



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministre de L'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Hydrocarbures et des Énergies Renouvelables et des Sciences de la  
Terre et de L'Univers

**Mémoire**

Présente pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**Spécialité : Énergies renouvelables en mécanique**

**Option : Énergies renouvelables**

Présenter par :

SLAMANI Chanez

**Thème :**

**Etude et simulation d'un système hybride  
PV/Diesel/Batterie pour alimenter une  
maison isolé**

Soutenu publiquement le : 08/06/2019

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	Mr. ROUAG OMAR	MCB	Université d'OUARGLA
<b>Examineur</b>	Mr. DERNOUNI MOHAMED	MCB	Université d'OUARGLA
<b>Encadreur</b>	Mr. DOUAK MOHAMED	MA	Université d'OUARGLA

**Année universitaire : 2018/2019**

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents*

*A ma petite sœur*

*A ma belle famille*

*A mon mari*

*A mon encadreur Mr. DOUAK MOHAMED*

*Aux membres du Jurer: Dr. ROUAG OMAR et Dr. DERNOUNI MOHAMED*

*A tous mes condisciples et mes ami(e)s Fatima et Rima et Iman et Nawal*

*A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science*

*Et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien*

*Et la prospérité de l'humanité*

# Nomenclature

C :	capacité de la batterie en ampère	A.h
$E_c$ :	Energie électrique journalière	kWh/jour
$E_c$ :	énergie consommée par jour	Wh/j
$E_p$ :	énergie produite par jour	Wh/j
$I_r$ :	irradiation quotidienne moyenne annuelle	kWh/m <sup>2</sup> .jour
$I_r$ : Est l'irradiation moyenne journalière. Estimée dans notre région à 6.506 kWh/m <sup>2</sup> /j		
K :	Rendement 0.85	-
$N_{b \text{ tot}}$ :	nombre totale des batteries	-
$N_p$ :	nombre de panneaux	-
U :	tension de la batterie	V
$P_c$ :	puissance crête	Wc
$P_i$ :	$cte=1$	KWh/m <sup>2</sup> /j
$P_{on}$ :	puissance de l'onduleur	W
$P_{max}$ :	puissance max	W
$V_{mpp}$ :	tension a puissance max	V

# Liste de la figure

## Chapitre 01:

<b>Figure 1-1</b> : Les énergies renouvelables dans la production nationale.....	9
<b>Figure 1.2:</b> Jonction P-N dans une cellule photovoltaïque.....	10
<b>Figure 1.3:</b> Cellule PV monocristalline.....	11
<b>Figure 1.4:</b> Cellule PV poly cristalline.....	12
<b>Figure 1.5:</b> Cellule photovoltaïque amorphe.....	13
<b>Figure 1.6</b> : Cellule tandem.....	14
<b>Figure 1.7:</b> Cellule multi-jonction.....	14
<b>Figure 1.8:</b> (a/b) mise série et en parallèle de plusieurs panneaux.....	18

## Chapitre 02:

<b>Figure 2.1:</b> Situation géographique de la région d'étude.....	25
<b>Figure 2.2</b> : Température moyenne mensuelle à Ouargla l'année 2018.....	26
<b>Figure 2.3:</b> les variations de Consommation électrique Monteil durent l'année 2018.....	29
<b>Figure 2.4:</b> Architectures électriques d'un micro-réseau autonome.....	34

## Chapitre 03:

<b>Figure 3.1:</b> Schéma du système PV/batterie avec un générateur diesel.....	37
<b>Figure 3.2</b> : Profile de charge moyenne en électricité pour chaque heure de la journée.....	38
<b>Figure 3.3</b> : caractéristique technico-économique du panneau photovoltaïque.....	39
<b>Figure 3.4</b> : caractéristiques de la batterie.....	39
<b>Figure 3.5</b> : caractéristiques de l'onduleur chargeur.....	40
<b>Figure3.6</b> : représente la température mensuelle à Ouargla.....	40

<b>Figure 3.7:</b> Irradiation sur le plan horizontal journalière moyen de la ville d'Ouargla.....	41
<b>Figure 3.8 :</b> configurations possibles des générateurs désile.....	41
<b>Figure 3.9:</b> générateur diesel.....	43
<b>Figure 3.10:</b> moyenne mensuelle de production d'électricité.....	44

## Liste des tableaux

### Chapitre 01:

<b>Tableau 1.1 :</b> Potentiel solaire.....	6
<b>Tableau 1.2:</b> Suivant présente Caractéristiques pour les technologies les plus utilisées d'une cellule photovoltaïque.....	16

### Chapitre 02:

<b>Tableau 2.1 :</b> Température moyenne mensuelle à Ouargla l'année 2018.....	25
<b>Tableau 2.2:</b> Valeurs moyenne d'insolation mensuelle.....	26
<b>Tableau 2.3:</b> Les valeurs de l'irradiation globale journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.....	26
<b>Tableau 2.4:</b> Les valeurs globales de l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.....	27
<b>Tableau 2.5 :</b> Fourniture d'énergie électrique durant la journée.....	28
<b>Tableau 2.6 :</b> Les données de la consommation électrique pour chaque période.....	29
<b>Tableau 2.7 :</b> Caractéristique techniques du type de modules PV poly cristallines.....	30
<b>Tableau 2.8:</b> Les caractéristiques principales de l'onduleur choisi.....	32

### Chapitre 03:

<b>Tableau 3.1:</b> Simulation du système PV avec plusieurs générateur Diesel.....	42
<b>Tableau 3.2 :</b> Les caractéristiques du groupe Diesel.....	42
<b>Tableau 3.3:</b> Résultats énergétique du système PV avec un générateur diesel.....	43
<b>Tableau 3.4:</b> coût initial du système photovoltaïque.....	44
<b>Tableau 3.5:</b> Résultats économique d'un système hybride PV/Diesel/Batterie.....	45

# SOMMAIRE

**Dédicaces**

**Remerciements**

**Nomenclature**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Sommaire**

Introduction générale..... 1

## **Chapitre 01 : généralité sur système PV**

1.1. Introduction ..... 3

1.2:La cellule photovoltaïque..... 3

1.2.1: Historique..... 3

1.2.2. Les différents systèmes photovoltaïques ..... 5

1.3. Marché mondial et Algérien des énergies renouvelable..... 6

1.3.1. Les énergies renouvelables en Algérie ..... 6

1.4: Principe général de l'effet photovoltaïque..... 10

1.5: Les panneaux solaires ..... 10

1.5.1: Les types des panneaux..... 11

1.6: Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque..... 15

1.7: Associations de panneaux photovoltaïques Caractéristiques..... 17

1.7.1: En série..... 17

1.7.2: En parallèle..... 17

1.7.3:Association mixte (Série parallèle)..... 17

1.7.4: Les différents types d'onduleur photovoltaïque..... 19

1.8: Stockage de l'énergie..... 20

1.9: Avenir du photovoltaïque..... 20

1.10: Conclusion.....	21
-----------------------	----

## **Chapitre 02: dimensionnement d'un système PV – batterie**

2.1: Méthode de calcul d'une installation photovoltaïque.....	23
2.2: Introduction .....	24
2.3: Présentation de la région.....	24
2.3.1: Climatologie.....	25
2.3.2: Températures.....	25
2.4: Valeurs moyenne d'insolation mensuelle.....	26
2.5: Inclinaison optimal d'un panneau solaire.....	26
2.6: Rayonnement solaire.....	27
2.7: Résultats et discussion.....	31
2.8: Les calculs du nombre de modules PV .....	31
2.9: Choix de l'onduleur DC/AC .....	31
2.10: Le Montage de modules PV dépend de la tension maximale et courant maximum de l'onduleur.....	32
2.11: Conclusions.....	34

## **Chapitre 03:**

3.1. Introduction.....	36
3.2. Description du système hybride.....	36
3.3. Profile de charge choisie.....	37
3.3.1. Présentation Logiciel Homer .....	37
3.4. Les étapes a considérez pour la simulation .....	38
3.5. Résultats de simulation.....	42
3.6. Choix du générateur diesel .....	42
3.7. Conclusion.....	45

Conclusion générale .....	48
Annexes .....	49
Références bibliographiques .....	52
Résumé	

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale**

La plus part des énergies renouvelables s'exprime à deux niveaux. Premièrement, il existe plusieurs sources « inépuisables » ou du moins possédant une capacité de régénération plus rapide que leur utilisation : mouvement terrestre, vent, soleil etc. Certaines d'entre elles sont employées depuis longtemps, comme le bois, d'autres ont été découvertes plus récemment (géothermie, hydraulique)... Deuxièmement, les possibilités de transformation de ces sources en énergie utile aux activités humaines sont variées (chauffage domestique, réfrigération industrielle, cuisson de la nourriture, électricité alimentant les ordinateurs, les véhicules.

L'énergie solaire se caractérise par la chaleur et la lumière. La chaleur peut être utilisée directement pour chauffer des bâtiments, de l'eau au moyen de capteurs, pour sécher des fourrages ou dans des installations de climatisation solaire. La chaleur solaire, comme n'importe quel type de chaleur peut aussi être convertie en énergie mécanique puis en électricité dans des centrales électriques thermiques.

Le soleil permet également de générer de l'électricité par son rayonnement grâce à l'effet photovoltaïque. Les équipements peuvent néanmoins poser des problèmes de toxicité des matériaux utilisés. Les systèmes photovoltaïques permettent d'exploiter l'énergie du soleil à diverses fins. Ils sont très fiables, silencieux et rentables dans les régions éloignées. [01]

Dans ce contexte, on s'intéresse au système hybride photovoltaïque/batterie / diesel autonome Fournir l'énergie électrique nécessaire pour la maison utilisant les énergies photovoltaïques est l'un des problèmes énergétiques les plus importants de notre époque, dans ce travail, nous traitons en problème de la production d'électricité au moindre coût et avec meilleur énergie et la moins dommageable pour l'environnement.

Le déroulement de cette mémoire se fera de la manière suivante : Dans le premier chapitre, on va donner un aperçu général sur les énergies et précisément sur les systèmes solaires photovoltaïques qui représentent l'actualité des énergies renouvelables.

Dans le deuxième chapitre on va voir la méthode de calcul (l'ensemble des panneaux) et La capacité de l'accumulateur nécessaire pour les jours 'autonomie.

Dans le chapitre trois On utilise le logiciel Homer et nous avons présenté des résultats obtenus et analysés sur les systèmes (énergétique et économique et environnementale).

Enfin, nous terminons cette étude par une conclusion générale qui résume les travaux réalisés.

**CHAPITRE 01:**  
**GENERALITE SUR SYSTEME PV**

**1.1. Introduction :**

Les énergies renouvelables sont des énergies dont la source est illimitée et non polluante et leur exploitation cause moins de dégâts écologiques, c'est-à-dire : l'ensoleillement, le vent, le mouvement de l'eau dans les cours d'eau ou les mers, etc... Pour de très nombreuses applications d'intérêt très sensible et stratégique comme les relais de télécommunication, les maisons rurales, etc..., hors-réseau d'électricité conventionnel, la disponibilité permanente de la source primaire d'énergie est vitale et conditionnée dans une très large mesure, la fiabilité des installations et leur fonctionnement permanent. Les nouvelles solutions technologiques proposées par les générateurs hybrides, même si elles sont très complexes comparativement aux solutions courantes mono-source, présentent par contre un intérêt évident considérable par leur flexibilité incomparable, leur souplesse de fonctionnement et leur prix de revient attractif [02].

**1.2. La cellule photovoltaïque****1.2.1. Historique**

Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque :

- 1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre le processus de l'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide. C'est l'effet photovoltaïque.
- 1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la seconde guerre mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire.
- 1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.
- 1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- 1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- 1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie.

La première cellule photovoltaïque (ou photopile) a été développée aux Etats-Unis en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvant être augmentée en ajoutant des "impuretés". C'est une technique appelée le "dopage" qui est utilisée pour tous les semi-conducteurs. Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques au cours des années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules ont quitté les laboratoires. En effet, les photopiles représentent la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites, ainsi que dans tout site isolé. [03]

### **1.2.2. Les différents systèmes photovoltaïques :**

Les systèmes PV sont trois types :

**a)- Systèmes photovoltaïques autonomes :** C'est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autre source d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau Électrique.

Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries pour stocker l'énergie. Ils servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage d'eau. En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique [04].

**b)- Systèmes photovoltaïques connectés au réseau :** Le champ photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un convertisseur courant continu – courant alternatif (CC-CA).

Étant donné que l'énergie est normalement emmagasinée dans le réseau même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires à moins que vous ne vouliez une forme autonome d'énergie pendant les pannes d'électricité. L'énergie produite est consommée sur place le surplus étant injecté dans le réseau, qui alimente les maisons de nuit ou pendant les jours sans soleil [04].

**c)- Systèmes hybrides :** Les systèmes hybrides reçoivent une partie de leur énergie d'une ou plusieurs sources supplémentaires, qui sont également indépendants des réseaux de distribution d'électricité.

En pratique le générateur photovoltaïque est combiné à une éolienne ou à un groupe électrogène à combustible, ou aux deux à la fois avec des accumulateurs de stockage de

l'énergie. Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée [04].

**1.3. Marché mondial et Algérien des énergies renouvelable :**

**1.3.1. Les énergies renouvelables en Algérie :**

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde et en particulier de la région de sahara La durée d'insolation sur la quasi-totalité.

Du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au sud du pays. Le tableau 1 résume le potentiel solaire en Algérie [05]

**Tableau 1.1 : Potentiel solaire [05]**

<b>Région</b>	<b>Région Côtière</b>	<b>Hauts plateaux</b>	<b>Sahara</b>
Superficie(%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	2650

Dans notre pays, les énergies renouvelables n'ont pas connus le développement que permet leur disponibilité et qu'impose leur importance pour le développement économique et social.

Trois raisons principales plaident en faveur d'un développement des énergies renouvelables en Algérie :

- Elles constituent une solution économiquement viable pour fournir des services énergétiques aux populations rurales isolées notamment dans les régions du grand sud.
- Elles permettent un développement durable du fait de leur caractère inépuisable, et de leur impact limité sur l'environnement et contribuent à la préservation de nos ressources fossiles.
- La valorisation de ces ressources énergétiques ne peut qu'avoir des retombées positives en matière d'équilibre régional et de création d'emplois.
- La loi sur la maîtrise de l'énergie de juillet 1999 affiche la volonté des pouvoirs publics pour une redynamisation de la politique énergétique et fixe un nouveau cadre juridique pour la gestion et l'orientation de la demande d'énergie à tous les niveaux de la chaîne énergétique.[06]

L'Algérie en particulier et les pays du Maghreb ont un potentiel solaire élevé. Les taux d'irradiation solaire effectués par satellites par l'Agence Spatiale Allemande (DLR), montrent des niveaux d'ensoleillement exceptionnels de l'ordre de 1200 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le Nord du Grand Sahara. Par contre, les meilleurs taux d'irradiation solaire en Europe sont de l'ordre de 800 kWh/m<sup>2</sup>/an limités à la partie sud de l'Europe. Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit: 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque et 35 TWh/an pour l'éolien. Cette énergie renouvelable présente à l'heure actuelle une réponse aux problèmes environnementaux et aux émissions de gaz à effet de serre qui menace la planète entière et une solution durable à la crise actuelle de l'énergie, avec la hausse du prix du baril de pétrole, ce qui place les énergies renouvelables, ENR, (hydraulique, éolien, photovoltaïque, solaire thermique, géothermie, biomasse, biogaz et pile à combustible), au centre des débats portant sur l'environnement, et plus généralement le développement durable.

Dans ce contexte vient le projet allemand DESERTEC «clean from desert» dans cette article, nous décrivons le potentiel algérien en matière d'énergie renouvelable surtout solaire et éolien et leurs intégration dans une vision de développement à travers plusieurs scénarios énergétiques mettant l'Algérie comme un noyau de production d'énergie renouvelable et son environnement surtout européen dont les études de la banque mondiale indique qu'il sera obligé dans les années à venir d'importer son énergie du grand Sahara d'où vient l'initiative allemande pour exporter l'énergie solaire du grand Sahara à l'Europe.

L'Algérie a adopté en 2011 une stratégie ayant pour objectif de produire d'ici 2030,

40% d'électricité à partir de ressources renouvelables. Cette stratégie vise en outre à développer une véritable industrie du solaire, associée à un programme de formation et de capitalisation qui permettra, à terme, d'asseoir un savoir-faire efficient, notamment en matière d'engineering et de management de projets.

Un plan à long terme sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été adopté avec pour objectif, la mise en place de 22.000 MW de capacité installée entre 2011 et 2030, dont 12.000 MW pour couvrir la demande nationale et 10.000 MW pourraient être exportés, si des garanties d'achat à long terme et des financements extérieurs étaient sécurisés. Ce programme inclut la réalisation, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides.

Sa mise en oeuvre, placée sous l'égide du ministère de l'énergie et des mines, est ouverte aux opérateurs publics et privés.

Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité.

Malgré un potentiel assez faible, le programme n'exclut pas l'éolien qui constitue le second axe de développement prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.[05]

L'Algérie prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable [05].

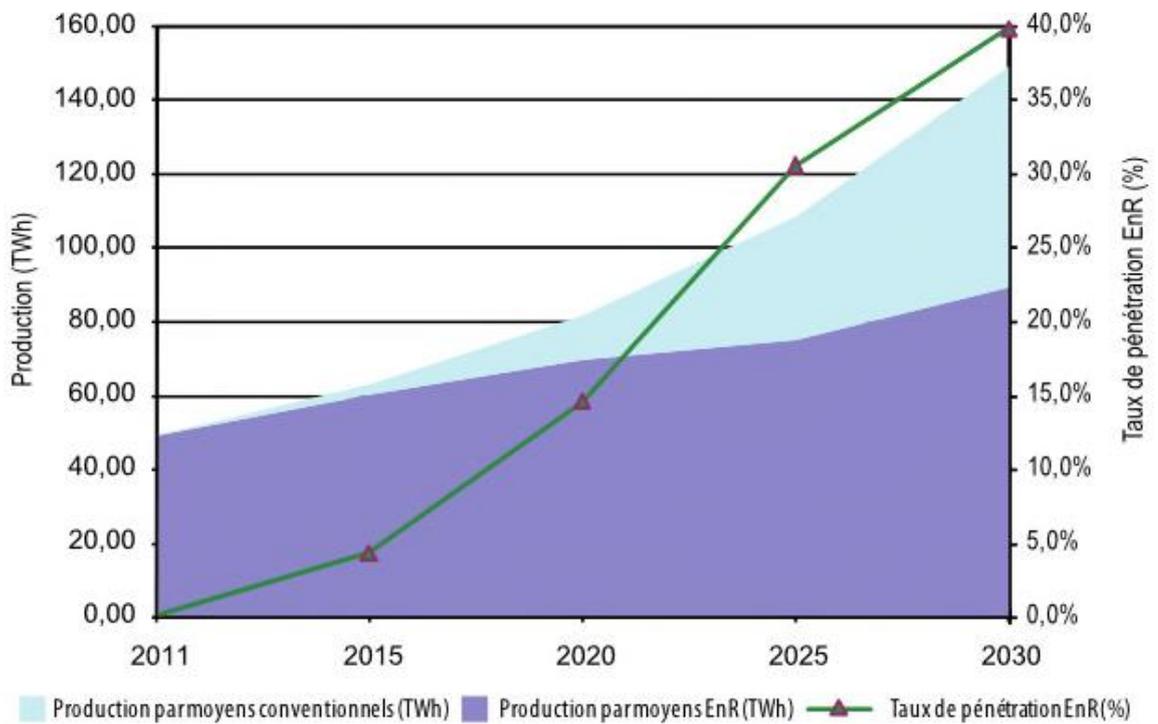


Figure 1-1 : Les énergies renouvelables dans la production nationale [05]

Au niveau mondial, le marché des systèmes photovoltaïques connaît, depuis maintenant plus de 10 ans, un taux de croissance très élevé, de l'ordre de 30 à 40% par an. Cette croissance exceptionnelle, due principalement aux systèmes photovoltaïques raccordés au réseau de distribution d'électricité, se traduit bien évidemment par des innovations technologiques et une baisse de coûts des modules photovoltaïques mais aussi à des efforts importants de recherche et développement dans le domaine de l'électronique de puissance. En effet, les performances techniques et la fiabilité des onduleurs utilisés pour le raccordement des modules photovoltaïques au réseau de distribution d'électricité, sont des paramètres qui peuvent très fortement faire varier la production d'énergie électrique annuelle et donc la rentabilité financière d'un système.

#### 1.4. Principe général de l'effet photovoltaïque :

L'effet photovoltaïque, c'est la transformation de l'énergie solaire « photon » en électricité « Volt ». Il a été découvert en 1839, par le physicien français A. BECQUEREL.

Une cellule photovoltaïque est principalement constituée à partir de silicium dopé (semi-conducteur: jonction P-N). Lorsqu' une cellule est exposée au rayonnement électromagnétique solaire, les photons de la lumière transmettent leur énergie aux atomes de la jonction. Cette énergie permet aux électrons de libérer des atomes, générant ainsi des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ces charges sont alors maintenues séparées par un champ électrique qui constitue une « barrière de potentiel ».

Une fois les charges P et N isolées, il suffit de fermer le circuit entre ces 2 zones (P et N) pour mettre en mouvement les électrons et créer ainsi un courant électrique. [06]

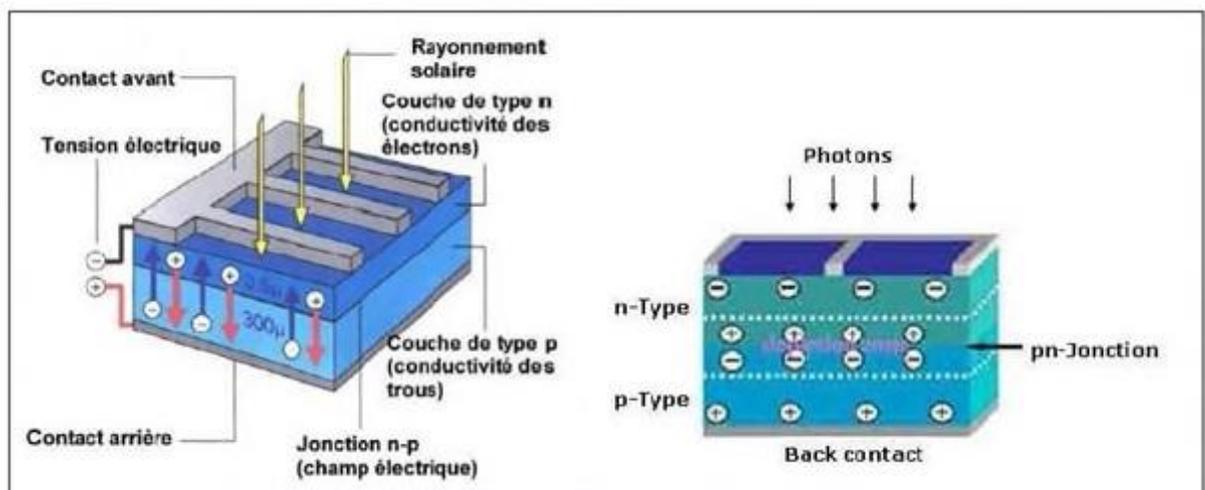


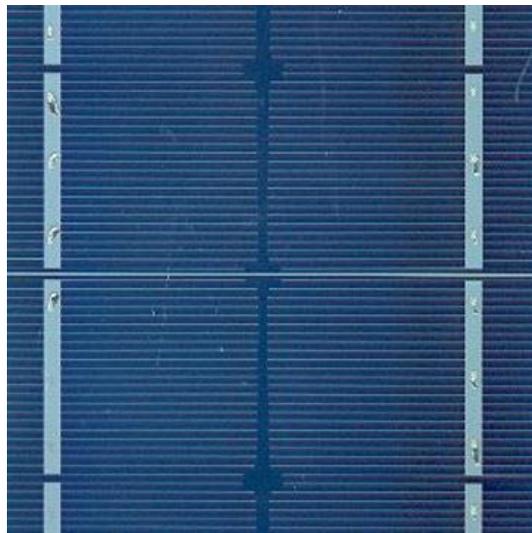
Figure 1.2. Jonction P-N dans une cellule photovoltaïque

#### 1.5. Les panneaux solaires :

Un panneau solaire est formé de plusieurs cellules photovoltaïques mises en série pour obtenir la tension désirée. Chaque cellule produit un courant continu dont la puissance dépend de la surface de la cellule. Une cellule délivre une tension de 0,5 Volt. Les différentes cellules sont montées en série pour former des modules qui délivrent des tensions normalisées [07]

**1.5.1. Les type des panneaux:****A. Silicium monocristallin**

Le silicium cristallin est actuellement l'option la plus populaire pour les cellules commerciales, bien que beaucoup d'autres matériaux soient disponibles. Le terme « cristallin » implique que tous les atomes dans le matériau PV actif font partie d'une structure cristalline simple où il n'y a aucune perturbation dans les arrangements ordonnés des atomes.



**Figure 1.3: Cellule PV monocristalline**

**Avantage:**

- ✓ Bon rendement  $W\ c/m^2$  ( $\sim 150\ W\ c/m^2$ ), ce qui permet un gain de place si nécessaire.

**Inconvénients :**

- ✓ Coût élevé.
- ✓ Rendement faible sous un faible éclairement.

**B. Silicium poly cristallin**

Il est composé de petits grains de silicium cristallin. Les cellules à base de silicium poly cristallin sont moins efficaces que les cellules à base de silicium monocristallin. Les joints de grains dans le silicium poly cristallin gênent l'écoulement des électrons et réduisent

le rendement de puissance de la cellule. L'efficacité de conversion PV pour une cellule à base de silicium poly cristallin modèle commercial s'étend entre 10 et 14%.



**Figure 1.4: Cellule PV poly cristalline**

**Avantage :**

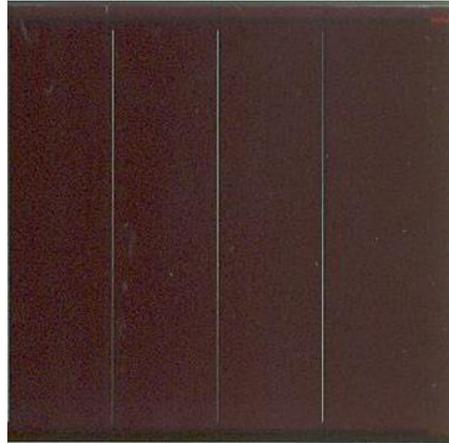
- ✓ Bon rendement de conversion, environ  $100 \text{ Wc/m}^2$
- ✓ Moins cher que le monocristallin.

**Inconvénient :**

- ✓ Rendement faible sous un faible éclaircissement

**C. Silicium amorphe (a-si)**

Le silicium est déposé en couche mince sur une plaque de verre ou un autre support souple. L'organisation irrégulière de ses atomes lui confère en partie une mauvaise semi-conduction. Les cellules amorphes sont utilisées partout où une solution économique est recherchée ou lorsque très peu d'électricité est nécessaire, par exemple pour l'alimentation des montres, des calculatrices, ou des luminaires de secours. Elles se caractérisent par un fort coefficient d'absorption, ce qui autorise de très faibles épaisseurs, de l'ordre du micron. Par contre son rendement de conversion est faible (de 7 à 10 %) et les cellules ont tendance à se dégrader plus rapidement sous la lumière.



**Figure 1.5: Cellule photovoltaïque amorphe**

**Avantage :**

- ✓ Fonctionnement avec un éclairage faible.
- ✓ Moins chères que les autres.
- ✓ Possibilité d'intégration sur supports souples ou rigides.

**Inconvénients :**

- ✓ Rendement faible en plein soleil.
- ✓ Un rendement  $W\ c/m^2$  plus faible ( $\sim 60\ Wc/m^2$ ), ce qui nécessite de couvrir des surfaces plus importantes

**D. Cellule Tandem**

Empilement monolithique de deux cellules simples. En combinant deux cellules (couche mince de silicium amorphe sur silicium cristallin par exemple) absorbantes dans des domaines spectraux se chevauchant, on améliore le rendement théorique par rapport à des cellules simples distinctes, qu'elles soient amorphes, cristallines ou microcristallines.

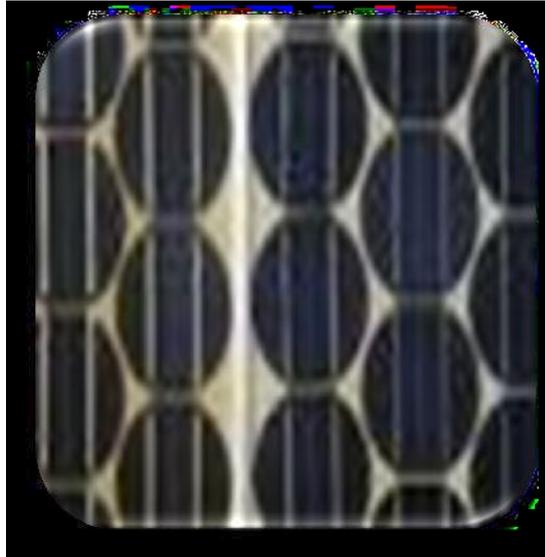


Figure 1.6 : Cellule tandem [10]

### E. Cellule multi-jonction

Des cellules ayant une grande efficacité ont été développées pour des applications spatiales. Les cellules multi-jonctions sont constituées de plusieurs couches minces.

Chaque type de semi-conducteur est caractérisé par une longueur d'onde maximale au-delà de laquelle il est incapable de convertir le photon en énergie électrique. D'un autre côté, en deçà de cette longueur d'onde, le surplus d'énergie véhiculé par le photon est perdu. D'où l'intérêt de choisir des matériaux avec des longueurs aussi proches les unes des autres que possible, de manière à ce qu'une majorité du spectre solaire soit absorbé, ce qui génère un maximum d'électricité à partir du flux solaire.

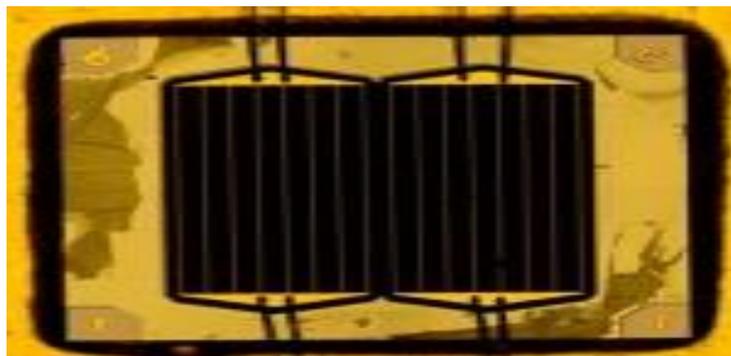


Figure 1.7: Cellule multi-jonction [11]

**1.6. Les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque:****Avantages**

Les avantages de l'électricité solaire photovoltaïque sont multiples :

- ✓ La production de cette électricité renouvelable est propre, n'est pas toxique.
- ✓ Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables.
- ✓ L'énergie photovoltaïque est particulièrement attractive pour les sites urbains pour sa petite relative taille, et son opération silencieuse.
- ✓ La lumière du soleil étant disponible partout, l'énergie photovoltaïque est exploitable aussi bien en montagne dans un village isolé que dans le centre d'une grande ville.
- ✓ L'électricité photovoltaïque est produite au plus près de son lieu de consommation, de manière décentralisée, directement chez l'utilisateur.
- ✓ Modulaires, ses composants se prêtent à une utilisation innovante et esthétique en matière d'intégration architecturale (implantés sur ou en éléments de toiture ou de façade, sous forme de brise-soleil, en verrière...)
- ✓ L'électricité solaire photovoltaïque a pour qualité sa fiabilité, la durée de vie des capteurs supérieure à 25 ans, son autonomie, son faible impact sur l'environnement.
- ✓ Technologie encore émergente, son coût lui permet d'être souvent compétitive par rapport aux solutions classiques dans les sites éloignés du réseau électrique ne demandant pas de très grosse quantité d'électricité fournie, ou dans des sites urbains lorsqu'elle évite des coûts de raccordement au réseau électrique public .
- ✓ Le coût de fonctionnement des panneaux photovoltaïques est très faible, car leur entretien est très réduit, et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.
- ✓ Les systèmes photovoltaïques sont fiables : aucune pièce employée n'est en mouvement. Les matériaux utilisés (silicium, verre, aluminium), résistent aux conditions météorologiques extrêmes.

**Inconvénients**

- ✓ Production d'énergie qui dépend de l'ensoleillement, toujours variable.
- ✓ Le coût d'investissement des panneaux photovoltaïques et des capteurs est élevé.
- ✓ S'il faut stocker l'énergie avec des batteries, le coût de l'installation augmente.
- ✓ Le rendement réel de conversion d'un module est faible.
- ✓ Le rendement électrique diminue avec le temps (20 % de moins au bout de 20 ans).

- ✓ Pollution à la fabrication

**Tableau 1.2. Suivant présente Caractéristiques pour les technologies les plus utilisées d'une cellule photovoltaïque**

TECHNOLOGE	Poly cristallin	Monocristallin	Amorphe
LES Cellule et module			
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bon rendement : 11 à 15 %.</li> <li>• Durée de vie : importante (30 ans)</li> <li>• Coût de fabrication : meilleur marché que les panneaux monocristallins</li> <li>• Puissance : 100 W c/m<sup>2</sup>. 8 m<sup>2</sup>/k W c.</li> <li>• Rendement faible sous un faible éclairement.</li> <li>• perte de rendement avec l'élévation de la température.</li> <li>• Fabrication : élaborés à partir de silicium de qualité électronique qui en se refroidissant forme plusieurs cristaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très bon rendement : 14 à 20 %.</li> <li>• Durée de vie : importante (30 ans)</li> <li>• Coût de fabrication : élevé.</li> <li>• Puissance : 100 à 150 W c/m<sup>2</sup>. 7 m<sup>2</sup>/k W c</li> <li>• Rendement faible sous un faible éclairement.</li> <li>• perte de rendement avec l'élévation de la température.</li> <li>• Fabrication : élaborés A partir d'un bloc de silicium fondu qui s'est solidifié en formant un seul cristal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement faible : 5 à 9 %.</li> <li>• Durée de vie : assez importante (20 ans)</li> <li>• Coût de fabrication : peu onéreux par rapport aux autres technologies</li> <li>• Puissance: 50 W c/m<sup>2</sup>. 16 m<sup>2</sup>/k W c.</li> <li>• Fonctionnement correct avec un éclairement faible.</li> <li>• Peu sensible aux températures élevées.</li> <li>• Utilisables en panneaux souples.</li> <li>• Surface de panneaux plus importante que pour</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces cellules sont bleues, mais non uniforme : on distingue des motifs créés par les différents cristaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Couleur bleue uniforme</li> </ul>	les autres panneaux au silicium
--	---	--	---------------------------------

**1.7. Associations de panneaux photovoltaïques Caractéristiques :**

**1.7.1: En série**

En additionnant des cellules ou des modules identiques en série, le courant de la branche reste le même mais la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules (modules) en série.

**1.7.2: En parallèle**

En additionnant les modules identiques en parallèle, la tension de la branche est égale à la Tension de chaque module et l'intensité augmente proportionnellement au nombre de modules en parallèle dans la branche.

**1.7.3: Association mixte (Série parallèle):**

**A- Mise en série et en parallèle de modules:**

La mise en série des modules permet d'augmenter la tension du champ.

Pour déterminer le nombre de panneaux à connecter en série, il faut connaître la tension nominale nécessaire et la tension de fonctionnement des modules.

Pour des systèmes autonomes chargeant des batteries, la tension nominale est le plus souvent un multiple de 12 V, tension de charge prévue pour les panneaux ayant de 33 à 40 cellules.

Le choix dans ce cas dépend de la température ambiante du site qui détermine le choix du module, les panneaux à grand nombre de cellules pour les pays chauds, à nombre de cellules plus faible pour les pays tempérés. Ensuite on connecte en série le même nombre de panneaux que de batteries 12 V en série.

Pour les installations reliées au réseau, la tension nominale du champ devra se trouver si possible au milieu de la plage de fonctionnement de l'onduleur.

Cette plage de tension correspond aux limites de fonctionnement du MPT (Max Power Tracker) de l'onduleur. Par exemple, un onduleur fonctionnant entre 80 et 120 V de tension d'entrée déterminera une tension nominale de 100 V. Ces 100 V de tension nominale devraient correspondre à la tension de puissance maximale des panneaux en série à NOCT, qui est proche de la valeur moyenne de fonctionnement sous nos latitudes.

Un autre facteur est à considérer lorsqu'on connecte plusieurs modules en série: en première approximation, le courant obtenu sera limité par le courant du «plus mauvais panneau» de la chaîne. Il est donc intéressant, avant de monter un champ, de trier les panneaux et de connecter en série ceux ayant des courants à la puissance maximale le plus proche possible.

La mise en parallèle des modules ne pose pas de problème particulier. Plusieurs panneaux connectés en parallèle vont travailler à la même tension, leurs courants respectifs s'additionnant. Un champ de panneaux photovoltaïques alimentant un onduleur comporte le plus souvent plusieurs chaînes de modules connectés en parallèle [08].

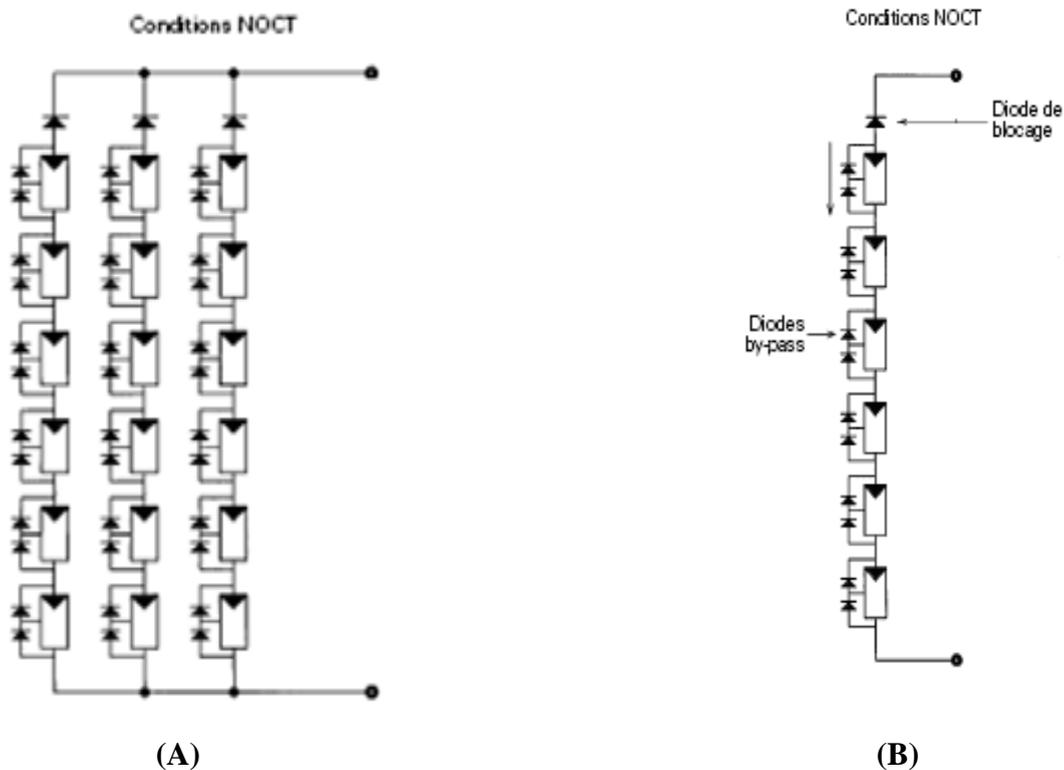


Figure 1.8. (a/b) mise série et en parallèle de plusieurs panneaux

**ATTENTION** : tous les panneaux utilisés sur une même installation doivent avoir les mêmes caractéristiques (tension et ampérage).

**1.7.4. Les différents types d'onduleur photovoltaïque :****A-Onduleur centralisé**

Cet onduleur est à mettre en place pour la totalité du générateur. L'utilisation d'un boîtier de raccordement est nécessaire entre l'appareil et le générateur. Ce type d'onduleur est idéal pour réaliser les montages qui combinent les branchements en série et en parallèle. Il permet de produire un flux lumineux identique pour tous les modules photovoltaïques. Et entre ces modules, on note de faibles tolérances de puissance. Avec un onduleur centralisé, il est possible d'atteindre une puissance de plusieurs MW

**B- Onduleur modulaire**

La bonne conversion du courant produit par votre installation photovoltaïque peut se faire à partir d'un onduleur modulaire. Avec celui-ci, il est impératif de réaliser un branchement direct des modules sur le réseau. Notez qu'il est possible que l'installation de l'onduleur sur les modules se fasse en usine. Optez pour une telle solution si votre installation est de petite puissance. Vous n'aurez pas à faire de câblage de courant continu. Et si un module est ombragé, cela n'aura pas d'influence sur le reste de l'installation.

**C- Onduleur string**

On parle d'onduleur string lorsque les modules sont branchés dans un string ou rangée. Une telle configuration permet de produire un flux lumineux différent entre les rangées reliées au réseau grâce à un onduleur. La tolérance en cas d'intensités différentes de luminosité entre les rangées est un point positif de l'onduleur string. Il est parfaitement adapté aux installations de grande puissance.

**D- Onduleurs multistring**

Il s'agit d'une association d'onduleurs centralisés et d'onduleurs string. Pour être plus clair, est disposé un onduleur centralisé au niveau du branchement au réseau et un onduleur string là où se trouvent les générateurs. Avec un tel système, il est possible de choisir plusieurs orientations des modules photovoltaïques. Aussi, cette disposition permet d'avoir un rendement plus élevé que celui d'un onduleur centralisé. [09]

**E- ONDULEURS CHARGEUR**

Permet de transformer le courant CC en provenance des panneaux solaire en courant CA la fonction de chargeur permette de charge les battrais de système.

**1.8. Stockage de l'énergie:**

Dans le contexte de ressources fossiles épuisables et la volonté de diminuer nos émissions de gaz à effet de serre avec le recours aux énergies renouvelables, le stockage de l'énergie devient un élément incontournable pour assurer la bonne gestion des ressources disponibles. Mais où faut-il stocker l'énergie ?

Sur un site isolé du réseau électrique, la nécessité du stockage de l'énergie s'impose si l'on veut pouvoir disposer d'électricité même si la production est nulle ; par exemple dans le cas d'une éolienne en l'absence de vent ou de panneau photovoltaïque la nuit.

Le stockage au niveau des sites de production, à partir des ressources renouvelables très fluctuantes (vent, soleil), permettrait une meilleure gestion du réseau. Au niveau des consommateurs raccordés au réseau, le stockage permettrait d'assurer la continuité en cas de coupure ainsi qu'un meilleur dimensionnement des installations. [10]

**1.9. Avenir du photovoltaïque:**

Source d'énergie 100% propre et faible pour des usages très variés, elle figurera à l'avenir parmi les principales sources mondiales. Son handicap majeur reste un coût encore élevé comparée aux sources conventionnelles et aux filières renouvelables.

Ce coût diminue de 10% par an, et pour accélérer cette baisse, les autorités nationales et internationales doivent engagés une politique de soutien à long terme de la filière photovoltaïque. C'est précisément l'objectif des programmes lancés depuis quelques années dans plusieurs pays industrialisés.

Dans notre pays, l'application du PV reste encore modeste. La première utilisation été dans le domaine des télécommunications. Après, certain puits dans les hauts plateaux ont Chapitre 01 Etat de l'art du générateur photovoltaïque été équipés par des systèmes de pompes PV. A nos jours, quelques dizaines de village saharien des régions de Tamanrasset et Adrar jouissent des avantages de cette source d'énergie. [10]

**1.10. CONCLUSION :**

Au cours de ce chapitre, nous avons étudié la source de système photovoltaïque, ainsi que les différentes technologies utilisées afin de mieux comprendre l'ensemble du mécanisme de conversion. Finalement, nous avons décrit les avantages et inconvénients de l'énergie Photovoltaïque et sont avenir.

Dans le chapitre suivant nous donnerons une vision sur les. Dimensionnement et d'optimisation technico-économique d'un système photovoltaïque/ batteries.

**CHAPITRE 02:**  
***DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME***  
***PV –BATTERIE***

### 2.1. Méthode de calcul d'une installation photovoltaïque :

#### A/ Dimensionnement des panneaux photovoltaïques

Pour dimensionner la surface de panneaux nécessaires on procède en trois étapes :

**Etape 1 :** Calcul de l'énergie qui sera consommée par jour (*voir bilan de puissances et d'énergies*)

**Etape 2 :** Calcul de l'énergie à produire Pour que les besoins du client soit assurés il faut que l'énergie consommée ( $E_c$ ) égales L'énergie produite ( $E_p$ ) à un coefficient près

$$E_p = \frac{E_c}{k} \quad (2.1)$$

Le coefficient  $k$  tient compte des facteurs suivant :

- l'incertitude météorologique.
- l'incertitude non corrigé des modules suivant la saison.
- Le point de fonctionnement des modules qui est rarement optimal et qui peut être aggravé par : la baisse des caractéristique des modules, la perte de rendement des modules dans le temps (vieillessement et poussières).
- Le rendement des cycles de charge et de décharges des batteries (90%).
- Le rendement du chargeur (de 90 à 95%).

**Etape 3 :** Calcul de la taille du générateur photovoltaïque (ensemble des panneaux) à installer.

La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation. On la calcule en appliquant la formule suivante :

$$P_c = \frac{E_p}{K.I_r} \quad (2.2)$$

$P_c$  : puissance crête en Watt crête ( $W_c$ )

$E_p$  : énergie produite par jour ( $Wh/j$ )

$I_r$  : irradiation quotidienne moyenne annuelle ( $kWh/m^2.jour$ )

Ce que revient à écrire

$$P_c = \frac{E_c}{K.I_r} \quad (2.3)$$

$P_c$  : puissance crête en Watt crête ( $W_c$ )

$E_c$  : énergie consommée par jour ( $Wh/j$ )

$I_r$  : irradiation quotidienne moyenne annuelle ( $kWh/m^2.jour$ )

Concernant l'irradiation moyenne d'Ouargla et pour la période estivale (ce que correspond à l'utilisation de cette installation)  $I_r = 6.506 kWh/m^2.jour$

**B/ Dimensionnement du parc batteries :**

Pour réaliser le dimensionnement de la batterie, on procède de la façon suivante :

**Etape 1 :** On calcule l'énergie consommée ( $E_c$ ) par les différents récepteurs

**Etape 2 :** On détermine le nombre de jour d'autonomie nécessaire

**Etape 3 :** On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batteries utilisées

**Etape 4 :** on calcule la capacité ( $C$ ) de la batterie en appliquant la formule ci-dessous

$$C = \frac{E_c \cdot N}{D \cdot U} \quad (2.4)$$

Où :

$C$  : capacité de la batterie en ampère .heure (A .h)

$E_c$  : énergie consommée par jour (Wh/j)

$N$  : nombre de jour d'autonomie

$D$  : décharge maximale admissible (0.8 pour les batteries à Plomb)

$U$  : tension de la batterie (V)

**2.2. Introduction :**

Dans ce chapitre, j'ai étudié le dimensionnement d'un système de production d'électricité à base d'énergie solaire photovoltaïque fonctionnant par la méthode dite (au stockage de batterie). Pour cette étude pratique, j'ai choisi la vallée de la wilaya d'Ouargla.

Ouargla est une ville au sud-est Algérien. Elle est caractérisée par un climat saharien, une énergie d'ensoleillement de plus de 5 kWh/m<sup>2</sup>

**2.3. Présentation de la région :**

La région d'Ouargla couvre une superficie de 163,233 km<sup>2</sup>, pour une population de 557,500 habitants, elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El-Oued.
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Illizi.
- A l'Est par la frontière tunisienne.
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (ANIRF, 2013).

Ouargla, chef-lieu de la wilaya, se situe au Sud-est du pays (Algérie) (figure 2.1) dans une cuvette, au fond de la basse vallée de l'Oued Mya, à environ 800 km au sud de la capitale Alger. La ville de Ouargla se caractérise par :

- Altitude : 164 m.
- Latitude : 31°57 N.
- Longitude : 5°19 E (ANIRF, 2013). [12]

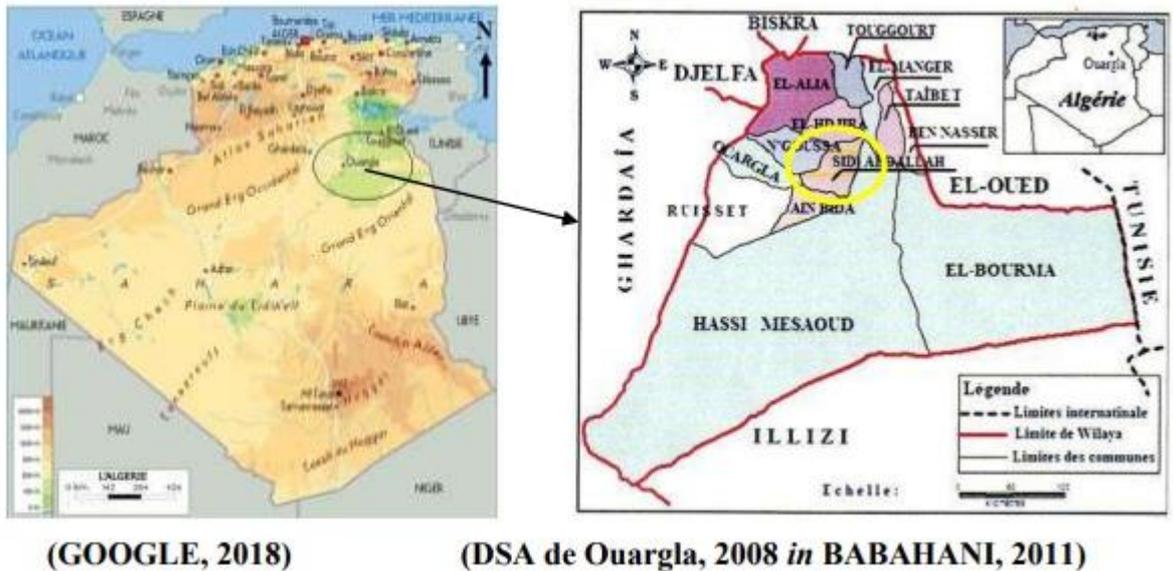


Figure 2.1: Situation géographique de la région d'étude [12]

2.3.1. Climatologie:

La région d’Ouargla est caractérisée par un climat de type saharien avec des températures élevées, une faible pluviométrie et une forte évaporation.

2.3.2. Températures:

Les températures sont de type saharien. La moyenne mensuelle du mois le plus chaud est

De 36°C (mois de juillet). Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 11.4°C (figure 2.2). Météo aira port d’Ouargla 2018.

Tableau 2.1 : Température moyenne mensuelle à Ouargla l’année 2018 [12]

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Température (°C)	12,6	13,1	19,2	23,8	27,6	32,6	39,1	33,6	31,6	23,2	16,6	11,9

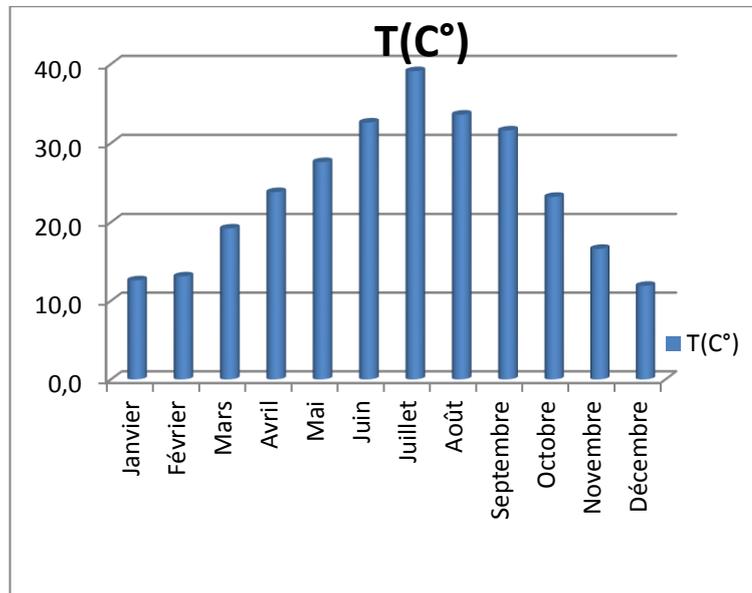


Figure 2.2 : Température moyenne mensuelle à Ouargla l’année 2018

2.4. Valeurs moyenne d’insolation mensuelle :

Tableau 2.2: Valeurs moyenne d’insolation mensuelle

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc
Insol(h)	255	249	261	287	284	305	334	322	259	254	240	195
S °(h)	10.2	10.9	11.8	12.7	13.6	13.9	13.8	13.1	12.2	11.2	10.4	10

2.5. Inclinaison optimal d’un panneau solaire :

Tableau 2.3:Les valeurs de l’irradiation globale journalière mensuelle pour une inclinaison optimale

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
$\beta_{opt}$	60	51	35	17	0	0	0	10	28	46	58	61

**2.6. Rayonnement solaire:**

Le tableau ci-après donne les valeurs de rayonnement global journalier calculées sur la moyenne mensuelle pour des rayons incidents sur un plan incliné d'un angle optimal saisonnier sur le site d'Ouargla.

**Tableau 2.4:Les valeurs globales de l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.**

Période	Année 2018											
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui.	Jul.	Aut	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>G (Wh/m<sup>2</sup>/j)</b>	3,72	4,65	5,81	6,74	7,21	7,21	7,9	7,21	6,06	4,88	3,84	3,25
<b>Ensoleillement (Mois)</b>	253,4	208,6	246,9	262,3	313,3	241,5	284,5	321,2	281,4	247,9	244,5	272,1
<b>Ensoleillement (heur)</b>	10,55	8,69	10,28	10,92	7,51	10,06	11,85	13,38	11,72	10,32	10,18	11,33
<b>Ir</b>	2.840	4.170	5.480	6.940	7.260	7.660	7.590	7.230	5.800	4.160	3.030	2.430

Vu l'emplacement spécifique de la vallée de Ouargla par rapport au mouvement du soleil l'orientation des modules PV est plein sud avec une inclinaison optimal par rapport au plan horizontal.

**A- Cas d'étude :**

Le dimensionnement du système PV concerne : le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, le choix de l'onduleur et le choix de batterie répondants au service requis dans les conditions de référence. Ce dimensionnement prend en considération les deux conditions suivantes:

- ✓ Choisir les besoins journaliers en électricité durant la période de besoin maximal.

Pour notre cas, le besoin journalier maximal requis est de 28.7KWh/jour pendant les mois de juin, juillet et aout, alors que le rayonnement le plus faible est cèle de Décembre (7164 Wh/m<sup>2</sup>/j).

**B- Cas d'étude :**

Dans la partie précédente, je présente les étapes à suivre pour les résultats et le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour alimenter une maison ou bien un site isolé et le choix des équipements.

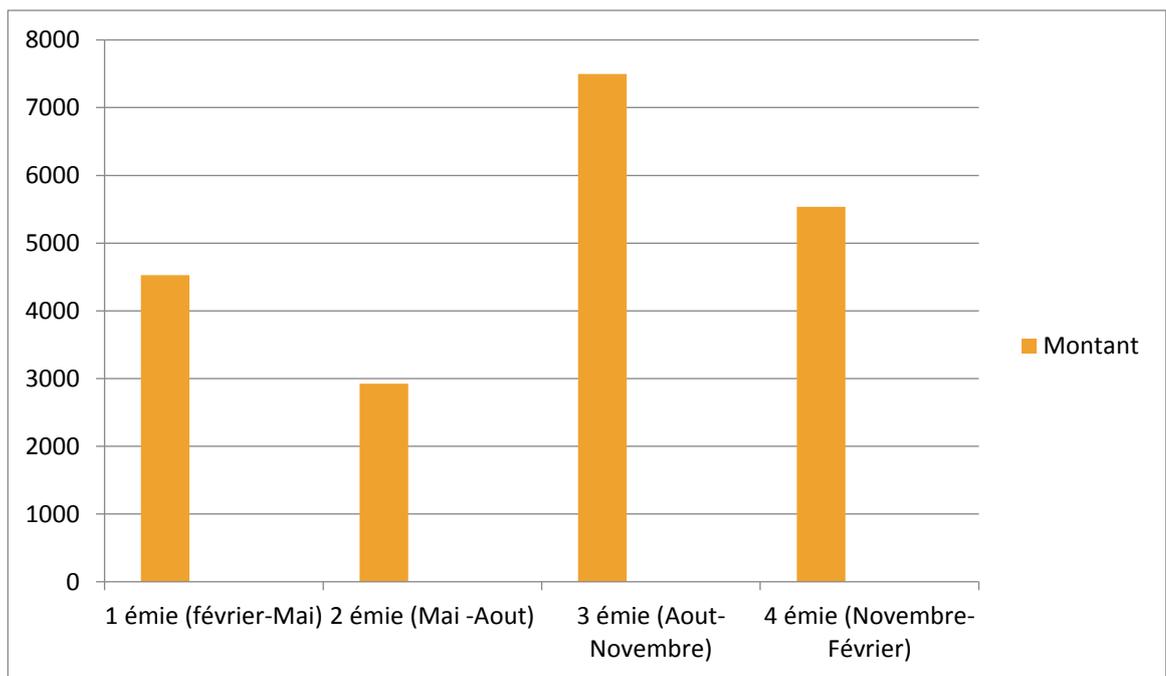
**Tableau 2.5 : Fourniture d'énergie électrique durant la journée**

Appareils	Nombre	Fréquence ou durée d'utilisation quotidienne	Puissance unitaire	Energie	puissance
Machine à laver	1	Occasionnel 1h/jour	300 W	3000 Wh	3000 W
Un micro-onde	1	Occasionnel Permanent 1h/jour	900 W	900 Wh	900 W
Climatiseur	3	Fonctionnement Permanent 12h	1200 W	14400 Wh	21102 W
Routeur wifi	1	Permanent 24h	5 W	120 Wh	5 W
Frigidaire	1	Permanent 24h	700 W	16800 Wh	700 W
Le refroidisseur d'eau	1	Permanent 12h	500 W	6000 Wh	500 W
Lampe led	5	Occasionnel 1h/jour	11W	55 Wh	55 W
Chargeur portable	2	Occasionnel 1h/jour	5 W	10 Wh	10 W
TV plasma	1	Occasionnel 1h/jour	300 W	300 Wh	300 W
Lampe extérieur	1	En soirée 4h	15W	60 Wh	15 W
Plaque de cuisson	1	Fonctionnel 2 h	2000 W	4000 Wh	4000 W
Four électrique	1	Occasionnel 1h/jour	2500 W	2500 Wh	2500 W
Hotte aspirante	1	Occasionnel 1h/jour	400 W	400 Wh	400 W
Lave vaisselle	1	Occasionnel 1h/jour	1500 W	1500 Wh	1500 W
<b>TOTAL</b>				<b>P<sub>TOT</sub>= 50045 Wh</b>	<b>EC= 34987 W</b>

Tableau 2.6 : Les données de la consommation électrique pour chaque période

Trimestre	La date	Montant
1 <sup>ème</sup> (février-Mai)	08-02-2018	4525.21
2 <sup>ème</sup> (Mai -Aout)	08-05-2018	2922.22
3 <sup>ème</sup> (Aout- Novembre)	08-08-2018	7499.05
4 <sup>ème</sup> (Novembre-Février)	08-11-2018	5534.28

Le tableau 2.6 Montre que la consommation d'électricité est très élevée durant la période de 3<sup>ème</sup> trimestre, elle arrive jusque ou 2612.00 KW/h [Voir l'annexe 6].



La Figure 2.3 : les variations de Consommation électrique Monteil durant l'année 2018 [voir l'annexe 3].

Les caractéristiques techniques du type de modules PV poly cristallines est donnés par le tableau 2.7.

**Tableau 2.7 : Caractéristique techniques du type de modules PV poly cristallines [13]**

Puissance du module (Pmax)	280 W
Tension en circuit ouvert (Voc)	31.8 V
Courant de court-circuit (Isc)	8.5 A
Tension à puissance max (Vmpp)	31.8 V
Courant à puissance max (Impp)	8.85 A
Rendement du panneau	17.14 %
Coefficient de température	Isc: 0.0474%/°C Voc: -0.285 %/°C Pmax: -0.37 %/°C
Courant inverse max	20 A
Tension max du système	1000 V
Température nominale de fonctionnement (NMOT)	45 °C
Température nominale de fonctionnement	-40 à +85 °C
Verre	Verre trempé transparent de 3.2 mm
Encapsulation des cellules	EVA (Etyl ene Viny Acétate)
Cellules	60 cellules poly cristallines de 156.75×156.75 mm
Face amére	Film polyester multicouche
Cadre	Aluminium anodisé avec perforation
Charge max (Vent/neige)	5400 Pa
Boit de jonction	Certifié IEC62790,IP68
Câbles	900 mm avec connecteur compatibles MC4
Dimension	1650×990×35 mm
Poids	17.7 Kg

## 2.7. Résultats et discussion:

- Energie électrique journalière :

Ou

$$E_c = \frac{\text{Consommation d'un mois de TRIMAESTRE}}{\text{Nombre de jours}} \quad (2.6)$$

$$E_c = \frac{\text{Consommation du mois de 3ème TRIMAESTRE}}{\text{Nombre de jours}} \quad (2.7)$$

$$E_c = \frac{2612}{91} = 28.7 \text{ KWh/jour}$$

**Ec:** Energie électrique journalière kWh/jour

- Puissance crête :

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{I_r \times k} \quad \text{Kw}$$

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{I_r \times k}$$

$$P_c = \frac{28.7 \times 1}{6.506 \times 0.85} = 5.20 \text{ Kw}$$

- **Pc:** Puissance crête
- **Pi:**  $c_{te}=1 \text{ KWh/m}^2 / j$
- **Ir:** Est l'irradiation moyenne journalière. estimée dans notre région à  $6.506 \text{ KWh/m}^2 / j$
- **K :** Rendement 0.85

## 2.8: Les calculs du nombre de modules PV:

Le nombre total de module photovoltaïque est calculé suivante :

$$N_m = \frac{P_c}{P_m}$$

$$N_m = \frac{5200}{280} = 20 \text{ modules}$$

- Nm: Nombre de modules
- Pm: Puissance d'un module PV

## 2.9. Choix de l'onduleur DC/AC:

Le choix de l'onduleur dépend de la quantité de consommation d'énergie par jour

$$P_{on} = 1.3 \times P_c$$

$$P_{on} = 1.3 \times 5.2 = 7 \text{ kW}$$

Donc la puissance de l'onduleur doit être supérieure ou égale à 7 kW. Dans notre cas, on a choisi un onduleur solaire de 10kw, le tableau suivant résume ses caractéristiques techniques.

**Tableau 2.8: Les caractéristiques principales de l'onduleur choisi [14] :**

Maximum DC Voltage	900VDC
MPP Voltage Range	400VDC -800 VDC
Maximum Input Current	18.6 A
Efficiency	91 %

**2.10. Le Montage de modules PV dépend de la tension maximale et courant maximum de l'onduleur:**

$$N_m \cdot V_m = 20 \times 31.8 = 636 \text{ V}$$

Modules PV en série = une chaîne de 20 modules

La capacité de l'accumulateur nécessaire à ce système ainsi que leur nombre :

$$C = \frac{E_c \cdot N}{D \cdot U}$$

$$C = (28700 \times 4) / (0.8 \times 48) = 2989.5 \text{ Ah}$$

Plus de 1600Wc U = 48 v

**C :** La capacité de l'accumulateur (Ah)

**N<sub>b</sub> :** Nombre de batterie

$$N_b = \frac{c}{C}$$

$$2989.5 / 200 = 14.94 \approx 15 \text{ batteries [15]}$$

Le nombre de batteries en série :

$$N_{b_s} = U_b / V_b = 48 / 12 = 4 \text{ batteries en série}$$

$$Nb_p = Nb_{tot} / Nb_s = 15/4 = 3.75 \approx 4 \text{ batteries}$$

La correction de nombre de batteries donne :

$$Nb_{tot} = Nb_s \times Nb_p = 4 \times 4 = 16 \text{ batteries}$$

La correction de nombre de batteries donne :

$$N=16$$

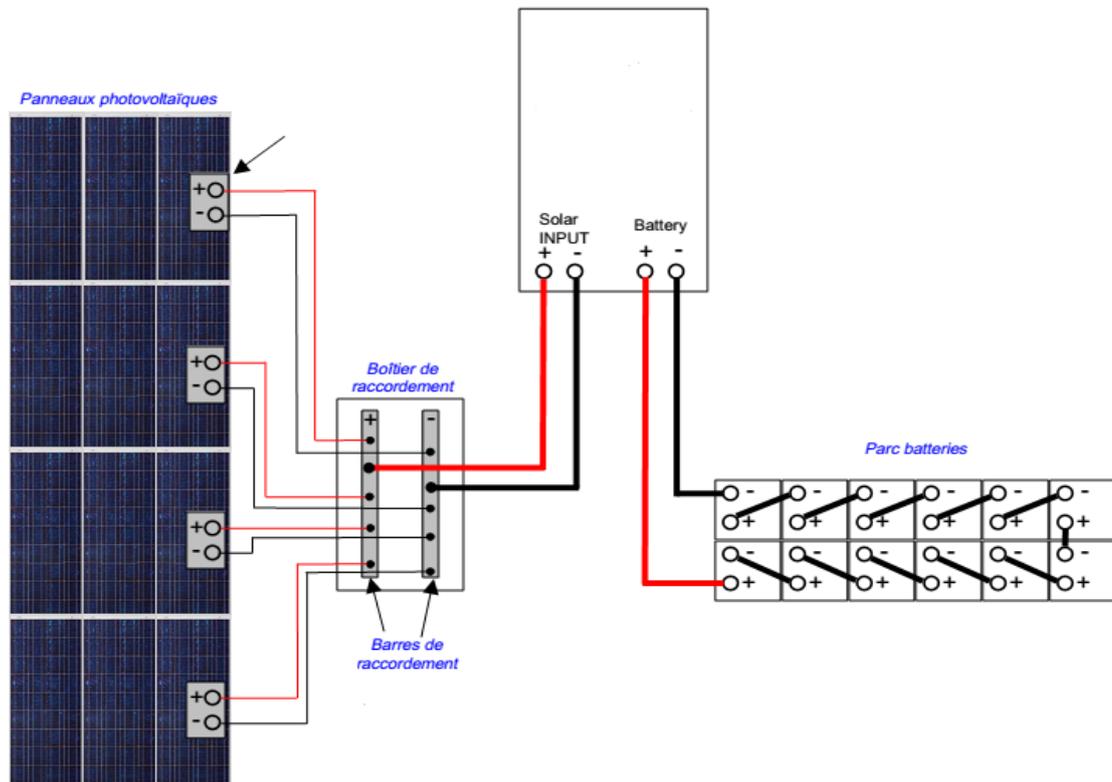
**C** : capacité de la batterie en ampère. (Ah)

**E c** : énergie consommée par jour (kW/h/j)

**N** : nombre de jour d'autonomie

**D** : décharge maximale admissible (0.8 pour les batteries)

**U** : tension de batterie



**Figure 2.4: Architectures électriques d'un micro-réseau autonome**

### 2.11. Conclusions :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour située sur la vallée d'Ouargla. Nous avons présenté les différents éléments de ce système photovoltaïque qui sont : un générateur photovoltaïque, et un onduleur et les batteries. Selon l'étude, le générateur photovoltaïque adéquat est constitué de 20 modules photovoltaïques en silicium poly cristallin d'une puissance crête de 280 W chacun. Ainsi, la puissance crête du générateur PV est de 5.20 KWc.

Il est cependant important de signaler que, souvent, le calcul de la taille du générateur comporte un certain degré d'incertitude. Cette incertitude est principalement due à deux raisons essentielles : la première est liée au caractère aléatoire du rayonnement solaire qui est souvent peu connu. La deuxième est liée à l'estimation difficile des besoins d'électricité demandés. Dans le chapitre trois on va voir le Choix du générateur diesel avec logiciel Homer.

**CHAPITRE 03:**  
**SIMULATION D'UN SYSTEME**  
**HYBRIDE PV/DIESEL/BATTERIE**

### **3.1. Introduction:**

Dans ce chapitre on va défini chaque élément de notre installation donne le logiciel Homer, en se basant sur toutes les données du dimensionnement calcule ou paravent. En amont de l'installation, on définie le potentiel renouvelable disponible (solaire) et le groupe électrogène en utilisant à l'aval de l'installation, on a défini aussi la charge à satisfaire (électricité).

D'autres données sont notamment nécessaires Les coordonnées du site (longitude, latitude, le temps, L'élévation, Les durés de vie des composants, ainsi que leurs coûts).

### **3.2. Description du système hybride:**

La combinaison de plusieurs sources d'énergie renouvelable permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien de point de vue technique qu'économique.

Ce type de système hybride est utilisé le plus souvent dans des sites qui se caractérisent par un climat chaud comme par exemple l'Arabie saoudite Elhadidy, 2004), le Maroc (les Maldives etc., où le potentiel solaire est important.

L'objectif de ces systèmes lorsqu'ils travaillent en mode autonome, est d'alimenter sans interruption une maison ,un bâtiment de logements ou administratif ou un village D'autres systèmes alimentent des centres de recherche ou sont également connectés au réseau électrique

Les systèmes autonomes contiennent souvent des batteries mais aussi d'autres dispositifs de stockage.

Les batteries et le champ photovoltaïque produisent du courant continu. Par contre, les moteurs diesel peuvent entraîner des générateurs continus ou alternatifs. Le plus souvent les consommateurs demandent du courant alternatif ; on distingue alors différentes structures de systèmes selon le type de la machine électrique couplée avec le moteur diesel.

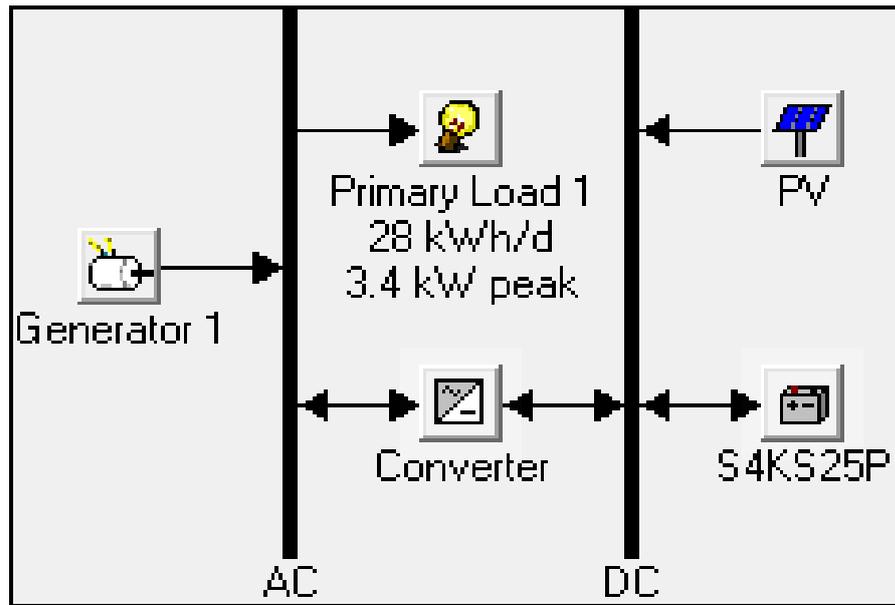


Figure 3.1: Schéma du système PV/batterie avec un générateur diesel.

### 3.3. Profile de charge choisie :

#### 3.3.1. Présentation du logiciel HOMER:

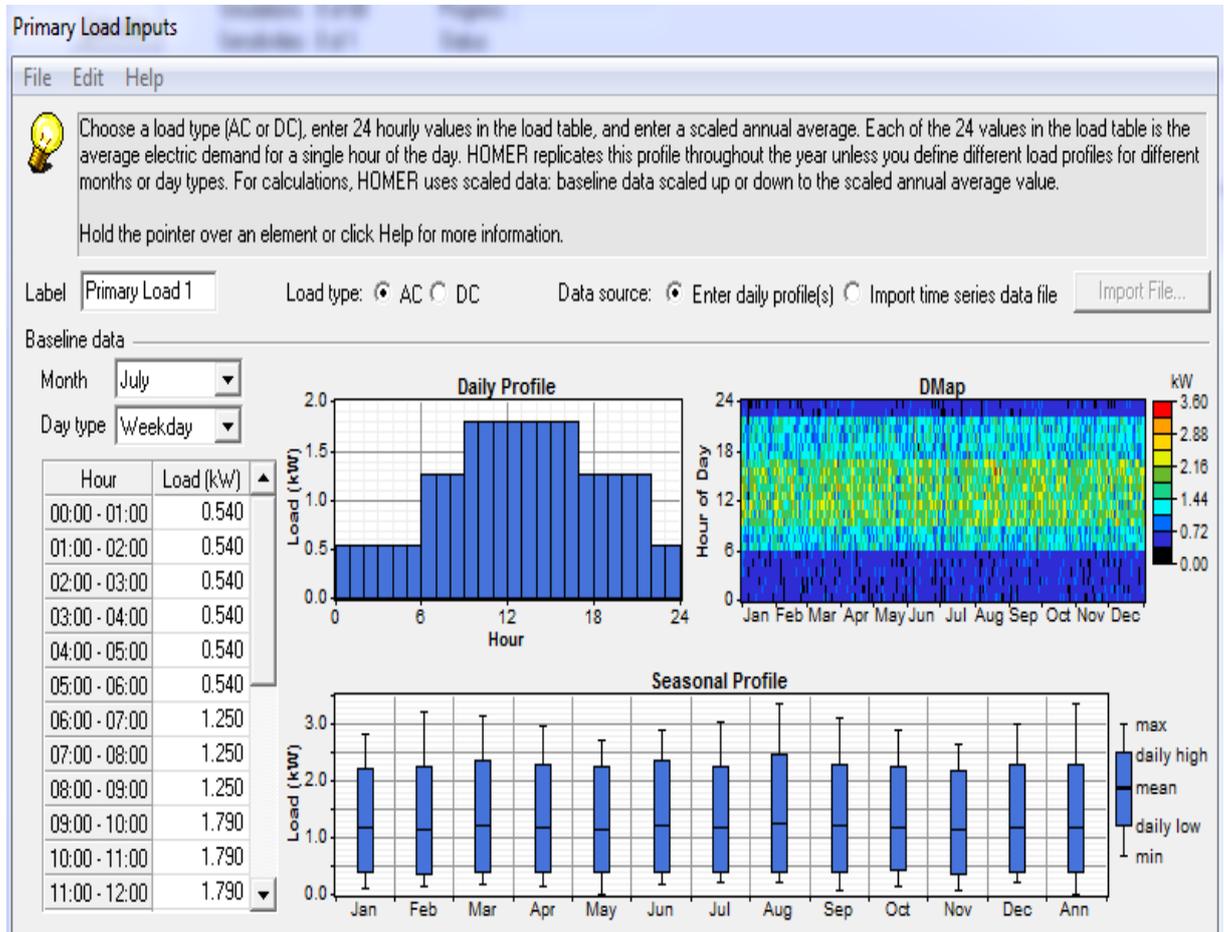
Le logiciel de dimensionnement Homer est un outil connu pour sa fiabilité dans la conception et l'analyse des systèmes d'énergies hybrides, qui contiennent un regroupement de générateurs conventionnels, des éoliennes, des générateurs photovoltaïques, de l'hydroélectricité, etc...

Ainsi, pour une ou plusieurs installations, Homer permet d'obtenir la configuration optimale après une étude technico-économique.

### 3.4. Les étapes a considérez pour la simulation :

1- Le chois des équipements (les générateurs photovoltaïque, l'onduleur chargeur et les nombre des batteries).

Le profile de charge adopté donne cette étude est donne par la figure (3.2).



**Figure 3.2 : Profile de charge moyenne en électricité pour chaque heure de la journée type.**

2- Nous avons saisi les informations pour chaque équipement (Puissance, cout d'investissement, de maintenances et de remplacement de chaque composante du système hybride) pour une durée de vie de 25 ans du projet avec un taux d'intérêt annuel de 6%. (Voir la figure 3.3)

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

**Costs**

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
5.600	2798	1959	100

{ } { } { }

**Sizes to consider**

Size (kW)
0.000
5.600

**Properties**

Output current  AC  DC

Lifetime (years)  { }

Derating factor (%)  { }

Slope (degrees)  { }

Azimuth (degrees W of S)  { }

Ground reflectance (%)  { }

**Advanced**

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)  { }

Nominal operating cell temp. (°C)  { }

Efficiency at std. test conditions (%)  { }

Help Cancel OK

Figure 3.3 : caractéristique technico-économique du panneau photovoltaïque

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type  Details... New... Delete

**Battery properties**

Manufacturer: Rolls/Surrette  
Website: [www.rollsbattery.com](http://www.rollsbattery.com)

Nominal voltage: 4 V  
Nominal capacity: 1,900 Ah (7.6 kWh)  
Lifetime throughput: 10,569 kWh

**Costs**

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
3200	1110	777	222.00

{ } { } { }

**Sizes to consider**

Batteries
16

**Advanced**

Batteries per string  (4 V bus)

Minimum battery life (yr)  { }

Help Cancel OK

Figure 3.4 : caractéristiques de la batterie

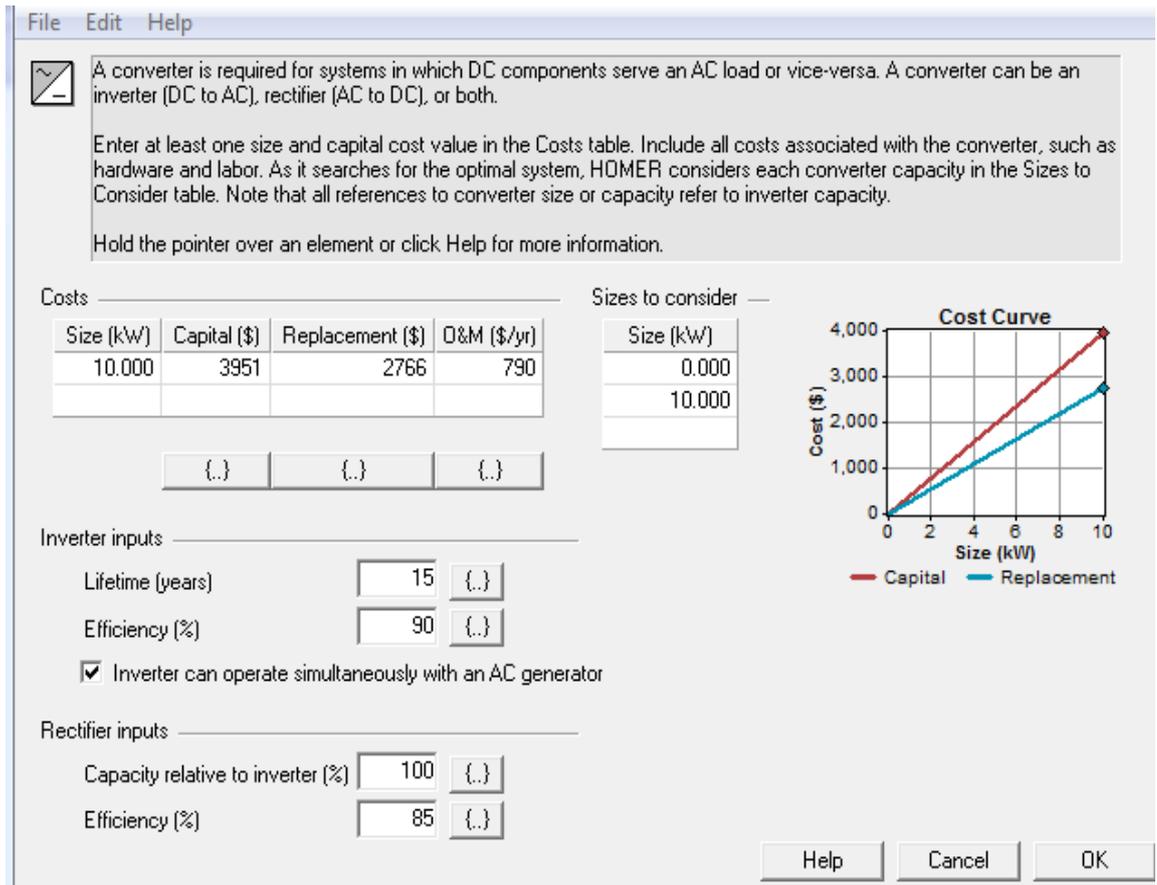


Figure 3.5 : caractéristiques de l'onduleur chargeur

Puisque la température un élément important du système photovoltaïque nous avons introduit des températures liée au site de Ouargla (figure 3.6)

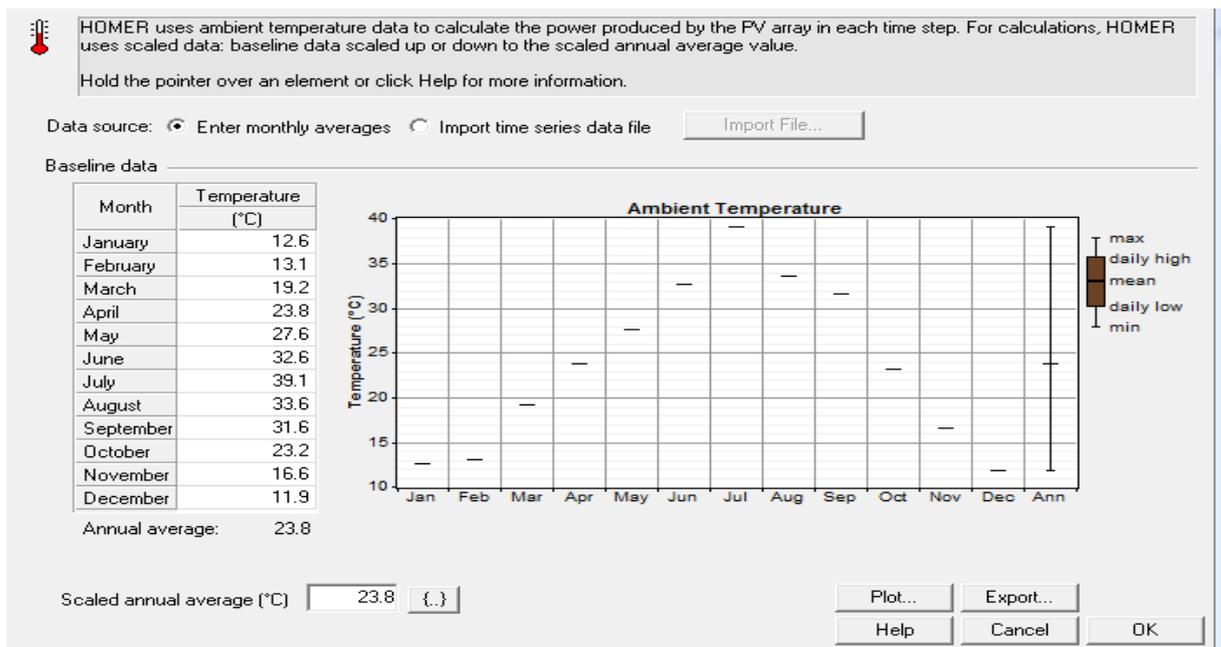


figure3.6 : représente la température mensuelle à Ouargla.

-HOMER utilise la valeur de latitude pour calculer le rayonnement quotidien moyen à partir d'irradiation horizontale. (voir la figure 3.6)

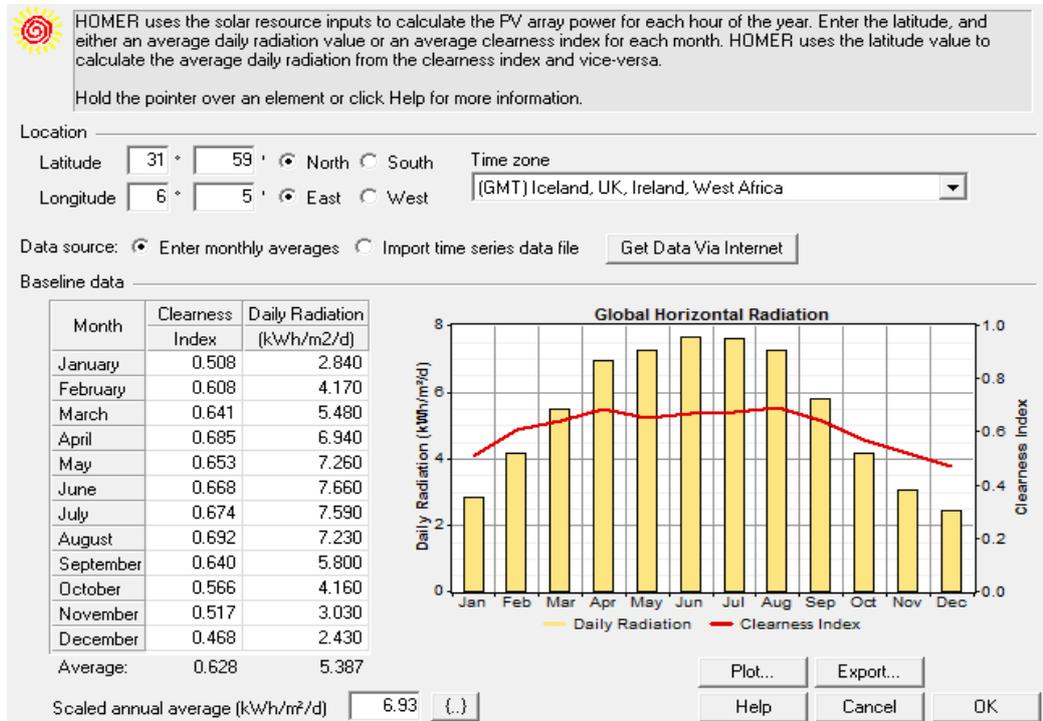


Figure 3.7: Irradiation sur le plan horizontal journalière moyen de la ville d'Ouargla.

- après la simulation, le logiciel nous donne toutes les configurations possibles afin de répondre au besoin énergétique de la charge (figure 3.8)

	PV (kW)	Label (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)
	5.6	2.0	16	10	\$ 7,624	340,670	\$ 4,362,534	32.922	0.70	1,265	1,954
	5.6	3.0	16	10	\$ 8,058	368,909	\$ 4,723,953	35.649	0.68	1,358	1,411
	5.6	4.0	16	10	\$ 8,493	400,102	\$ 5,123,133	38.662	0.67	1,421	1,148
	5.6	5.0	16	10	\$ 8,927	425,126	\$ 5,443,459	41.079	0.67	1,478	976
	5.6	6.0	16	10	\$ 9,362	462,491	\$ 5,921,549	44.687	0.66	1,526	885
	5.6	7.0	16	10	\$ 9,796	518,109	\$ 6,632,971	50.056	0.66	1,577	850
	5.6	8.0	16	10	\$ 10,231	587,809	\$ 7,524,398	56.783	0.66	1,642	844
	5.6	9.0	16	10	\$ 10,665	671,329	\$ 8,592,499	64.843	0.66	1,724	857
	5.6	10.0	16	10	\$ 11,100	735,378	\$ 9,411,702	71.025	0.66	1,789	845
	5.6	12.0	16	10	\$ 11,969	882,253	\$ 11,290,119	85.201	0.66	1,940	845
	5.6	13.0	16	10	\$ 12,403	955,690	\$ 12,229,328	92.288	0.66	2,018	845
	5.6	14.0	16	10	\$ 12,838	1,029,127	\$ 13,168,537	99.376	0.65	2,098	845

Figure 3.8 : configurations possibles des générateurs désile.

### **3.5. Résultats de simulation :**

D'après le tableau 3.1 le résultat de la simulation à montrer que le générateur diesel de 2 kW .Avec lequel le système PV donne moins de pertes d'énergie électrique par rapport aux autres générateurs diesel.

**Tableau 3.1: Simulation du système PV avec plusieurs générateur Diesel**

Système PV (kW)	Générateur diesel (kW)	Onduleur (kW)	Production PV (kWh/an)	Production Générateur diesel (kWh/an)	Perte d'énergie (kWh/an)
5.2	2	10	0	12.312	0.0000443
5.2	3	10	0	13.341	0.0000644
5.2	2	10	11735	931	93.8
5.2	1	10	11735	860	73.7
5.2	3	10	11735	933	48.6
5.2	4	10	11735	980	51.3
5.2	5	10	11735	1040	51

### **3.6. Choix du générateur diesel :**

Le choix du générateur diesel de 2 kW selon le logiciel « Homer », est donné par le tableau (3.2) ; et Les caractéristiques du groupe Diesel choisi.

**Tableau 3.2 : Les caractéristiques du groupe Diesel**

Puissance maxi	2KW
Tension nominale	220 V
Capacité réservoir	15L
Autonomie	13 h



**Figure 3.9: générateur diesel**

La configuration qui a le cout le plus faible représente la solution optimale du système hybride (Tableau 3.3)

**Tableau 3.3: Résultats énergétique du système PV avec un générateur diesel.**

Système PV (kW)	Générateur diesel (kW)	Onduleur (kW)	Batterie (Ah)	Production PV (kWh/an)	Production Générateur diesel (kWh/an)	Perte d'énergie (kWh/an)	Consommation (KWH/an)
5.2	2	10	3200	8734	3809	0.137	10366

## Chapitre 03 Simulation D'un Systeme Hybride Pv/Diesel/Batterie

La figure (3.10) montre que la production électrique du système PV est plus élevée par rapport au générateur diesel pour chaque mois.

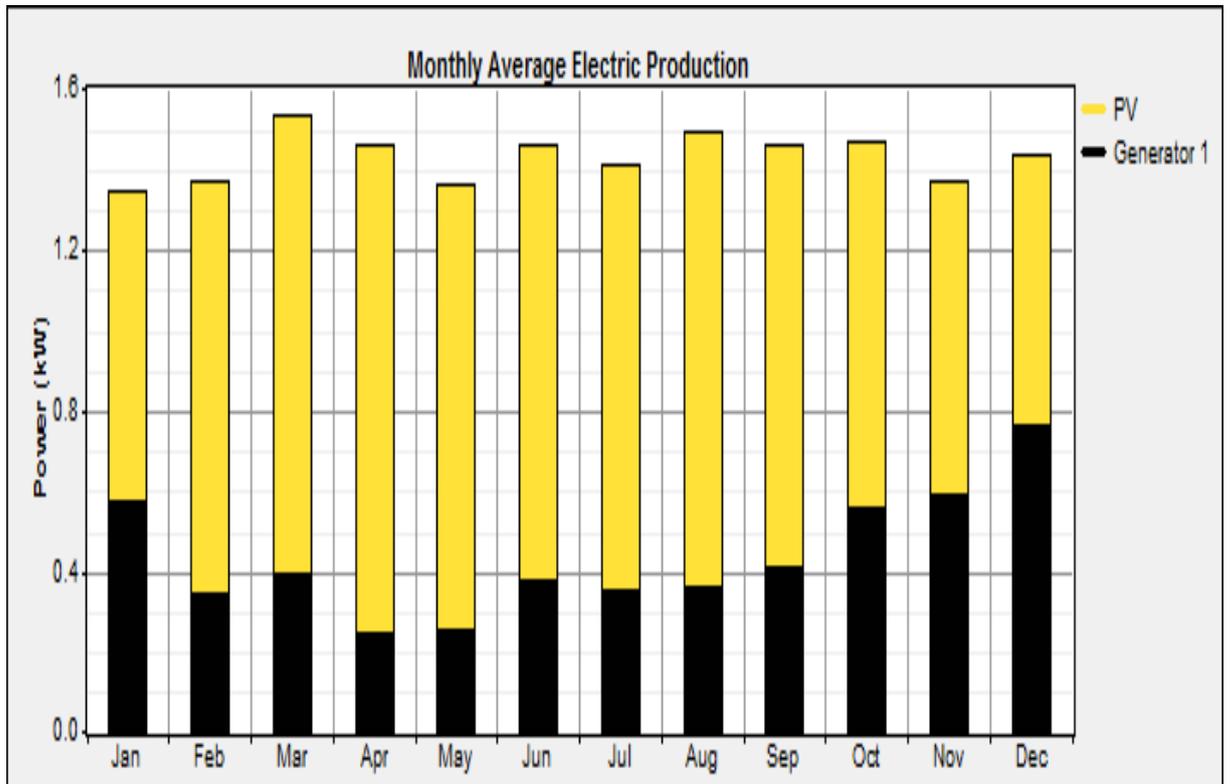


Figure 3.10 : moyenne mensuelle de production d'électricité

Le tableau (3.4) donne le coût initial investi dans l'installation du système hybride.

Tableau 3.4: coût initial du système photovoltaïque.

Les matériaux	Prix unité(DA)	Nombre	Prix total(DA)	Durée de vie
Générateur diesel	103619.56	1	103619.56	20ans
Module PV	21544.5	20	233591.16	15ans
Onduleur	3951	1	3951	Plus de 20ans
Batterie	8272.275	16	132356.4	15ans
Pris totale			=350862.12 DA	

## **Chapitre 03 Simulation D'un Systeme Hybride Pv/Diesel/Batterie**

Le tableau (3.5) affiche les résultats économiques du système PV batterie/générateur diesel.

**Tableau 3.5: Résultats économique d'un système hybride PV/Diesel/Batterie**

Appareille	Capital	Replacement	O & M	Fuel	Salvage	Total
PV	33363352	7285564	15238872	0	- 4078008	5180978
Générateur diesel	10361956	9491504	51765625428	3851452	-125202	5178807832
Batteries	71544	35772	166936	0	-11924	262328
Onduleur	47111724	13760296	12031316	0	-256366	178728836
Système	90908576	30573136	51901451712	3851452	- 7905612	52018879264

### **3.7. Conclusion :**

Sur l'environnement HOMER, nous avons défini chaque élément de notre installation, en se basant sur toutes les données du dimensionnement calcule ou paravent. En amont de l'installation, on définit le potentiel renouvelable disponible (solaire) et le groupe électrogène en utilisant à l'aval de l'installation, on a défini aussi la charge à satisfaire (électricité). D'autres données sont notamment nécessaires tel que : Les coordonnées du site (longitude, latitude, le temps),

- L'élévation,
- Les durés de vie des composants, ainsi que leurs coûts,
- La durée de vie du projet,
- Le maximum manque annuel admis sur la demande : 0 % (Il faut fournir les 100 % de la charge demandée durant toute l'année, car le site est autonome).

## ***Chapitre 03 Simulation D'un Systeme Hybride Pv/Diesel/Batterie***

---

A noter aussi que nous avons fixé comme contrainte, avant de lancer la simulation, la fraction de l'énergie à produire par la partie renouvelable du système, qui est de 60 % au minimum de l'énergie totale produite. La mise en œuvre de la simulation sous l'environnement HOMER. ceci à travers une étude d'un cas. Nous présentons sur la figure (3.1) la configuration relative au programme HOMER, avec ce Système nous avons pris le générateur diesel dont la puissance est minimale pour diminuer les pertes d'énergie électrique.

La figure (3.10) montre que l'apport énergétique du système PV est plus grand que le générateur diesel et coût initial du système photovoltaïques.

# **CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale**

L'objectif de ce travail était l'étude est simulation du fonctionnement d'un système de production d'énergie électrique autonome hybride, qui se compose d'un champ photovoltaïque, un dispositif de stockage par batteries électrochimique et d'un groupe diesel comme source de secours et d'appoint, au champ PV pour alimentation d'une habitation isolée.

Système hybride PV/Diesel de production d'énergie électrique, est fait sur la base de connaissance de potentiel énergétique du site et après avoir évalué le besoin journalier, de notre habitation isolée.

Dans ce travail, on a traité une étude un système hybrides fournir l'électricité nécessaire à une maison de la ville d'Ouargla, dont la consommation par année est 28.7 KWh /jour.

A la fin de ce travail on a conclu les points suivants :

- ❖ Après avoir utilisé logiciel HOMER, nous avons pu observer l'effet des conditions externes sur le fonctionnement électrique (température, éclairage)
- ❖ Le coût économique par alimenté cette maison à énergie photovoltaïque à 520188792.64DA
- ❖ La production d'électricité à partir de PV a 8734 KW (%) et partir générateur Diesel électrique à 3809 KW (30%).

A la fin, cette étude a montré le grand avantage de doter toutes maisons.



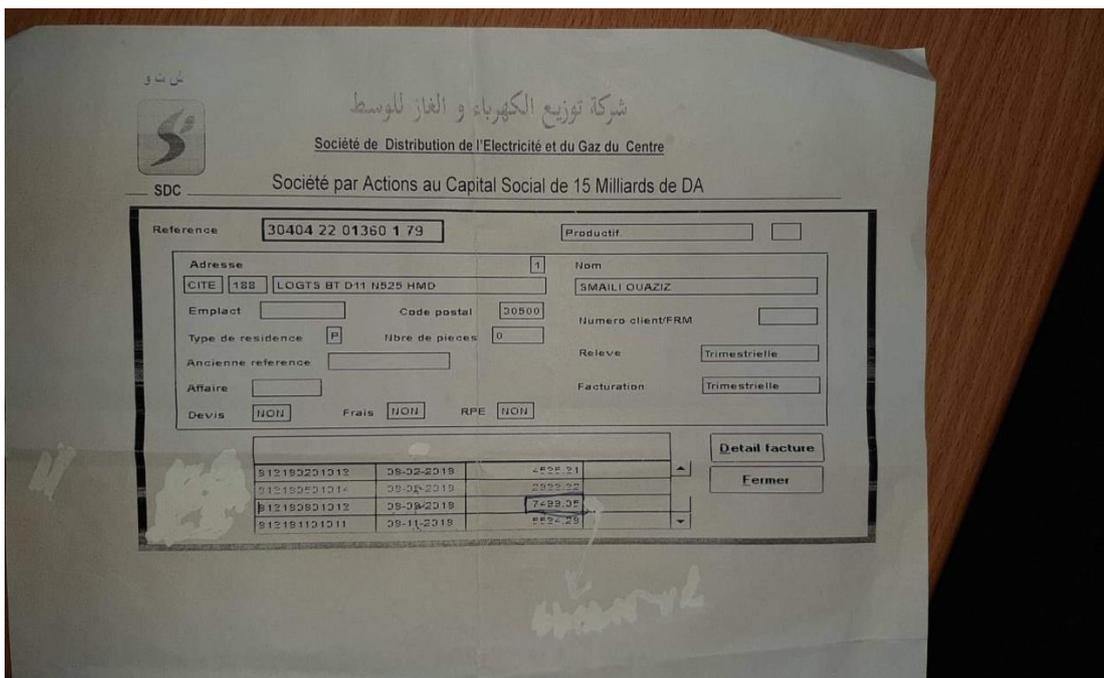


Figure 03:fourniture d'énergie électrique



Figure 04:caractéristiques onduleur hybride



---

---

## LISTE DE RÉFÉRENCE

- [01] S. M. Ait-Cheikh, «*Etude, Investigation et conception d'algorithmes de commande appliqués aux systèmes photovoltaïques*», Thèse de Doctorat d'état, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2007
- [02] D. Rekioua, Z. Roumila et T. Rekioua « Etude d'une centrale hybride photovoltaïqueéolienne-diesel » Revue des énergies renouvelables vol.11, N°04, pages (623-633), Béjaia, 2008.
- [03] K.Touafek, "*Etude d'un capteur solaire hybride photovoltaïque thermique*", mémoire de magister, école nationale polytechnique, Alger, 2005
- [04] R. Maouedj « Application de l'énergie photovoltaïque au pompage hydraulique sur les sites de Tlemcen et de Bouzareah » mémoire de magister université abou bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2005.
- [05] Mr. MAROUF ADIL « Création d'une entreprise d'installation des panneaux solaires» mémoire fin d'études master Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen. 2013-2014
- [06] La fabrication des cellules photovoltaïques « Hallou Solaire » (Google)
- [07] C. Lerouge, Recherche & Industrie Photovoltaïque (PV) aux Etats-Unis, Science physique, 2006.
- [08] [RESSOURCES NATURELLES CANADA, "Technologie et application – Photovoltaïque ; Intégration des panneaux solaires aux immeubles ”  
[www. canren.gc.ca/tech\\_appl/index\\_f.asp?CaId=5&PgID= 422](http://www.canren.gc.ca/tech_appl/index_f.asp?CaId=5&PgID=422)
- [09] [www.univ-bejaia.dz](http://www.univ-bejaia.dz)
- [10] [www.happ-e.fr](http://www.happ-e.fr)
- [11] société algérienne de distribution de l'électricité et de gaz
- [12] [www.distancede.com](http://www.distancede.com)
- [13] [www.newenergyeco.com](http://www.newenergyeco.com)
- [14] [www.voltronicpower.com](http://www.voltronicpower.com)
- [15] [www.rollsbattery.com](http://www.rollsbattery.com)

### ملخص:

تعتبر الطاقة الشمسية الكهروضوئية طاقة مجانية ونظيفة وبديلة عن المصادر التقليدية الملوثة للبيئة. إن التغذية بالطاقة الكهربائية في المناطق المعزولة أمر حتمي. وبالنظر إلى التكلفة الكبيرة في توصيل بالشبكة الكهربائية نجد في الطاقة الشمسية الحل الأمثل. هدف العمل هو تقديم دراسة اقتصادية لحساب الطاقة الكهروضوئية اللازمة لتغذية منزل في منطقة معزولة اخذين بعين الاعتبار مختلف التجهيزات المستعملة في مولدات ومعدلات وألواح شمسية وكذلك البطاريات من جهة ومن جهة أخرى مختلف الحمولات ولهذا اقترحنا في هذه الدراسة حمولة شقة من خمسة غرف تقع في ولاية ورقلة.

### Résumé :

L'énergie solaire photovoltaïque est gratuite, propre et alternative aux sources conventionnelles polluantes. L'alimentation électrique dans des zones isolées est impérative. Compte tenu du coût élevé de la connexion au réseau électrique, l'énergie solaire est la meilleure solution. L'objectif de ce travail est de fournir une étude économique permettant de calculer l'énergie photovoltaïque nécessaire pour alimenter une maison dans une zone isolée, en tenant compte des divers équipements utilisés dans les générateurs, les taux et les panneaux solaires, ainsi que dans les batteries, ainsi que les différentes charges utiles suggérées dans l'étude Appartement de cinq pièces situé dans l'état de Ouargla.

### Abstract:

Photovoltaic solar energy is free, clean and alternative to conventional polluting sources. Power supply in isolated areas is imperative. Given the high cost of connecting to the electricity grid, solar energy is the best solution. The objective of this work is to provide an economic study to calculate the photovoltaic energy needed to power a house in an isolated area, taking into account the various equipment used in generators, rates and solar panels, as well as in the batteries, as well as the different payloads suggested in the study Five-room apartment located in the state of Ouargla.