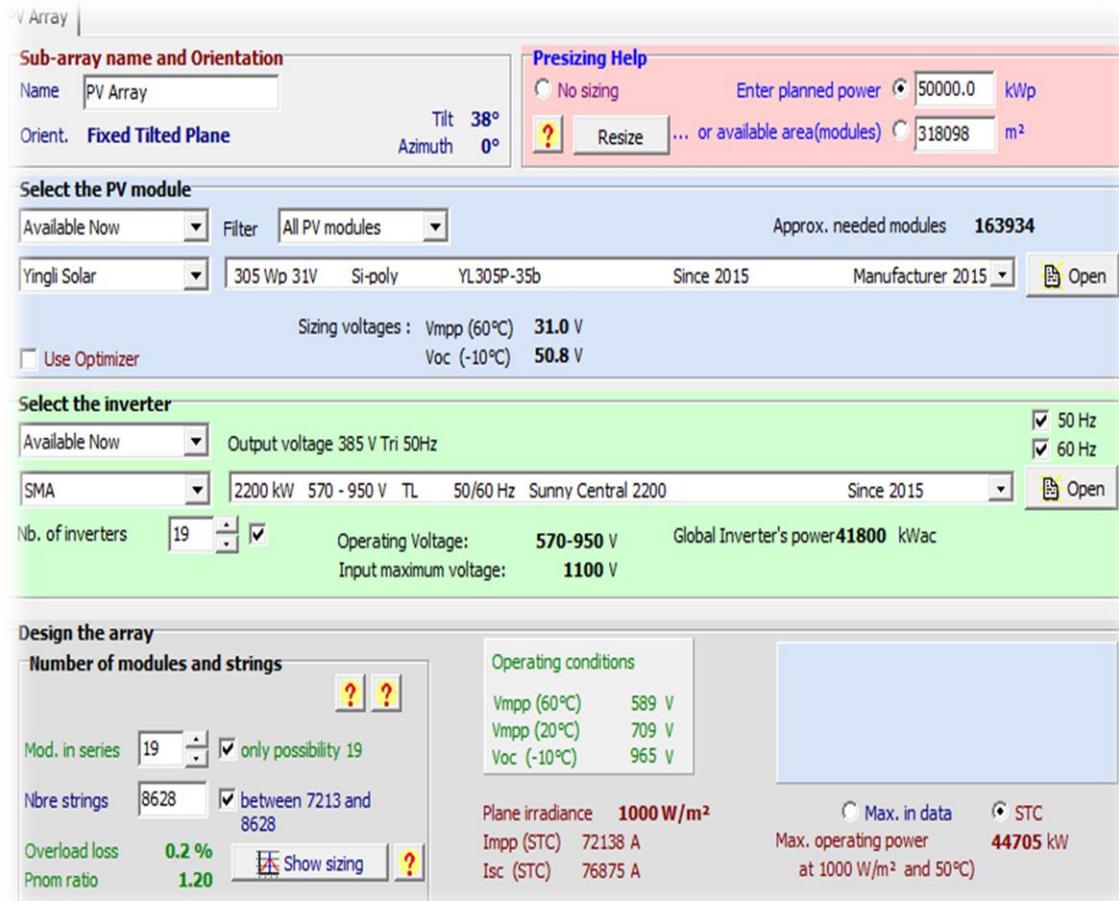


Figure II.13 : Configuration globale du système

On note que le PVSYST 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 informés dans la fenêtre correspondant.

### II.3.2.2 Caractéristiques de Module PV :

Concernant les modules PV, La figure « II.15» 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, La figure « II.15» monte les caractéristiques techniques du module PV (les courbes).

## Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystréseaux

Definition of a PV module

Basic data | Sizes and Technology | Model parameters | Additional Data | Commercial | Graphs

Model: YL305P-35b      Manufacturer: Yingli Solar  
 File name: Yingli\_YL305P-35b\_2015.PAN      Data source: Manufacturer 2015  
 Original Pvsyst database      Prod. Since 2015

Nom. Power: 305.0 Wp    Tol. -/+ 0.0 3.0 %    Technology: Si-poly (at STC)

**Manufacturer specifications or other measurements**

Reference conditions	GRef	1000 W/m <sup>2</sup>	TRef	25 °C
Short-circuit current	Isc	8.910 A	Open circuit Voc	45.50 V
Max Power Point	Impp	8.340 A	Vmpp	36.60 V
Temperature coefficient	muIsc	3.7 mA/°C	Nb cells	72 in series
	or muIsc	0.042 %/°C		

**Model summary**

**Main parameters**

R shunt	288 ohm
Rsh(G=0)	932 ohm
R serie model	0.43 ohm
R serie max.	0.48 ohm
R serie apparent	0.64 ohm

**Model parameters**

Gamma	0.957
IoRef	0.06 nA
muVoc	-154 mV/°C
muPMax fixed	-0.42 /°C

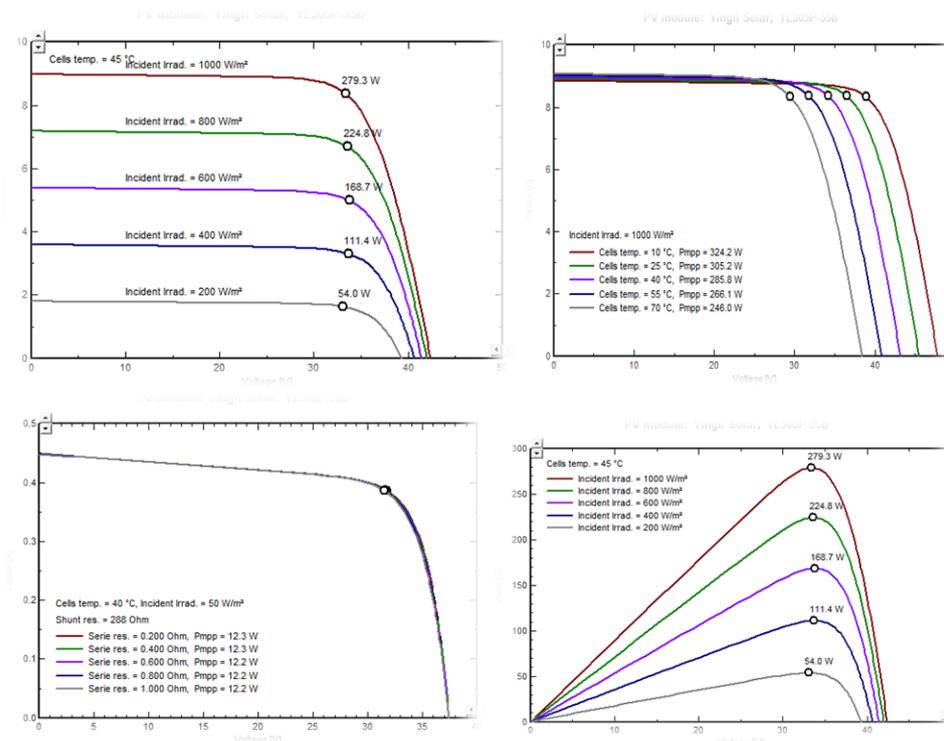
**Internal model result tool**

Operating conditions: GOper 1000 W/m<sup>2</sup>    TOper 25 °C

Max Power Point: Pmpp 305.2 W    Temper. coeff. -0.42 %/°C  
 Current Impp 8.36 A    Voltage Vmpp 36.5 V  
 Short-circuit current Isc 8.91 A    Open circuit Voc 45.5 V  
 Efficiency / Cells area 17.42 %    / Module area 15.73 %

Show Optimization    Copy to table    Print    Cancel    OK

Figure II.14: Caractéristiques de Module PV



## Chapitre II : Etude de les centrales photovoltaïques et présentation de Logiciel Pvsystréseaux

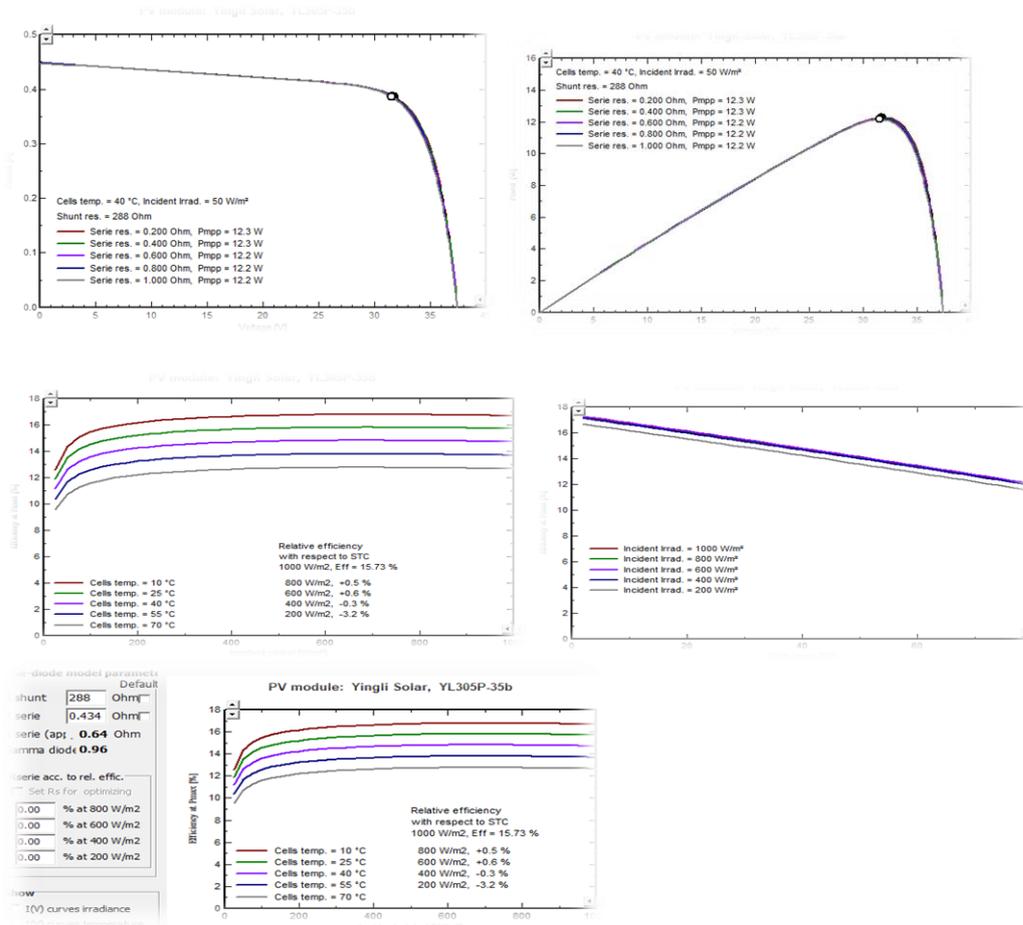


Figure II.15 : Caractéristiques Techniques du Module PV Choisi (courbes)

### II.3.2.3 Caractéristique de l'onduleur :

Model	Sunny Central 2200	Manufacturer	SMA
File name	SMA_Central_2200.OND	Data source	Manufacturer 2018
	Original Pvsyst database	Prod. Since	2015

Input side (DC PV field)		Output side (AC grid)	
Minimum MPP Voltage	570 V	Frequency	50 Hz
Min. Voltage for PNom	N/A V	Grid Voltage	385 V
Maximum Input Current	N/A A	Nominal AC Power	2200 kVA
Nominal MPP Voltage	570 V	Maximum AC Power	2200 kVA
Maximum MPP Voltage	950 V	Nominal AC current	3300 A
Absolute max. PV Voltage	1100 V	Maximum AC current	3300 A
Power Threshold	2000 W	Efficiency	98.60 %
Contractual specifications, without real physical meaning	Required	Efficiency defined for 3 voltages	
Nominal PV Power	2244 kW		
Maximum PV Power	5500 kW		
Maximum PV Current	6400 A		

Figure II.17: Caractéristiques Techniques de l'onduleur

#### **II.4 Conclusion :**

Dans deuxième chapitre nous illustré une présentation du site d'étude et les différents éléments de systèmes électriques de ce champ photovoltaïque pour cela nous avons commencé avec les différentes technologies des panneaux photovoltaïque qui existe dans ce site puis la description et le principe de fonctionnement

La centrale photovoltaïque est de même technologie que les centrales photovoltaïques d'Ain Skhouna (Saida), (Namaa) et (El Bayadh). Elle a été réalisée par la société allemande BELECTRIC et de même toutes les tâches de maintenance et d'entretien sont sous la responsabilité de cette société.

L'utilisation du logiciel PVsyst nous a permis d'étudier pratiquement tous les éléments de l'installation photovoltaïque autonome, en précisant les caractéristiques électriques de chaque composant ainsi que le coût de ces derniers.

## **Chapitre III :**

### **DIMENSIONNEMENT DE LA CENTRAL PV**

**III.1. Introduction:**

L'installation photovoltaïque est un assemblage des panneaux photovoltaïques eux même composés d'un ensemble des cellules photovoltaïques reliées entre elles. Lorsque ces cellules sont exposées aux rayonnements du soleil, elles produisent de l'électricité, Tout système photovoltaïque peut se composer d'un module photovoltaïque à lui seul ne peut pas grand-chose en termes de réponse à un besoin défini il doit donc être associé à un système complet. Pour problème de coût d'installation, Nombreux des logiciels existent maintenant pour modéliser, optimiser ou dimensionner les différents systèmes conçus à partir de l'énergie renouvelable.

Présente les résultats de simulation par les logiciels « PVSYST » pour une centrale photovoltaïque (PV) couplée au réseau électrique avec les résultats et leur interprétation

Le but de notre travail est le dimensionnement et la simulation numérique du fonctionnement d'une centrale de production d'énergie électrique Le système choisi dans notre étude se compose un champ PV

**III.2 Résultats pour PVSYST**

**III.2.1 Distribution de la puissance du champ PV**

On voit dans la figure « III.1 » la puissance effective annuelle produite par le champ PV pouvant atteindre de 64479(KWh) ou 64.479 (MWh), aussi la valeur de pic de puissance de 4500 MWh/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 des modules. Aussi, Ces pertes ohmiques de câblage dues au niveau d'irradiante, qui varient suivant le rayonnement global reçu, et l'éclairement, on remarque que la une valeur de 1.10 %.

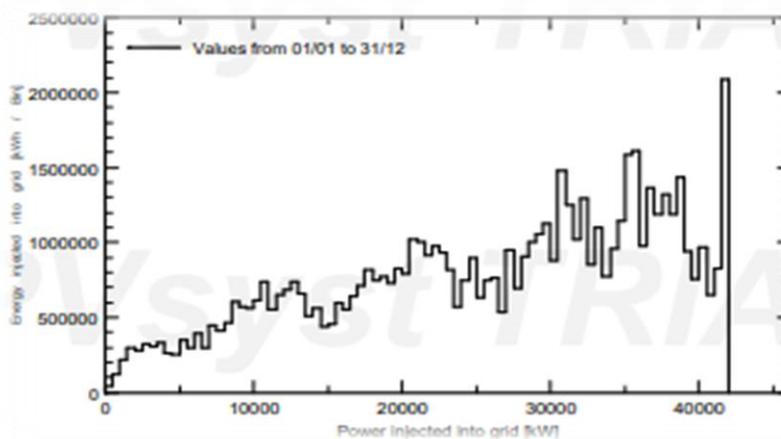


Figure III.1 : Distribution de la puissance du champ PV

**III.2.2 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 65739(KWh) vers la valeur de 64479 (KWh) à la sortie du convertisseur. la figure «III.3» illustre Le signal de pertes avec un pic de 6000 (MWh).

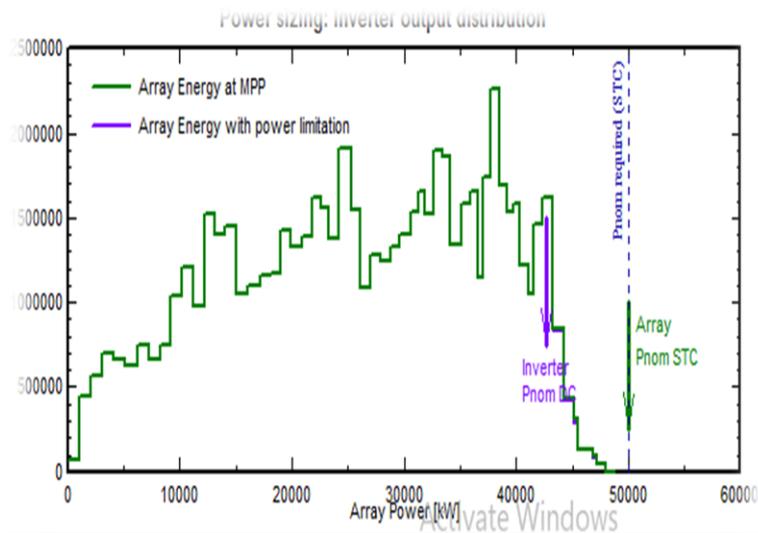


Figure III.2 : Distribution de la sortie de l'onduleur

### III.2.3 Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

Le diagramme journalier Entrée/Sortie de la figure « III.6 ». Nous donnons l'Energie 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 meilleur 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.

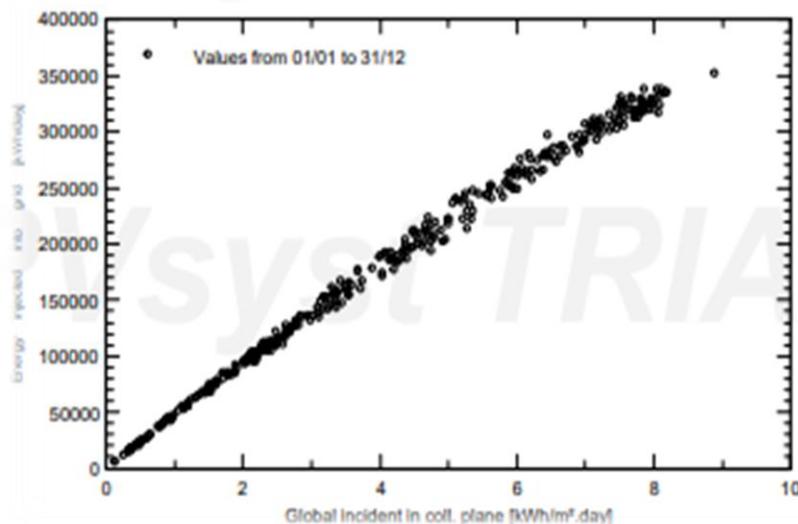


Figure III.3 : Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

### III.2.4 Diagramme des pertes sur l'année entière

Le diagramme de la figure « III.7 ». Résume les pertes de la production de système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effet d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes dues à

la qualité des modules, etc. En effet, l'énergie produit par le champ PV (énergie sortie du champ) estimée à 49999 (KWh) et réduite à énergie annule produit 64479(KWh/an) ou 64.479 (MWh) a la sortie pour utilisateur.

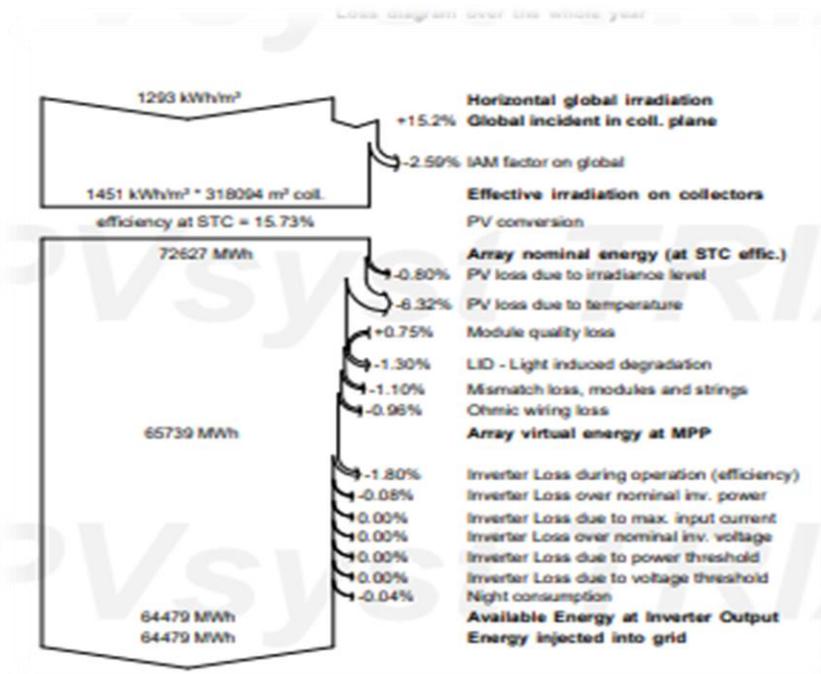


Figure III.4 : Diagramme des pertes sur l'année entière

Facteur de l'IAM sur global : La perte de 2.59 % 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 où

- 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 6.32% est la plus importante dans notre système,

- Elle due au température ambiante (plus que la température ambiante est élevé cette perte devient 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 1.10% provient de l'arrangement des panneaux

- Pertes ohmiques de câblage : Cette perte de 0.96 % due aux câbles on peut l'abaisser si on
- Augmente les Sections des câbles.
- •Perte par rapport à la fonction MPP : 1.8%
- Les restes des pertes : sont dues à la batterie à l'état charge et décharge

### III.2.5 Evaluation Les productions normalisées

La figure « III.8 ». 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 –Aout). L'énergie minimale est produite durant le mois de Décembre. Les pertes

Lc, Ls sont les pertes correspondantes au champ PV on remarque que ces valeurs des pertes égales à 0.48 (KWh/kWp/jr).

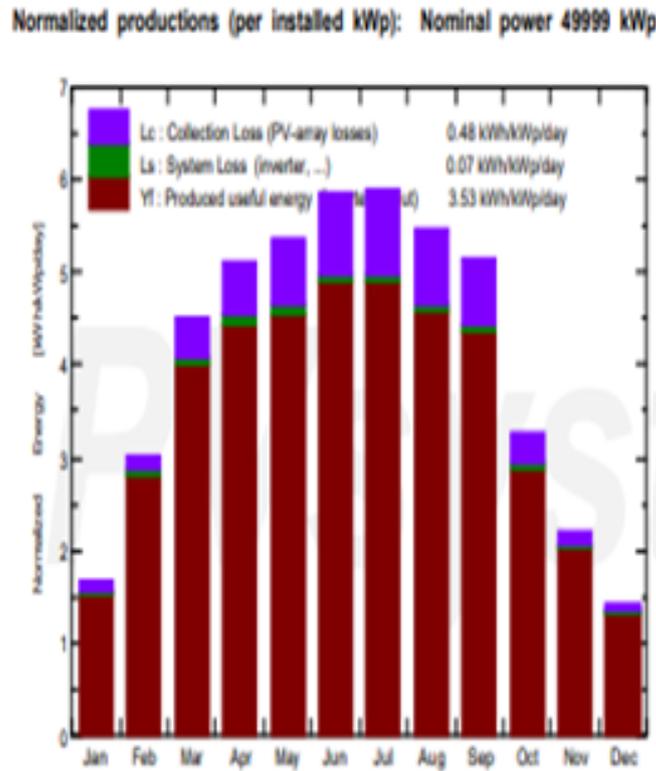


Figure III.5: Les productions normalisées

### III.2.6 Indice de performance

L'indice de performance 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 indépendant de l'orientation des panneaux et du rayonnement incident.

Le peut atteindre 72% dans la figure « IV.9» 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

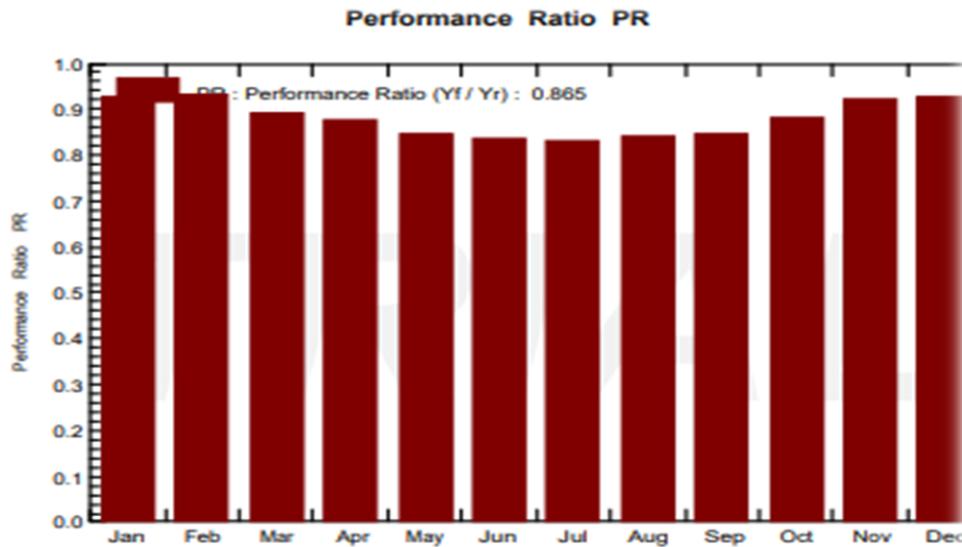


Figure III.6: L'indice de performance (PR)

### III.2.7 Bilans

Le tableau suivant résume le bilan de l'énergie reçu et délivrée par l'installation durant une année par mois

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	33.3	22.50	1.78	51.8	50.8	2454	2402	0.927
February	55.8	31.40	3.17	84.8	83.0	4026	3950	0.931
March	105.7	46.40	6.67	139.3	136.1	6329	6212	0.892
April	138.9	65.80	10.37	152.8	148.5	6800	6676	0.874
May	168.6	74.90	15.16	166.6	161.6	7195	7064	0.848
June	187.8	79.60	18.99	175.9	170.6	7466	7332	0.834
July	187.1	68.30	20.37	182.3	177.2	7710	7574	0.831
August	160.1	67.50	19.65	169.3	164.4	7226	7098	0.839
September	119.1	42.20	15.29	154.4	150.8	6666	6545	0.848
October	71.9	37.70	11.54	101.6	99.4	4576	4491	0.884
November	38.4	21.20	5.84	66.6	65.3	3123	3062	0.920
December	26.7	17.70	2.76	44.7	43.8	2120	2074	0.928
Year	1293.4	575.19	11.01	1490.1	1451.5	65690	64479	0.865

Tableau III.1: bilan de l'énergie

### **III.3 Conclusion :**

Ce chapitre présente une étude de résultats du dimensionnement du système photovoltaïque injecté dans le réseau de site Ouled Djellal , les logiciel PVSYST Nous avons exposé des résultats pour le logiciel PVSYST et pour celui pour dimensionner ce système raccordé au réseau, qui permettrait non seulement de réduire le coût de l'installation, en supprimant le coût des batteries, car le stockage ne sera plus nécessaire, mais qui permettra en plus d'avoir une possibilité de revendre l'énergie excédentaire au réseau et ainsi faire des profits, ce qui amortira le prix d'investissement initial. Sans oublier que PVSYST est conçu pour le système PV seulement par contre le pour hybridation (système PV éolien, diesel.).

## Conclusion générale

L'objectif général de notre travail est la simulation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique en utilisant logiciels « PVSYST » Afin d'aboutir à une meilleure optimisation qui demeure l'objectif principale de tous les installateurs pour couvrir les l'Algérie dispose d'une situation géographique très important pour un gisement solaire très important. Le site de l'installation de notre future centrale PV d'ouled djellal à la zone diffel avec une puissance 50 MW, Le premier outil de simulation utilisé est le logiciel PVSYST V6.40. Ce logiciel répond aux choix des composants constituant notre installation de site Ouled Djellal, il se base sur les coordonnées géographiques et météorologiques pour retrouver l'irradiation solaire et la température, nous avons choisi un module PV de puissance de 305 W un onduleur de puissance maximale de 2200 KW afin d'injecter 50 MW dans le réseau d'ouled djellal cela pour obtenir le dimensionnement de l'installation est composée de 163932 modules PV, distribués en 8628 branches. Soins locaux et vendre le surplus au réseau central.

On a commencé par l'étude détaillée des composants du système depuis le rayonnement solaire jusqu'à la charge.

On a ensuite utilisé le logiciel PVsyst pour le dimensionnement de l'installation pour estimer l'énergie solaire capté par le panneau PV installé

Du côté environnement, l'étude de l'installation photovoltaïque autonome a révélé que l'émission du CO<sub>2</sub> est très réduite, ce qui est un avantage pour de telles technologies.

Toutes fois, des perspectives demeurent nécessaires au-delà de ce mémoire, dont :

- Affiner le travail en utilisant des modèles plus performants et plus complexes.
- Généraliser l'étude pour d'autres zones climatiques algériennes.

A la fin dans ce travail de dimensionnement d'une centrale PV au réseau électrique, on a conclu que le logiciel « PVSYST » est moins cher et il est conçu seulement pour les systèmes photovoltaïques

## Bibliographie

- [1] Y. Pankow, « Etude de l'intégration de la production décentralisée dans un réseau basse tension ». Thèse de doctorat de l'école Nationale supérieure d'Art et Métiers, décembre 2004
- [2] F. Bouchtouche cherfa « Etude et réalisation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau de distribution électrique BT ». Mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique Elharach, 2004.
- [3] B. Wafa, "Convertisseurs multiniveaux dans les systèmes PV connectés au réseau," Mémoire de Magister en Électrotechnique, Option : Énergies renouvelables, Université Mohamed Khider, Biskra, 2013.
- [4] A. Kaabeche, M. Belhamel, R. Ibtouen, S. Moussa, and M. Benhaddadi, "Optimisation d'un système hybride (éolien-photovoltaïque) totalement autonome," Revue des Énergies renouvelables, vol. 9, pp. 199-209, 2006.
- [5] <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6722/689.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] <https://docplayer.fr/52333135-Modelisation-et-simulation-d-un-systeme-photovoltaique-adapte-par-une-commande-mppt.h>
- [7] <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/7628/YaciniLounis.pdf?sequence=1>
- [8] <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5612/M-ELEC.MEC-2020-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11719/1/Ms.ELN.Semmache%2bSmahi.pdf>
- [10] [file:///C:/Users/Jalil/Downloads/orca\\_share\\_media1647946865366\\_6911990129196167489%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jalil/Downloads/orca_share_media1647946865366_6911990129196167489%20(1).pdf)
- [11] <file:///C:/Users/Jalil/Downloads/YannPankow.pdf>
- [12] Hneini Mema Babe « Etude de la centrale photovoltaïque d'Ain Skhouna (Saida) », mémoire de master en génie mécanique option énergétique. Université de Mohamed Boudiaf M'sila, 2019.
- [13] <http://slideplayer.fr/slide/171671> (15/05/2017).
- [14] Melle AMARA Karima « Contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension ». Mémoire de magister en Electronique UMMTO.
- [15] Yves Brière, Microtransat 2006.
- [16] Mustapha Belarbi, « Contribution à l'étude d'un générateur solaire pour site autonome » Thèse de Doctorat Es-Sciences, Université des sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf 2015.

- [17] Petibon Stéphane « Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques ». Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2009
- [18] Tebboub Bilal, Etude des systèmes photovoltaïques à double et triple jonction, mémoire magister, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (2015).
- [19] [https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/These\\_BELARBI\\_M.pdf](https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/These_BELARBI_M.pdf)
- [20] <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/6199/1/Mast.GEE.KALAJDI%20Chekrouni.pdf>
- [21]. International Standard IEC 61724, Photovoltaic system performance monitoring guidelines for measurement, Data exchange and analysis. 1998.
- [22]. Hneini Mema Babe « Etude de la centrale photovoltaïque d'Ain Skhoua (Saida) », mémoire de master en génie mécanique option énergétique. Université de Mohamed Boudiaf M'sila, 2019
- [23]. Document de la SKTM : Centrales PV de SKTM.
- [24] <http://www.sktm.dz/?page=article&id=56>
- [25] Behauptungen und Stellungnahmen zum Thema Photovoltaik Thomas Nordmann, PV Förderprogrammleiter E2000, TNC Consulting, 8708 Männedorf
- [26] Wirtschaftlichkeit Speicherkraftwerke Michael Höckel, Bulletin UCS 2/1995
- [27] Photovoltaics as a demand-side management option Benefits of a utility-customer partnership Wenger, Hoff, Perez, World Energy Congress Atlanta 1992
- [28] [] <https://www.algerie-eco.com/2019/11/26/creation-10-nouvelles-wilayas-sud-du-pays/>.
- [29] : BOUTLILIS Fatima: Modélisation et simulation des sources de production décentralisée Application à l'intégration d'un générateur PV à stockage dans un réseau électrique, Thèse de Doctorat EN GENIE ELECTRIQUE, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Faculté des Sciences et de la Technologie UNITE DE RECHERCHE ENERGIES RENOUVELABLES.