



**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des hydrocarbures de l'énergie**

**Renouvelable Et des sciences de la terre et de l'univers**

**Département des énergies renouvelables**

**Mémoire**

**Présenté pour l'obtention d'un diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité: Energies Renouvelables en mécanique**

**Présenté par :**

**Tarek LABRECHE**

**Abdelkrim MESSAOUDI**

**Abdel basset RAHMANI**

**Thème**

**Dimensionnement et simulation d'un système PV pour  
alimenter une pompe d'irrigation**

**Soutenu publiquement**

**Le : 09/06/2022**

**Devant le jury :**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>	<b>Etablissement</b>
<b>M<sup>r</sup>. M.DARNOUNI</b>	<b>MAA</b>	<b>Président</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M<sup>r</sup>. M. BERREBEUH</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M<sup>r</sup>. H. MAAMMEUR</b>	<b>MCB</b>	<b>Encadreur/rapporteur</b>	<b>UKM Ouargla</b>

**Année universitaire : 2021/2022**

## شكر و عرفان

قال صلى الله عليه وسلم « لا يَشْكُرُ اللهُ مَنْ لا يَشْكُرُ النَّاسَ »

أولاً وقبل كل شيء، نود أن نشكر الله الذي أعطانا القوة على إكمال هذا العمل، حيث لم تكن مهمة البحث سهلة. كما نشكر مشرفنا، السيد معمر حسين، الذي كان ساعدنا على اتمام هذا العمل، أشكره بصدق على دعمه ونصائحه التي جعلت هذا العمل ممكناً. نتقدم بخالص الشكر لأعضاء لجنة التحكيم الذين تكرموا بمراجعة هذا العمل وقبولهم أن يكونوا جزءاً من لجنة التحكيم. كما نعرب عن إمتناننا للآباء على دعمهم المادي والمعنوي طيلة المشوار الدراسي، لتقدم ايضاً بجزيل الشكر لإخواننا وأخواتنا وأفراد الأسرة كل باسمه، وأخيراً شكرنا للأصدقاء ورفاق الدراسة. كما نتقدم بالشكر الخاص للدكتور مسعودي محمد الطاهر. ومن ساعدنا من قريب أو من بعيد ومن ذكره اللسان ولم يخطه القلم.

مسعودي... الابرش... رحماني

# إهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

( واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا ) الإسراء الآية 24

أهدي هذا البحث المتواضع إلى

أمي الغالية

أبي العزيز

إلى كل أفراد عائلتي

كل زملائي و أصدقائي

كل الأساتذة الكرام

إلى كل من مد لنا يد العون من قريب أو بعيد ولو بكلمة طيبة

إلى كل محبي العلم والمعرفة

إلى كل من ذكره قلبي و لو يخطه قلبي

إلى كل هؤلاء جميعا أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع

مسعودي عبد الكريم

# إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى:

أبي العزيز

أمي الغالية

إلى إخوتي وأخواتي

إلى جميع عائلتي

إلى كل أصدقائي وزملائي بلا استثناء.

إلى كل من ذكره لساني ولم يكتبه القلم.

الابريش طارق

# إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى:

أبي العزيز

أمي الغالية

إلى إخوتي وأخواتي

إلى جميع عائلتي

إلى كل أصدقائي وزملائي بلا استثناء.

إلى كل من ذكره لساني ولم يكتبه القلم.

رحماني عبد الباسط

## Nomenclature

---

### Nomenclature :

Symbole	Description
<b>PV</b>	Photovoltaïque.
<b>DC(CC)</b>	Courant continue.
<b>AC(CA)</b>	Courant alternatif.
$\varphi$	l'inclinaison optimale pour les modules PV.
$I_{ph}$	Courant de photon
$R_s$	Résistance en série
$\varpi$	courant photogène
$R_{sh}$	Résistance en parallèle (résistance shunt)
$V_{co}$	Tension en circuit ouvert
$I_{cc}$	Courant de court-circuit
$E_c$	l'énergie électrique (Wh)
$P_c$	Puissance crête (Wc)
$P_i$	Puissance d'éclairement aux conditions STC ( $W/m^2$ )
$G$	Irradiation globale sur plan incliné ( $Wh/m^2/j$ )
$K$	Coefficient k facteur de correction globale, Ce coefficient est en compris entre 0,65 et 0,9.
$N_p$	Nombre de série en parallèle.
$N_s$	Nombre de modules PV de chaque série.
$N$	nombre de jour d'autonomie (jour)
$D$	Décharge maximale admissible (80%)
$\rho$	Résistivité du cuivre ( $1.6 \times 10^{-8} \Omega.m$ à $0^\circ C$ ).

# Liste des figures

---

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Système terre soleil lune.....	3
<b>Figure I.2 :</b> Mouvement apparent du soleil en un point de l'équateur.....	4
<b>Figure I.3 :</b> Mouvement apparent du soleil aux équinoxes.....	4
<b>Figure I.4</b> -Composante du rayonnement solaire.....	5
<b>Figure.I.5 :</b> Constante solaire.....	6
<b>Figure I.6 :</b> Afficher les coordonnées et les lignes géographiques.....	7
<b>Figure.I.7.</b> Latitudes dans le monde.....	8
<b>Figure. I.8.</b> Longitude dans le monde.....	9
<b>Figure I.9</b> Courbe de rayonnement mensuelle moyenne en Algérie.....	12
<b>Figure I.10-</b> Courbe de température mensuelle moyenne (en Algérie).....	13
<b>Figureur II.1 :</b> Circuit électrique équivalent d'une cellule solaire.....	15
<b>Figure II.2 :</b> Caractéristiques résultantes d'un groupement de $N_s$ cellules en série.....	18
<b>Figure II.3:</b> Caractéristiques résultant d'un groupement de $N_p$ cellules en parallèle.....	19
<b>Figureur II.4:</b> Caractéristique de nombre des modules en série.....	19
<b>Figureur II.5:</b> Caractéristique de nombre des modules en parallèle.....	20
<b>FigureurII.6.</b> Schéma fonctionnel d'un système photovoltaïque.....	21
<b>FigureurIII.1:</b> Photo aérienne de Taibet (Bakkar).....	23
<b>Figureur III.2 :</b> Température moyenne de la courbe en mois en Taibet (Bakkar).....	24
<b>Figureur III.3:</b> Une courbe représentant le rayonnement moyen en Taibet.....	25

## Liste des figures

---

<b>Figureur III.4:</b> la pompe à utiliser dans l'installation.....	26
<b>Figureur III.5:</b> Fiche technique de panneau photovoltaïque.....	29
<b>Figureur III.6 :</b> régulateur de charge.....	30
<b>Figureur III.7 :</b> Montage de module PV.....	31
<b>Figureur III.8 :</b> La batterie solaire à utiliser dans l'installation.....	32
<b>Figureur III.9 :</b> Montage de batterie.....	33
<b>Figureur III.10 :</b> l'onduleur solaire à utiliser dans l'installation.....	34
<b>Figureur III.11 :</b> les câbles solaires à utiliser dans l'installation.....	36
<b>Figureur III.12:</b> Schéma du système de simulation (HOMER).....	37
<b>Figureur III.13 :</b> Spécifications des modules solaires photovoltaïques.....	38
<b>Figureur III.14 :</b> Spécifications HOMER pour le système de stockage (batterie).....	39
<b>Figureur III.15 :</b> Spécifications HOMER pour le convertisseur.....	40
<b>Figure III.16:</b> Courbe de production moyenne mensuelle d'électricité.....	42
<b>Figure III.17:</b> Résultat économique.....	43



## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>Tableau I. 1</b> : le rayonnement mensuel moyen en Algérie.....	11
<b>Tableau I. 2</b> : la température mensuelle moyenne(en Algérie.....	12
<b>Tableau III. 1</b> : Analyse économique.....	41
<b>Tableau III. 2</b> : Résultats énergétique.....	41

# Sommaire

---

## Table des matières

Remerciements.....	I
Table des matières .....	II
Liste des figures .....	III
Liste des tableaux .....	IV
Introduction général.....	V

### Chapitre I: Gisement solaire

I-1-Introduction.....	2
I-2-Caractéristiques du soleil .....	2
I-3-Système terre-soleil.....	3
I-3-1- Mouvement de la terre .....	3
I-3-2- Mouvement apparent du soleil.....	3
I-4-Composante du rayonnement solaire et constant solaire.....	4
I-4-1-Composante du rayonnement .....	4
I-4-2- Constante solaire.....	5
I-5-Paramètres de position du soleil (hauteur du soleil, azimut).....	6
I-5-1- L'azimut solaire.....	6
I-5-2-L'hauteur solaire.....	6
I-6-Coordonnées géographiques d'un site à la surface de la terre.....	7
I-6-1-Latitude.....	7
I-6-2-Longitude.....	8
I-6-3-Altitude:.....	9
I-7-Potentiel solaire en Algérie.....	10
I-8-le rayonnement mensuel moyen et la température mensuelle moyenne et l'inclinaison optimale pour les modules PV.....	11

# Sommaire

---

I-8-1 l'inclinaison optimale pour les modules PV.....	11
I-8-2- le rayonnement mensuel moyen.....	11
I-8-3- la température mensuelle moyenne.....	12
I-9-Conclusion.....	13

## Chapitre II : Généralités sur les systèmes PV

II-1-Introduction.....	15
II-2-Modèle électriques d'une cellule photovoltaïque.....	15
II-2-1- Caractéristiques d'une cellule solaire .....	16
II-2-1-1 Tension en circuit ouvert $V_{oc}$ .....	16
II-2-1-2- Courant de court-circuit $I_{cc}$ .....	16
II-2-1-3 Point du fonctionnement $P_m (V_m, I_m)$ .....	16
II-2-1-4 Facteur de forme $FF$ .....	17
II-2-1-5 Rendement $\eta$ .....	17
II-3-Association de cellules photovoltaïques.....	18
II-3-1 Mise en série.....	18
II-3-2-Mise en parallèle.....	19
II-4-Association de modules photovoltaïques:.....	19
II -4-1-Connexion des modules en série.....	19
II-4-2-Connexion des modules en parallèle.....	20
II-5-Architecture générale d'un système photovoltaïque (PV).....	20

## Chapitre III : Dimensionnement d'un système PV et étude de l'impact énergétique et économique et environnemental.

III-1-Introduction.....	23
III-2-Identification du site géographique et angle d'inclinaison.....	23
III-2-1-Températures.....	23

# Sommaire

---

III-2-2 Eclairage.....	24
III-3- l'énergie électrique journalière $E_c$ (Wh).....	25
III-4- la puissance crête du système PV.....	27
III-5 Choix du module PV et calcul le nombre de module PV.....	29
III-6- Choix du régulateur de charge.....	30
III-7-Montage de modules PV.....	30
III-8-Calcul de la capacité des batteries et leur nombre .....	31
III-9- Choix d'onduleur.....	34
III-10-Choix des câbles électriques.....	35
III-11- Logiciel Homer .....	37
III-12- Schéma du système PV.....	37
III-13-Analyse économique .....	41
III-14--Résultats énergétique.....	41
III-15-Résultats économique.....	43
<b>Conclusion général</b> .....	45
<b>Bibliographies</b> .....	47

# **Introduction général**

## **Introduction général**

---

### **Introduction général**

L'énergie est l'épine dorsale de l'économie de tous les pays du monde, elle pèse sur l'équilibre économique, qu'elle soit achetée ou produite, et participe positivement à l'économie et à la vie des individus. Depuis l'Antiquité, l'énergie est le but de toute activité humaine. L'homme compte sur sa propre force. Au début de sa vie sur Terre, et après plusieurs milliers d'années, il a domestiqué les animaux, puis s'est tourné vers les énergies fossiles et renouvelables. Au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, le domaine industriel a connu un développement très rapide, qui a nécessité une augmentation des apports énergétiques. Demande, et cette énergie est fournie principalement à partir de sources fossiles, et le reste est fourni par d'autres sources, comme le rayonnement solaire. L'énergie éolienne et l'énergie nucléaire. L'exploitation de diverses sources d'énergie a causé de grands problèmes pour la santé humaine et la dégradation de l'environnement due à la pollution. Cette situation dangereuse a incité l'humanité à s'orienter radicalement vers des sources d'énergie propres telles que l'énergie solaire.

Le rayonnement solaire est une énergie durable au niveau humain, il est propre, gratuit et facilement rentable et peut être converti en énergie utilisable grâce à des cellules photovoltaïques, des capteurs thermiques et des instantanés.

L'énergie solaire occupe une des places les plus importantes parmi les différentes sources d'énergie possibles. La connaissance précise de la distribution du rayonnement solaire dans un lieu géographique, est d'une grande importance pour le développement d'équipements d'énergie solaire et pour l'évaluation de ses performances. Malheureusement, pour beaucoup de pays en développement, les mesures du rayonnement solaire ne sont pas facilement disponibles. Il est donc important de développer des modèles de base de données astronomiques et atmosphériques pour l'estimation du rayonnement solaire. Au fil des années, de nombreux modèles ont été proposés pour prédire la valeur du rayonnement solaire selon plusieurs critères. Ces paramètres comprennent le rayonnement solaire extraterrestre, la durée d'ensoleillement, l'humidité relative, la température maximale et minimale, le nombre de jours de pluie, l'altitude, la latitude, la profondeur de l'eau courante et l'albédo.

L'Algérie est un pays de grand soleil. Le nombre d'heures d'ensoleillement est d'environ 3300 heures/an. Le climat est très favorable à l'exploitation de l'énergie solaire mais la propagation du rayonnement solaire est inconnue. Le but de ce travail est de réaliser une étude du fonctionnement d'un système d'irrigation solaire (PV).

Ce travail est divisé en quatre chapitres.

## **Introduction général**

---

Dans le premier chapitre, nous donnons quelques connaissances de base sur le soleil, nous étudions la distribution du rayonnement solaire à la limite extérieure de l'atmosphère et nous évaluons les diverses modifications que subit le rayonnement solaire lorsqu'il traverse l'atmosphère canapé. Nous révélons également les relations entre la position du soleil, la latitude et l'angle d'horloge. Nous mettons en évidence diverses procédures de calcul du rayonnement solaire en général sur une surface horizontale hors atmosphère et au sol.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les modèles utilisés dans notre étude. Pour estimer le rayonnement solaire global.

Dans le chapitre trois, nous modélisons comment installer le système solaire nécessaire pour extraire l'énergie qui rapporte au consommateur.

Dans le dernier chapitre, nous avons utilisé l'application Homer dans une étude électrique et économique du système solaire.

# **Chapitre I :**

# **Gisement solaire**



**I-1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous parlerons de certains des concepts de base de l'étoile (le soleil) qui forme le centre du système solaire et est la plus proche de la Terre, car elle fournit de l'énergie sous forme de lumière et de chaleur à notre planète. Ses dimensions, ses couches, l'origine de l'énergie qu'elle rayonne, la nature de cette énergie et la nature de cette énergie sont étudiées. Cette étoile est responsable des différentes conditions climatiques, des courants océaniques et des saisons de l'année. Cela signifie que c'est grâce à elle que les conditions de base nécessaires à l'existence de la vie sont assurées.

**I-2. Caractéristiques du soleil :**

Certaines des caractéristiques du soleil qui en font une étoile unique sont les suivantes:

- La forme est pratiquement sphérique. Contrairement aux autres étoiles, la forme du soleil s'aplatit légèrement à ses pôles. Cet aplatissement est causé par la rotation. Du sol, il peut être vu comme un disque parfaitement circulaire.
- Ses éléments les plus abondants sont l'hydrogène et l'hélium.
- Si mesuré à partir du sol, la taille angulaire du soleil est d'environ un demi-degré.
- Le rayon total est d'environ 700.000 109 kilomètres et a été estimé à partir de sa taille angulaire. Son diamètre total est environ XNUMX fois supérieur à celui de la Terre. Pourtant, le soleil est considéré comme une petite étoile.
- Il a été établi que la distance entre le soleil et la terre est considérée comme une unité astronomique.
- La masse du soleil peut être mesurée à partir de l'accélération que la terre acquiert lorsqu'elle s'en rapproche.
- Il est connu que le soleil connaît des cycles ou des périodes de grande activité et est lié au magnétisme. C'est alors qu'apparaissent des taches solaires, des éruptions ou des éruptions de masse coronale.
- La densité du soleil est bien inférieure à celle de la terre. C'est parce que cette étoile est une entité gazeuse.
- L'une des caractéristiques les plus appréciées du soleil est sa luminosité. Elle est définie comme la quantité d'énergie capable de rayonner par unité de temps. La puissance du soleil est égale à plus de dix portées à 23 kilowatts. À titre de comparaison, une ampoule à incandescence est connue pour rayonner moins de 0.1 kilowatts.

- La température effective de surface du soleil est d'environ 6.000 XNUMX degrés. C'est une température moyenne, bien que son noyau et sa couronne soient des régions beaucoup plus chaudes. [1]

### I-3-Système terre-soleil:

. La Terre tourne autour du Soleil en **365,25 jours** (1 année). Le Soleil est à une distance de **150 millions de km** de la Terre.

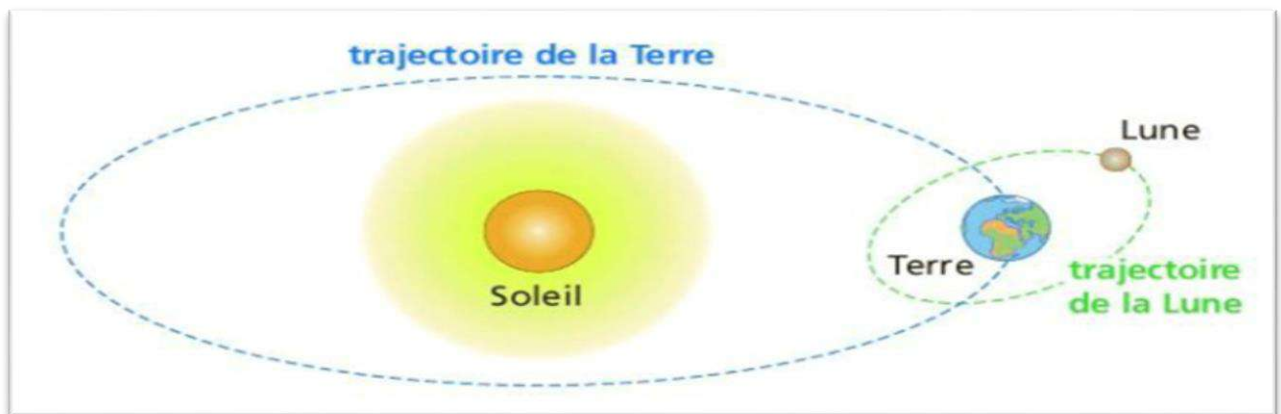


Figure I.1. Système terre soleil lune [2].

La Terre fait un tour sur elle-même en **24h** soit une journée. Enfin, la Lune tourne autour de la Terre à une distance d'environ **380000 km**. [2].

#### I-3-1- Mouvement de la terre :

La trajectoire de la terre autour du soleil est légèrement elliptique, ayant le soleil pour foyer et dont le rayon moyen est de 149,6.106 km avec une variation de presque 1,7% au cours de l'année du fait de la légère excentricité de l'orbite terrestre, l'axe de rotation de la terre sur elle-même est inclinée de 23°27' par rapport au plan de l'écliptique (plan de l'orbite terrestre) [3].

#### I-3-2- Mouvement apparent du soleil:

Pour un observateur terrestre, le soleil décrit un cercle autour de l'axe de rotation de la terre, aux équinoxes le soleil s'élève à l'est, passe par la verticale à midi et se couche à l'ouest. Entre le 21 mars et le 21 septembre le soleil passe au nord de la verticale et pendant la deuxième

moitié aux solstices il passe au sud de la verticale, l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale au  $23^{\circ}27'. Midi solaire est respectivement$

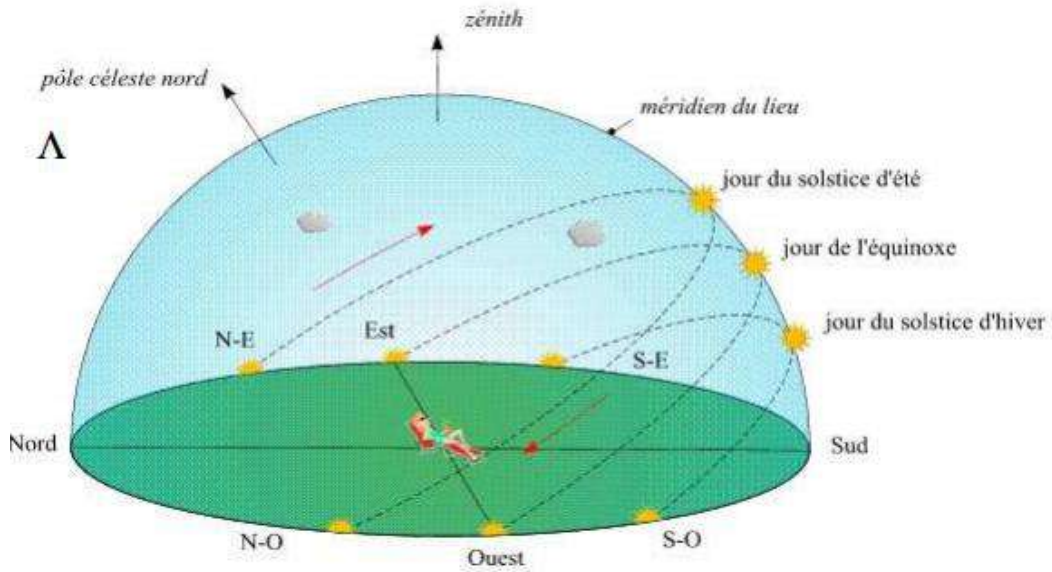


Figure I.2 : Mouvement apparent du soleil en un point de l'équateur [17].

**Remarque :**

Il est à noter qu'aux équinoxes le soleil décrit un cercle de  $180^{\circ}$  dans la voûte céleste à raison de  $15^{\circ}$  par heure ce qui implique des jours de 12 heures, à midi solaire l'angle que fait la direction du soleil avec l'axe verticale est égal à la latitude du lieu (L)

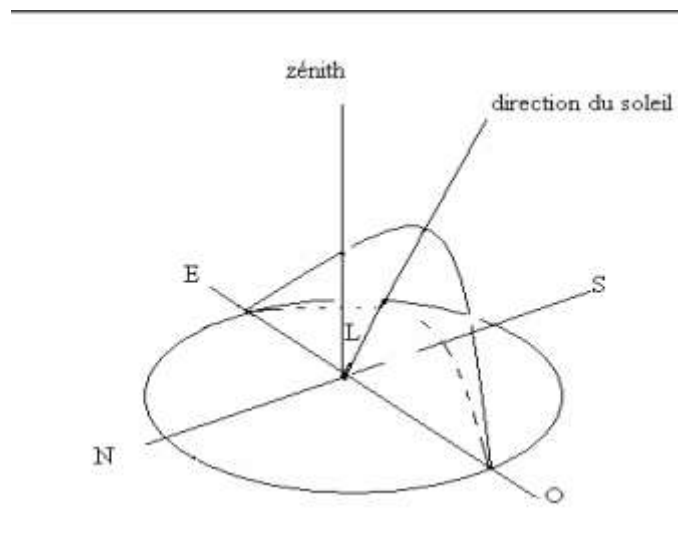


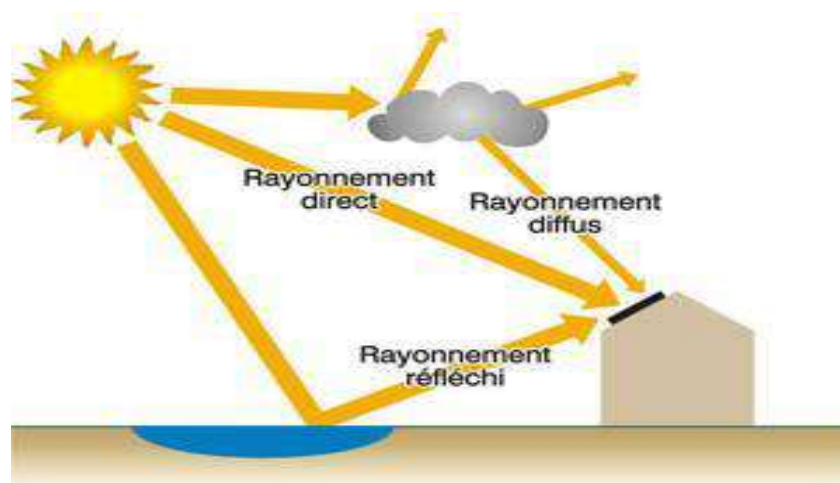
Figure I.3 : Mouvement apparent du soleil aux équinoxes [3].

Le mouvement apparent du soleil (de même pour la terre) n'est pas uniforme (pas la même trajectoire, pas la même vitesse) et cela donne plusieurs définitions du jour et du temps [3].

#### **I-4-Composante du rayonnement solaire et constant solaire:**

##### **I-4-1-Composante du rayonnement :**

Le rayonnement solaire atteint l'atmosphère, une certaine quantité de ce rayonnement est absorbée par l'atmosphère, les nuages et les particules en suspension dans l'atmosphère, une autre partie est réfléchiée dans l'espace et une certaine quantité est absorbée par la surface de la terre. La surface de la terre renvoie aussi une certaine partie sous forme d'un rayonnement de différentes longueurs d'ondes en raison de la température superficielle de la terre. Environ 70% du rayonnement solaire total reste dans la surface de la terre et dans l'atmosphère. La rotation de la terre autour de son axe produit des variations horaires dans l'intensité du rayonnement reçue par un emplacement donné pendant le jour et aboutit même à l'extinction complète pendant la nuit. En passant par l'atmosphère, le rayonnement solaire est partiellement dispersé dans toutes les directions, partiellement absorbé et partiellement réfléchi, par les gaz atmosphériques, les aérosols et les gouttelettes de nuage. Le rayonnement dispersé atteignant la surface de la terre constitue ce qu'on appelle le rayonnement diffus. À nouveau, une partie de ce rayonnement diffus revient en arrière dans l'espace, alors qu'une partie atteinte la surface de la terre sous forme d'un rayonnement, direct, diffus et réfléchi. Le rayonnement direct comme son nom l'indique est le rayonnement solaire reçu à n'importe quel point sur terre directement du soleil sans aucune perturbation. Le rayonnement réfléchi est principalement renvoyé par la surface réceptrice, cette composante est plus importante dans des régions montagneuses.



**Figure I.4** -Composante du rayonnement solaire [15].

### I-4-2- Constante solaire:

La terre reçoit pratiquement toute son énergie du soleil, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique. Son contenu total de chaleur ne change significativement pas avec le temps, indiquant en général un équilibre entre le rayonnement solaire absorbé et le flux de rayonnement diffus émis par la planète. À l'extérieur de l'atmosphère terrestre il n'y a pas de composante diffuse du rayonnement solaire mais seulement la composante directe. Pour une distance moyenne entre la terre et le soleil l'irradiation émise par le soleil à la terre aboutit à une intensité presque fixe dite constante solaire qui est de  $1360 \text{ w/m}^2$ .

La constante solaire est l'énergie solaire reçue par unité de temps et par unité de surface d'une superficie perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement solaire. [3].



Figure.I.5 :Constante solaire

### I-5-Paramètres de position du soleil (hauteur du soleil, azimut):

La position du soleil est exprimée en fonction de l'angle azimut solaire  $a$ , angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du sud. Cet angle est mesuré positivement vers l'Ouest, et l'angle de l'altitude solaire  $h$ , angle que fait la direction du soleil avec sa projection, le complément de  $h$  ou l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale est appelé angle zénithal ( $\theta_z$ ). [3]

#### I-5-1- L'azimut solaire:

L'azimut solaire L'azimut ( $a$ ) est l'angle entre la direction sud et la projection sur le plan horizontal local de la droite reliant la terre au soleil. L'angle est mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord et dans le sens contraire dans l'hémisphère sud.

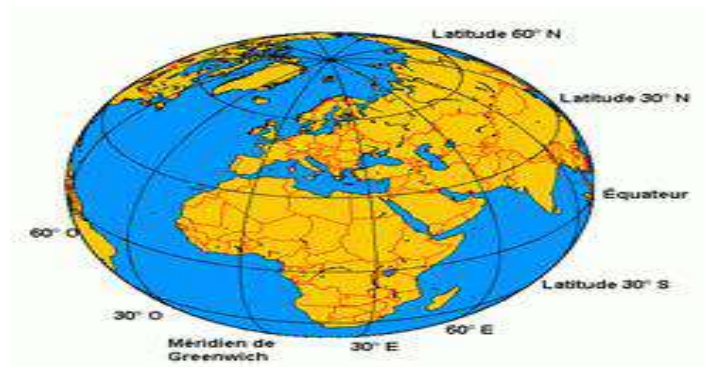
L'Azimut solaire est négatif le matin (direction est), nul ou égal à  $180^\circ$  à midi et positif l'après-midi (direction ouest), sur tout le globe [3].

**I-5-2-L'hauteur solaire** : La hauteur solaire ( $h$ ) est l'angle entre la droite joignant le centre du disque solaire au point d'observation et le plan horizontal passant par le point

d'observation (Figure I.8). Le complément de (h) ou l'angle que fait la direction du soleil avec la verticale est appelé l'angle zénithal. Le zénith est le point le plus élevé de l'hémisphère céleste, se trouvant directement à la verticale de l'observateur [3].

### **I-6-Coordonnées géographiques d'un site à la surface de la terre:**

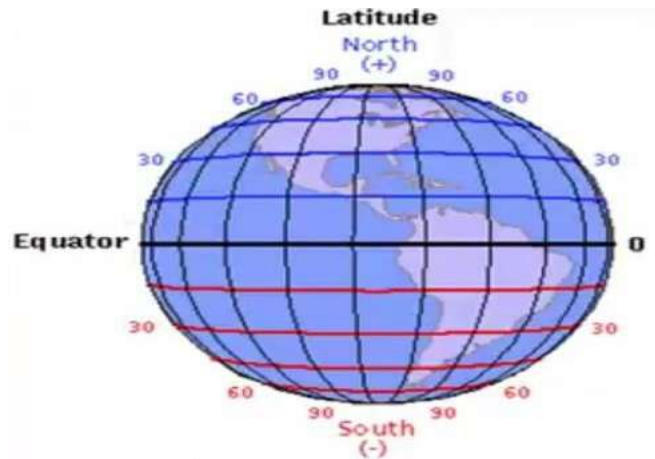
Par coordonnées géographiques (ou encore « repères géographiques ») d'un lieu sur la Terre, on entend un système de trois coordonnées qui sont le plus souvent : la latitude, la longitude et l'altitude (ou l'élévation) par rapport au niveau moyen de la mer (élévation ortho métrique) ou par rapport à une surface de référence, en général ellipsoïde (élévation ellipsoïdale). Ces coordonnées géographiques découlent d'un système géodésique qui modélise la forme de la Terre. Pour se repérer à la surface de la planète, on peut utiliser des systèmes de représentation graphique appelés « repères cartographiques du pays ». [4].



**Figure I.6** :Afficher les coordonnées et les lignes géographiques [17].

#### **I-6-1-Latitude:**

La latitude est une valeur angulaire, expression du positionnement nord ou sud d'un point sur Terre. D'un point de vue mathématique, la latitude d'un point est l'angle au centre que forme la normale (verticale) en ce point avec le plan équatorial.



**Figure.I.7.**Latitudes dans le monde [14]

- La latitude est une mesure angulaire s'étendant de  $0^\circ$  à l'équateur à  $90^\circ$  aux pôles ( $-90^\circ$  au sud à  $90^\circ$  au nord).
- Les points de même latitude constituent un cercle approximatif appelé parallèle (les irrégularités du cercle sont liées aux variations d'altitude), sauf aux pôles où ce cercle se réduit à un point. Ces cercles sont inscrits dans des plans perpendiculaires à l'axe de rotation de la Terre.
- Plus la latitude s'écarte de  $0^\circ$ , plus on s'éloigne du plan de l'équateur, cependant la latitude n'est pas une mesure proportionnelle à la distance entre les deux plans, mais proportionnelle à la distance la plus courte pour rejoindre l'équateur en parcourant la surface terrestre soit vers le nord géographique soit vers le sud géographique. En effet, la distance au plan de l'équateur ne varie pratiquement pas près des pôles même si la latitude varie beaucoup, au contraire des plans de latitude près de l'équateur où la variation de la distance inter-plan est maximale.

### I-6-2-Longitude:

La longitude est une valeur angulaire, expression du positionnement est ou ouest d'un point sur Terre. En géodésie, c'est l'angle au centre que forme le plan passant par ce point et par l'axe de rotation de la terre avec le plan du méridien de Greenwich.

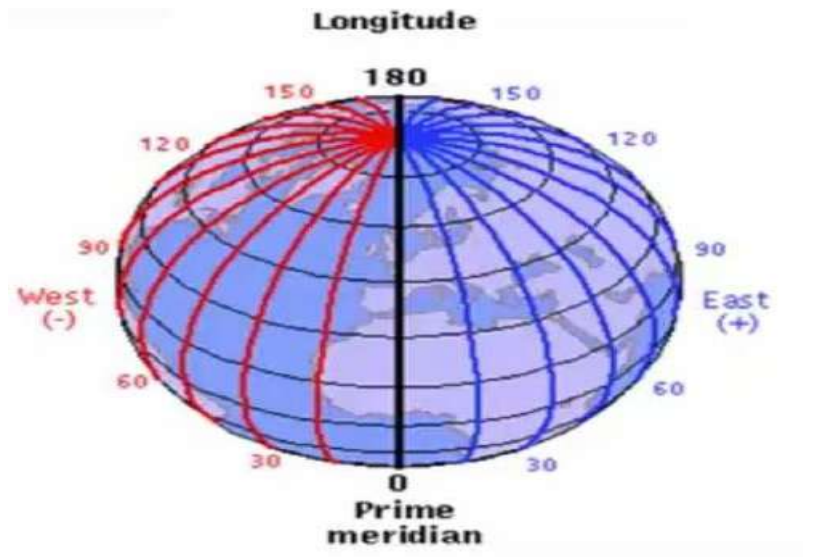


Figure. I.8.Longitude dans le monde [14]

- Tous les lieux situés à la même longitude forment un demi-plan limité par l'axe des pôles géographiques, coupant la surface de la terre sur un demi-cercle approximatif dont le centre est le centre de la Terre, l'arc allant d'un pôle à l'autre. Un tel demi-cercle est appelé méridien .
- À la différence de la latitude (position nord ou sud) qui bénéficie de l'équateur et des pôles comme références, aucune référence naturelle n'existe pour la longitude.
- La longitude est donc une mesure angulaire sur  $360^\circ$  par rapport à un méridien de référence, avec une étendue de  $-180^\circ$  à  $+180^\circ$ , ou respectivement de  $180^\circ$  ouest à  $180^\circ$  est.
- Le méridien usuel de référence est le méridien de Greenwich (qui sert aussi de référence pour les fuseaux horaires).

• **I-6-3-Altitude:**

La hauteur est une grandeur qui exprime une différence entre un point donné et le plan de référence ; Par convention, ce niveau sur terre est souvent le niveau de la mer (ou « niveau zéro»). Nous utilisons également le terme hauteur. Cependant, l'ovale est parfois utilisé comme plan de référence (GPS par exemple). Les pics sont liés à une hauteur calculée par divers moyens indirects (géodésiques). L'altitude est aussi une donnée externe utile au calcul numérique dans divers domaines : météorologie, physique et biologie.

**I-7-Potentiel solaire en Algérie:**

L'Algérie est probablement le pays Africain et Méditerranéen disposant du potentiel d'énergie renouvelable le plus important à l'échelle régionale, de même que les capacités les plus



appropriées au développement et à l'exploitation de ce potentiel. Un potentiel énergétique lié à plusieurs types de sources, mais dont l'énergie solaire demeure la plus importante en disponibilité et puissance et, sans doute aussi, la plus compétitive à développer à l'avenir sous diverses formes. [5]

L'Algérie est en effet l'un des plus importants gisements d'énergie solaire au monde avec une durée d'insolation de 2.000 à 3.900 heures par an, et une irradiation journalière de 3.000 à 6.000 Wh/M<sup>2</sup>, soit l'équivalent de 10 fois la consommation mondiale.

Eu égard à ces statistiques particulièrement favorable au développement de l'énergie photo voltaïque, le gouvernement algérien avait décidé de lancer dès l'année 2011, un programme à long terme d'énergie renouvelable de 22.000 MW destiné à la production d'électricité qui se faisait jusqu'alors à base d'énormes quantités de gaz. Le programme en question prévoyait la mise en place à l'horizon 2030, d'une capacité de production d'électricité de 12.000 MW exclusivement destinée au marché intérieur. Tout un éventail d'énergies renouvelables parmi lesquels 7.200 MW en thermo solaire, 2.800 MW en photovoltaïque, et 2.000 en éolien devaient en être issus. Une tranche supplémentaire de 10.000 MW était même prévue pour être exportée vers la Tunisie et la Maroc. L'objectif ouvertement affiché était d'économiser au maximum le gaz naturel en grande partie destiné à l'exportation.

Mais comme le lancement de ce programme a pris du retard et que les technologies solaires avaient entre temps beaucoup évolué, le gouvernement algérien a décidé en février 2015 de modifier de façon importante le programme initial. La capacité de production envisagée est certes restée la même avec de 22.000 MW, mais elle est entièrement destinée à la production d'électricité avec 10.575 MW en photovoltaïque, 4.000 MW en éolien, 2.000 MW en thermo-solaire, et le reste entre la biomasse, la cogénération, et la géothermie.

L'objectif de ce programme était motivé par le constat fait à l'époque par rapport à trois facteurs importants : Une baisse des réserves restantes en hydrocarbures et une relative stagnation de la production depuis 2007, un accroissement rapide de la consommation nationale d'énergie qui se fait au détriment des exportations et le constat d'une mutation à l'échelle mondiale vers les énergies renouvelables dont l'Algérie est potentiellement bien lotie. Il n'a malheureusement été réalisé entre 2011 et 2017 qu'une capacité de 354 MW d'énergie photovoltaïque, avec toutefois quelques prometteuses initiatives privées notamment dans la production de panneaux photovoltaïques encore embryonnaire en Algérie.

Le lancement effectif de cet ambitieux programme débutera cette année par un appel à candidatures pour construire une première tranche de 4 050 mégawatts au cours des prochaines années. Le volet énergétique du programme prévoit la création d'un partenariat visant à financer, construire et exploiter plusieurs centrales photovoltaïques d'une capacité de 1 030 MW chacune. [5].

**I-8- Rayonnement mensuel moyen et la température mensuelle moyenne et l'inclinaison optimale pour les modules PV**

**I-8- 1 l'inclinaison optimale pour les modules PV:**

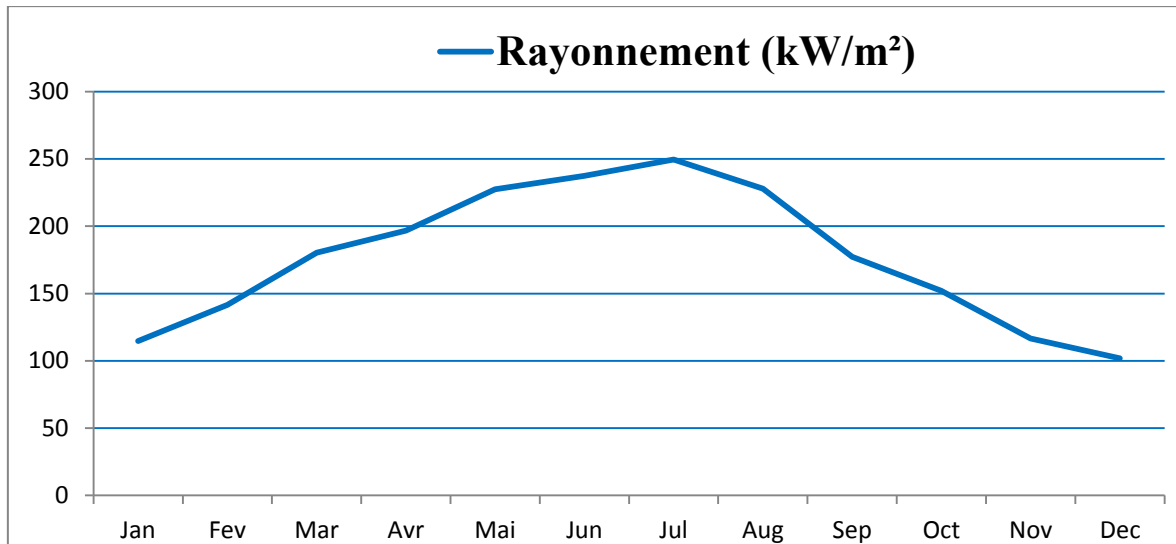
L'angle d'inclinaison des panneaux utilisés dans la région de Taibet (Bakkar) est :  $\varphi = 33^\circ$

**I-8-2- Rayonnement mensuel moyen:**

Pour obtenir le rayonnement mensuel de la zone étudiée en 2020, à l'aide du [6], les résultats suivants ont été obtenus :

<b>Mois</b>	<b>Rayonnement (kW/m<sup>2</sup>)</b>
Jan	114,71
Fev	141,61
Mar	180,37
Avr	196,73
Mai	227,32
Jun	237,52
Jul	249,59
Aug	228,00
Sep	177,23
Oct	152,03
Nov	116,63
Dec	101,91

**Tableau 1:** le rayonnement mensuel moyen en Algérie [6]



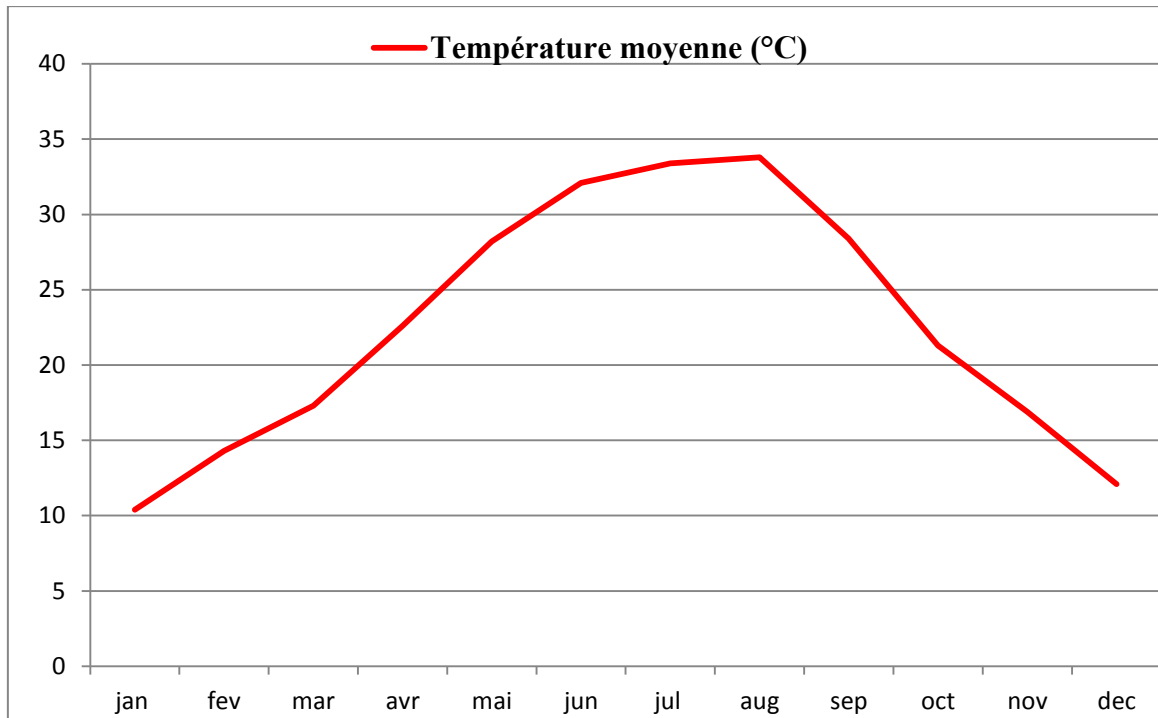
**Figure I.9** Courbe de rayonnement mensuelle moyenne en Algérie. [6]

A travers le tableau et la courbe qui représentent les variations du rayonnement mensuel moyen en termes de mois dans en **Algérie** en 2020, où l'on remarque que le taux de rayonnement est faible en Janvier (**114,71kW/m²**), puis commence à augmenter continuellement jusqu'à ce que le pic atteigne le mois de Juillet (**249,59 kW/m²**.) Puis il diminue ensuite jusqu'à ce qu'il atteigne sa valeur la plus basse tout au long de l'année en Décembre (**101,91 kW/m²**).[6]

**I-8-3- la température mensuelle moyenne:**

Mois	Temperature moyenne (°C)
Jan	10,4
Fev	14,3
Mar	17,3
Avr	22,6
Mai	28,2
Jun	32,1
Jul	33,4
Aug	33,8
Sep	28,4
Oct	21,3
Nov	16,9
Dec	12,1

**Tableau 2:** la température mensuelle moyenne(en Algérie). [6]



**Figure I.10-** Courbe de température mensuelle moyenne (en Algérie.). [6]

A travers la courbe et le tableau qui représentent les variations moyennes de température de chaque mois de l'année 2020 en **Algérie**. Où l'on note que la température est basse en saison hivernale (décembre, janvier, février) tandis qu'au printemps et saisons d'automne (mars, Avril, mai, Septembre, Octobre, novembre) La température est plutôt modérée. En été (juin, juillet, août), la température est élevée, c'est-à-dire à sa valeur maximale tout au long de l'année.

**I-9-Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous nous sommes d'abord familiarisés avec les caractéristiques les plus importantes et les plus proéminentes du soleil, puis nous avons ses composants et l'étendue de son rayonnement quotidien.

# **Chapitre II :**

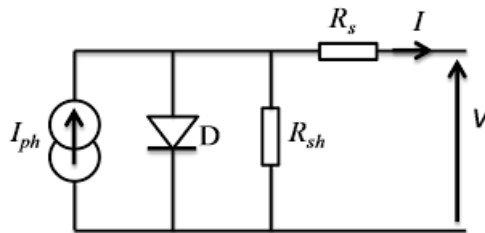
# **Généralités sur les**

# **systemes PV**

## II-1-Introduction :

La conversion photovoltaïque est la transformation directe d'énergie électromagnétique (rayonnement) en énergie électrique de type continu directement l'élément de base dans cette conversion est la cellule solaire.

## II-2-Modèle électriques d'une cellule photovoltaïque:



**Figure II.1** :Circuit électrique équivalent d'une cellule solaire [16].

Une cellule photovoltaïque est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur trois mécanismes suivants :

- Absorption des photons (dont d'énergie est supérieure au gap) par le matériau  $\pi$  constituant le dispositif.
- Conversion de l'énergie du photon énergie électrique, ce qui correspond à la  $\pi$  création de paires électron /trou dans le matériau semi-conducteurs
- Collecte des particules générées dans le dispositif.

Dans le cas d'une cellule photovoltaïque réelle, d'autres paramètres tenant compte des effets résistifs et des fuites vers les bords; qu'ils doivent être pris en considération et l'équation de la caractéristique (courant-tension) I-V devient alors [8] :

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_{ph} - \left[ \left( e^{\frac{\mathbf{V} + \mathbf{I}R_s}{nV_{th}}} - 1 \right) - \left( \frac{\mathbf{V} + \mathbf{I}R_s}{R_{sh}} \right) \right] \quad (\text{I-1})$$

Le schéma équivalent d'une cellule solaire réelle est représenté sur la figure (II-1) par un générateur de courant ( $I_{ph}$ ), une diode et deux résistances parasites ( $R_s$ ) et ( $R_{sh}$ ). Elle est liée à l'impédance des électrodes et du matériau; il en résulte que la tension  $V$  aux bornes de la cellule est différente de la tension aux bornes de la jonction Ce terme doit idéalement être le plus faible possible pour limiter son influence sur le courant de la cellule. [7]

Le générateur du courant ( $I_{ph}$ ): il délivre le courant  $I_{ph}$  correspondant au courant  $\varpi$  photogène.

- La diode (D) : modélise la jonction P-N.
- La résistance série  $R_S$  : modélise les pertes résistives au sein de la photopile.
- La résistance parallèle (résistance shunt  $R_{sh}$ ) : correspond à une résistance de fuite entre les deux zones N et P de la jonction; il en résulte qu'une partie du courant  $I_{ph}$  sera dérivée par cette résistance et ne pourra être délivrée à la charge. Cette résistance devra être la plus élevée possible. [7]

### II-2-1- Caractéristiques d'une cellule solaire :

Les caractéristiques d'une cellule solaire photovoltaïque sont caractérisées par un certain nombre de paramètres extrait de caractéristique courant-tension [9] :

#### II-2-1-1 Tension en circuit ouvert $V_{co}$ :

C'est la tension mesurée aux bornes de la cellule et pour laquelle le courant

Débité par la cellule solaire est nul, elle est donnée par la relation (I-2) :

$$V_{co} = nV_{th} \left( \frac{1 + I_{ph}}{I_S} \right) \quad (\text{I-2})$$

#### II-2-1-2 Courant de court-circuit $I_{cc}$ :

En court circuit  $V=0$  :

D'où 
$$I_{cc} = I_{ph} \quad (\text{I-3})$$

#### II-2-1-3 Point du fonctionnement $P_m$ ( $V_m$ ) :

La puissance maximale d'une cellule photovoltaïque éclairée est la grandeur Essentielle pour évaluer sa performance; elle est donnée par la relation (I-4):

$$P_m = V_m \times I_m \quad (\text{I-4})$$

Elle traduit sur la caractéristique (courant-tension) **I-V** le point du fonctionnement

**P<sub>m</sub> (V<sub>m</sub>, I<sub>m</sub>)** qui est Situé au coude de la caractéristique (courant-tension) **I-V** et dit point de puissance maximale où les Valeurs de tension **V<sub>m</sub>** et du courant **I<sub>m</sub>** appelées également tension et courant Maximums respectivement [9].

#### II-2-1-4 Facteur de forme FF :

A l'aide de la caractéristique courant-tension d'une cellule dans l'obscurité et sous éclairage, il est possible d'évaluer les performances et le comportement électrique de la cellule photovoltaïque, donc le facteur de forme (FF) « en anglais : Fill Factor » est défini comme le rapport entre la puissance maximale et le produit (**V<sub>co</sub>**), d'où il est donné par la relation (I-5) :

$$FF = \frac{P_m}{I_{cc} \times V_{co}} = \frac{I_m \times V_m}{I_{cc} \times V_{co}} \quad (\text{I-5})$$

Ce paramètre compris entre 0 et 1, on l'exprime en % qualifie la forme plus ou moins rectangulaire de la caractéristique (courant-tension) **I-V** de la cellule solaire. Si celle-ci était carrée le facteur de forme serait égale à 1, la puissance **P<sub>m</sub>** sera égale à (**V<sub>co</sub>**). Mais, généralement le facteur de forme prend des valeurs entre 0.6 et 0.85. [9]

#### II-2-1-5 Rendement $\eta$ :

Il est défini comme le rapport entre la puissance maximale produite par la cellule et la puissance du rayonnement solaire qui arrive sur la cellule. Si **S** est la surface de la cellule en (**m<sup>2</sup>**) et **E** est l'éclairement-irradiante en (**W/m<sup>2</sup>**). Le rendement énergétique s'écrit selon la relation suivante (I-6): [7]

$$\eta = P_m / P_{inc} S \quad (\text{I-6})$$

**P<sub>inc</sub>**: Puissance incident

**S** : surface de la cellule photovoltaïque



De notre relation (I-5): 
$$P_m = FF \times I_{cc} \times V_{co} \quad (I-7)$$

En remplaçant (I-7) par (I-6), on obtient:

$$\eta = FF \times I_{cc} \times V_{co} / P_{inc} S \quad (I-8)$$

## II-3-Association de cellules photovoltaïques

### II-3-1 Mise en série

Une association de  $N_s$  cellules en série permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque (GPV). Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultant du groupement série est obtenue par addition des tensions élémentaires de chaque cellule, (**Figure II-2**). L'équation (I-9) résume les caractéristiques électriques d'une association série de ns cellules [10].

$$V_{co} = N_s \cdot V_{CO} \quad (I-9)$$

$V_{CO}$  : la tension du circuit ouvert

- Ce système d'association est généralement le plus communément et utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce. Comme la surface des cellules devient de plus en plus importante, le courant par une seule cellule augmente régulièrement au fur et à mesure de l'évolution technologique alors que sa tension reste toujours très faible. L'association en série permet ainsi d'augmenter la tension de l'ensemble et donc d'accroître la puissance de l'ensemble. Les panneaux commerciaux constitués de cellules de première génération sont habituellement réalisés en associant 36 cellules en série ( $V_{co} = 0.6 \text{ v} \times 36 = 21.6 \text{ v}$ ) afin d'obtenir une tension optimale du panneau  $V_{op}$  proche de celle d'une tension de batterie. [11]

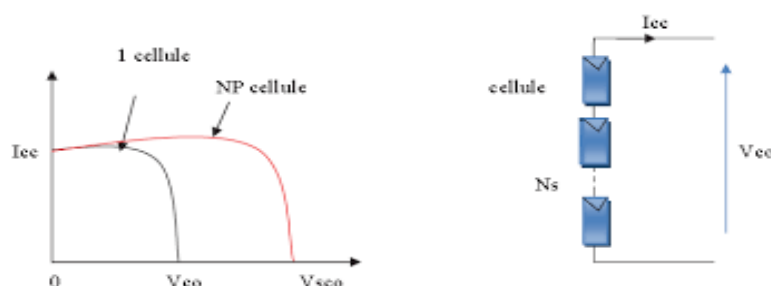


Figure II.2 : Caractéristiques résultantes d'un groupement de  $N_s$  cellules en série.

### II-3-2-Mise en parallèle

D'autre part, une association parallèle de  $N_p$  cellules est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créé. Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultant du groupement est obtenue par addition des courants, (Figure II.3) L'équation (I-10) résume à son tour les caractéristiques électriques d'une association parallèle de  $N_p$  cellules.

$$I_{CC} = N_p \times I_{CC} \quad (I-10)$$

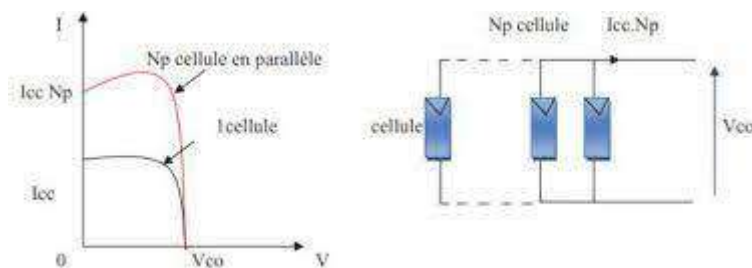
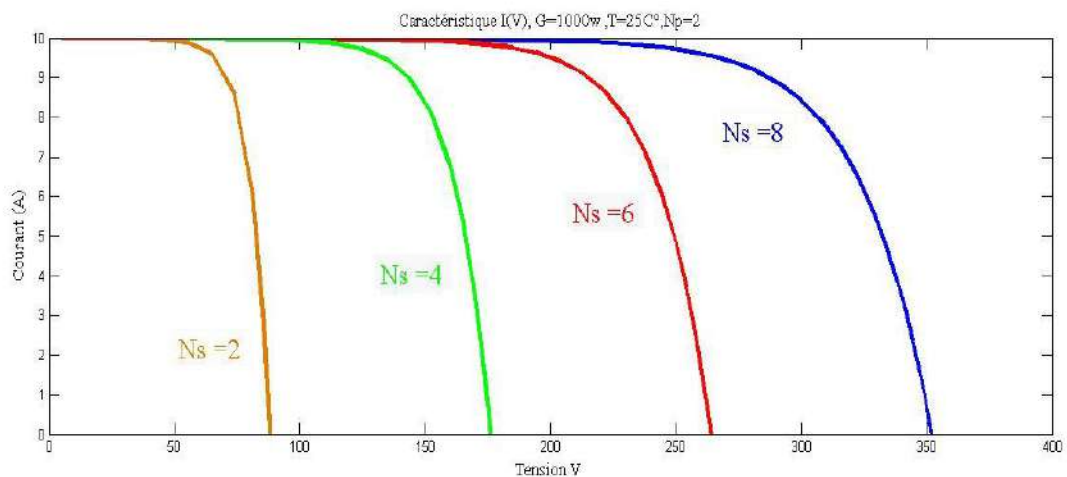


Figure II.3: Caractéristiques résultant d'un groupement de  $N_p$  cellules en parallèle.

### II-4-Association de modules photovoltaïques:

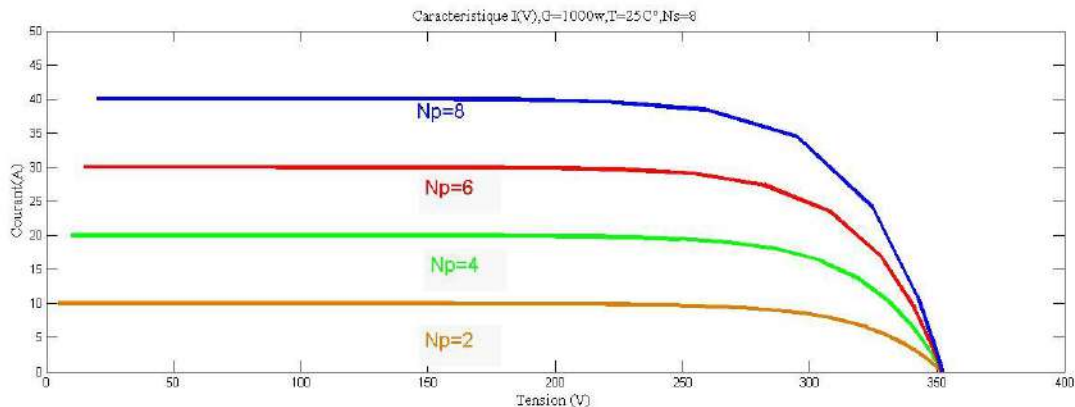
#### II-4-1-Connexion des modules en série:

Les modules identiques peuvent être connectés en série. Dans ce cas la tension est égale à la tension du module fois le nombre de modules en série et le courant reste le même (Figure II.4).



**Figure II.4:** Caractéristique de nombre des modules en série.**II-4-2-Connexion des modules en parallèle:**

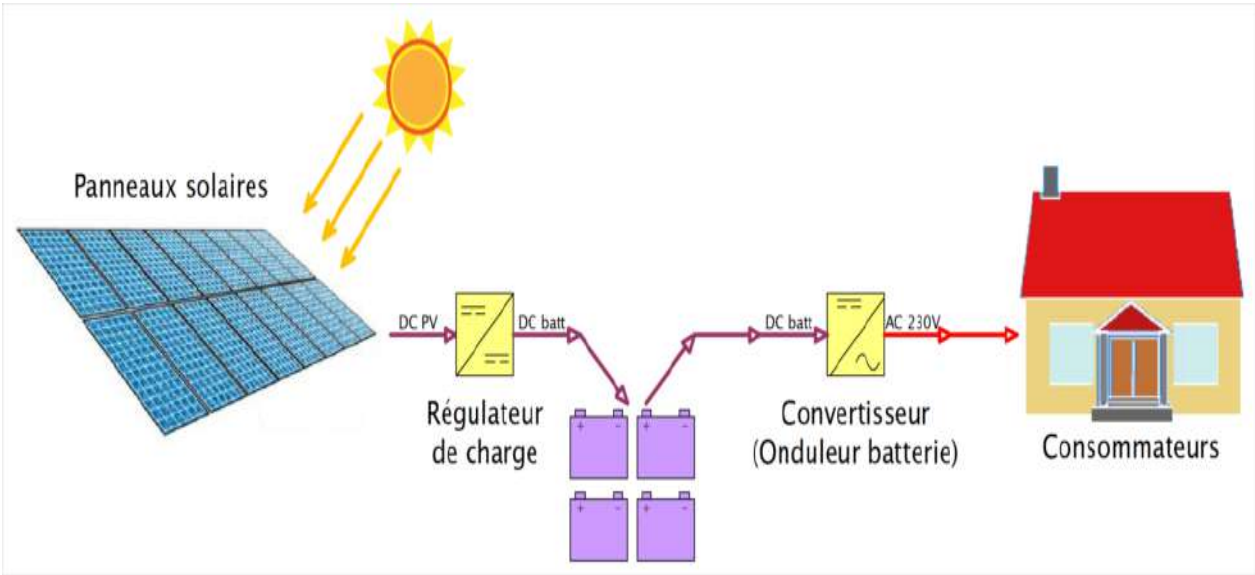
Les modules identiques peuvent être connectés en parallèle. Dans ce cas la tension est la même et le courant est égale au nombre de branches parallèles fois le courant d'une branche (**Figure II.5**).

**Figure II.5:** Caractéristique de nombre des modules en parallèle.**II-5-Architecture générale d'un système photovoltaïque (PV):**

Le système photovoltaïque (PV) autonome dans son ensemble se compose de :

- générateur photovoltaïque (panneaux photovoltaïques).
- Convertisseur DC/(DC) utilisé pour alimenter la transmission DC et au transformateur pour augmenter la tension pour convertir DC/DC alternativement.
- -Le stockage signifie : Électrochimique (batteries).
- Convertisseur DC/AC pour l'alimentation des charges AC.

Comme il est représenté dans la (**figure II.6**).



FigureII.6.Schéma fonctionnel d'un système photovoltaïque [18].

**Chapitre III :**  
**Dimensionnement d'un**  
**système PV et étude l'impact**  
**énergétique économique et**  
**environnemental**



### III-1-Introduction:

Le dimensionnement d'un système solaire photovoltaïque a pour but de déterminer la puissance du générateur photovoltaïque et la capacité de batterie associée à installer, à partir des données d'ensoleillement du lieu, et des besoins en énergie électrique de l'utilisateur. Dans ce chapitre, nous allons dimensionner un système PV pour alimenter une pompe d'irrigation dans une ferme agricole situé dans la région de Taibet.

### III-2-Identification du site géographique et Angle d'inclinaison:

Taibet est située au milieu de la partie nord-est du désert algérien, à 40 km du siège de la wilaya de Touggourt et à 60 km de la wilaya d'El-Oued. Les coordonnées géographiques du site de collecte des données sont : 33°2N de latitude, 6° 60'E de longitude, 99m d'altitude. Le climat est semi-aride et désertique avec un indice de pureté égal à, ce qui en fait un endroit idéal pour utiliser l'énergie solaire. L'angle d'inclinaison est approximativement le même pour la latitude 33°

Une image satellite de la région d'Al-Taibet (**Bakkar**), qui est la zone dans laquelle nous avons mené l'étude

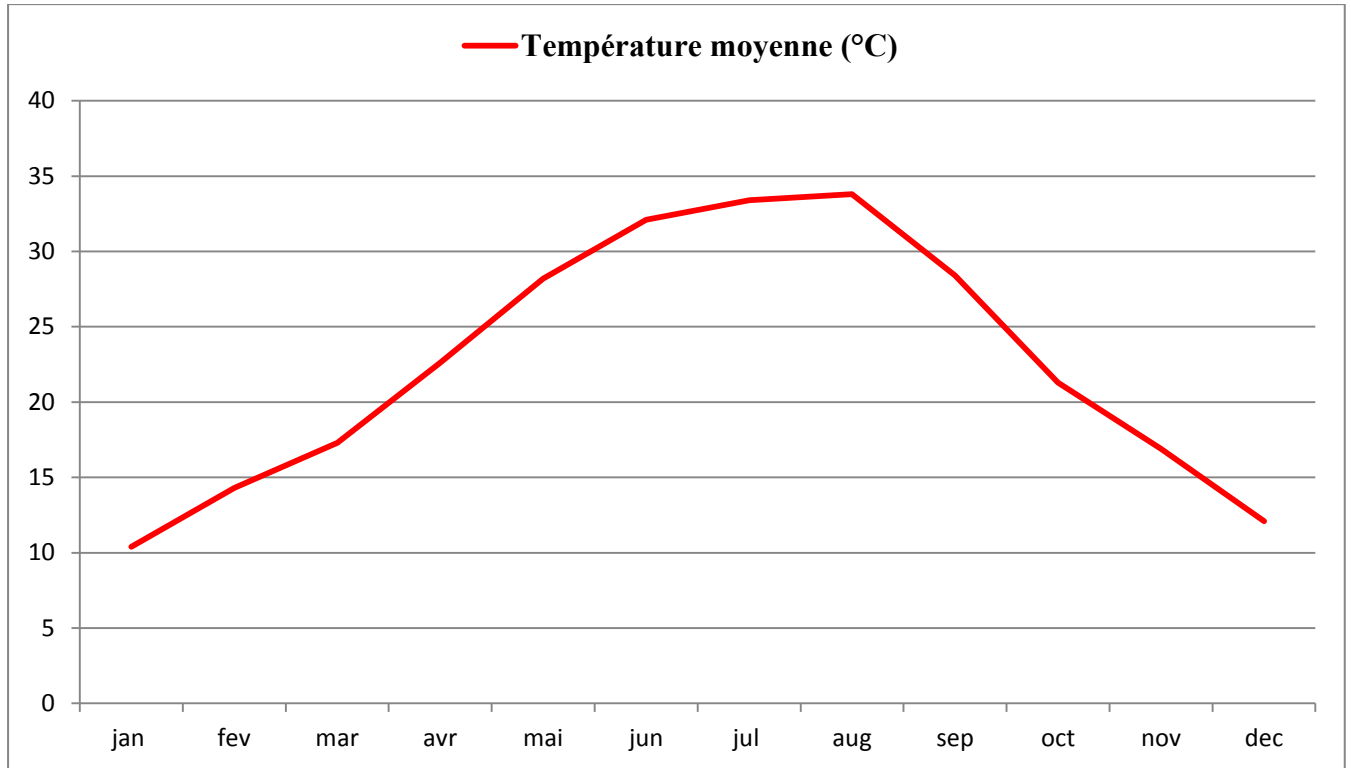


**Figure III.1:** Photo aérienne de Taibet (Bakkar). [Google maps]

#### III-2-1- Températures :

Une courbe représentant la température mensuelle moyenne dans la région d'Al Taibet en 2020, où en hiver (décembre, janvier, février) la température est basse. Au printemps et en automne

(mars, avril, mai, septembre, novembre) la température est modérée, alors en été (juin, Juillet, aout) la température atteint une valeur maximale.

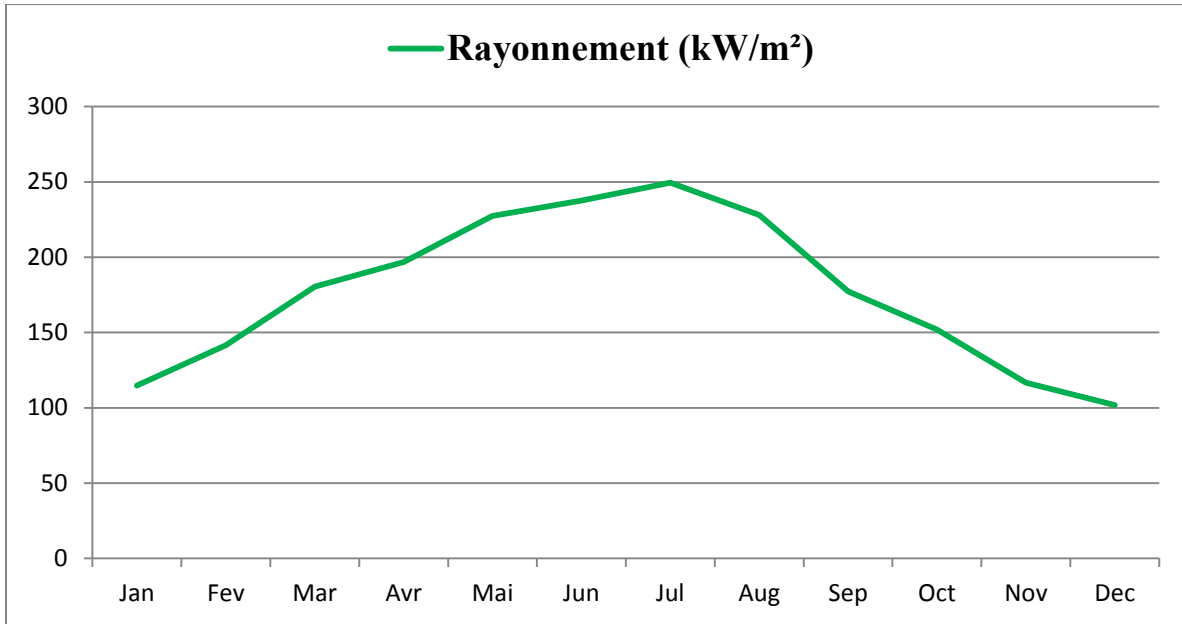


**Figure III.2:** Température moyenne de la courbe en mois en Taibet (Bakkar). [6]

### III-2-2 Eclaircissement :

Une courbe représentant le rayonnement mensuel moyen dans la région de Taibet(Bakkar) en 2020, où le rayonnement est plutôt faible en hiver (décembre, janvier, février). Au printemps et en automne (mars, avril, mai, septembre, novembre) le rayonnement est moyen, mais en été (juin, Juliette, août) le rayonnement atteint son maximum.





**Figure III.3:** Une courbe représentant le rayonnement moyen en Taibet (Bakkar).[6]

### III-3- l'énergie électrique journalière $E_c$ en Wattheure (Wh) :

Le calcul de l'énergie électrique consommée par la pompe d'irrigation est nécessaire pour déterminer la puissance crête du système PV.

$$E_c = P \times t$$

$E_c$  : l'énergie électrique (Wh)

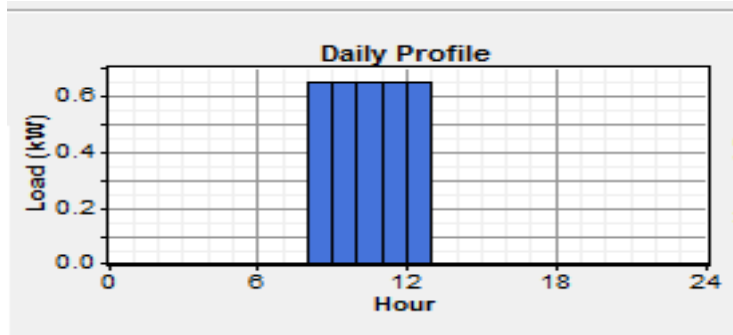
$P$  : Puissance de la pompe (W)

$t$  : temps (h)



FigurIII.4 : la pompe à utiliser dans l'installation.

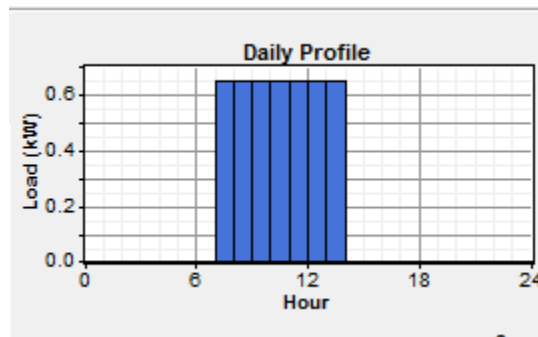
- ❖ En hiver, le temps de fonctionnement :  $t=5h$



$$E_{c/jour} = 650 \times 5 = 3250 \text{ (Wh)}$$

$$E_{c/hiver} = 3250 \times (31 + 31 + 28) = 292500 \text{ (Wh)}$$

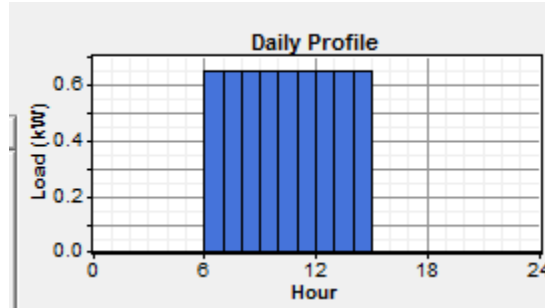
- ❖ En automne et printemps, le temps de fonctionnement :  $t=7h$



$$E_{c/jour} = 650 \times 7 = 4550 \text{ (Wh)}$$

$$E_{c/\text{aut et prin}} = 4550 \times (31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 30) = 832650 \text{ W}$$

- ❖ **En été, le temps de fonctionnement : t=9h**



$$E_{c/\text{jour}} = 650 \times 9 = 5850 \text{ (Wh)}$$

$$E_{c/\text{été}} = 5850 \times (30 + 31 + 31) = 538200 \text{ Wh}$$

- ❖ **l'énergie électrique journalière  $E_c$  durant une année :**

$$E_c = E_{c/\text{hiver}} + E_{c/\text{aut et prin}} + E_{c/\text{été}}$$

$$E_{c/\text{ans}} = 292500 + 832650 + 538200 = 1663350 \text{ Wh} = 1663.35 \text{ (kW/ans)}$$

- ❖ **l'énergie électrique journalière moyenne  $E_c$  :**

$$E_{c/\text{jour}} = \frac{1663.35}{365.25} = 4.5 \text{ kW/j} = 4500 \text{ Wh /j}$$

### III-4- Puissance crête du système PV :

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

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{G \times K}$$

$P_c$  : Puissance crête (Wc)

$E_c$  : énergie consommée (Wh/j)

$P_i$  : Puissance d'éclairement aux conditions STC ( $1000\text{W}/\text{m}^2$ )

$G$  : Irradiation globale sur plan incliné ( $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{j}$ )

$K$  : Coefficient k facteur de correction globale, Ce coefficient est en compris entre **0,65** et **0,9**. Il tient compte des facteurs suivant :

- L'incertitude météorologique.
- L'inclinaison 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 caractéristiques des modules, la perte de rendement des module dans le temps (vieillessement et poussières).
- Le rendement des cycles de charge et de décharge de la batterie.
- Le rendement du régulateur ou de l'onduleur.
- Les pertes dans les câbles et connexions.

Donc :

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{G \times K}$$
$$= \frac{4500 \times 1000}{5810 \times 0.85} = 911.20 \text{ Wc}$$

Où :  $G=5810(\text{W}/\text{m}^2/\text{j})$

$$K=0.85$$

### III-5 Choix du module PV et calcul le nombre de module PV



Figure III.5 : Fiche technique de panneau photovoltaïque.

$$N_{\text{module PV}} = \frac{P_C}{P_{\text{module PV}}}$$

$N_{\text{module PV}}$  : Nombre de modules PV

$P_C$  : Puissance crête du système PV

$P_{\text{module PV}}$  : Puissance crête d'un module PV

❖ La puissance du panneau solaire utilisé est : ( $P=320\text{w}$ )

Donc :

$$N_{\text{module PV}} = \frac{P_C}{P_{\text{module PV}}}$$

$$= \frac{911.2}{320} = 2.84$$

$N_{\text{module } P} = 2.84 \text{ module} \implies N_{\text{module } PV} \approx 3 \text{ modules}$

### III-6- Choix du régulateur de charge:

Dans ce cas on utilise un régulateur de charge

- La puissance du régulateur ( $U \times I$ )  $\geq (P_c)$  la puissance du système PV.

Le régulateur de charge utilisé est :

$$P_{\text{Régulateur}} = 48 \times 35 = 1680W$$



Figure III.6 : régulateur de charge.

### III-7-Montage de modules PV:

Nombre de série en parallèle :

$$N_P \leq \frac{\text{courant max de régulateur}}{I_{\text{max un module PV}}}$$

$N_P$  : nombre de série en parallèle.

$$N_p \leq \frac{35}{8.89} = 3.93$$

Donc:  $N_p = 3$  série en parallèle.

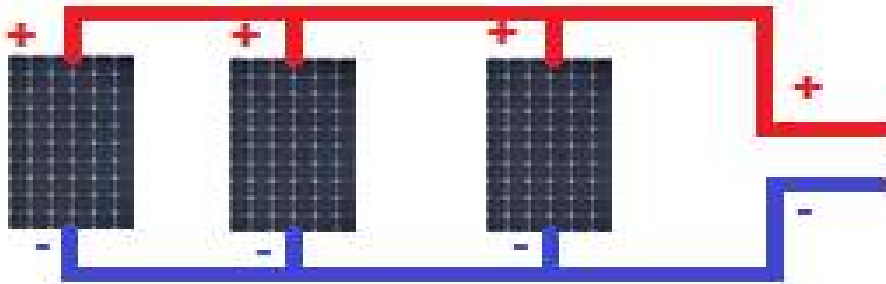
**Nombre de modules PV de chaque série :**

$$N_s = \frac{N \text{ module PV}}{N_p}$$

$N_p$  : nombre de série en parallèle.

$$N_s = \frac{3}{3} = 1 \text{ module de chaque série.}$$

La nouvelle puissance crête est de :  $P_c = 960 \text{ Wc}$



**Figure III.7 :** Montage de module PV.

### III-8-Calcul de la capacité des batteries et leur nombre :

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

**C :** Capacité de la batterie en ampère heure (Ah)

**E<sub>c</sub> :** Energie consommée (Wh)

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

**D :** Décharge maximale admissible (80%)

U : Tension de la batterie (V)

$$C = \frac{4500 \times 1}{0.8 \times 24} = 234.37 \text{ (Ah)}$$

Nous choisissons une batterie avec les caractéristiques suivantes :

Tension de batterie (V) : **12v**                      Capacité de batterie : **200Ah**



FigurIII.8 : batterie solaire à utiliser dans l'installation.

❖ **Nombre de batteries en séries :**

$$n_s = \frac{V_{ch}}{V_b}$$

$V_{ch}$  : tension de champ

$V_b$  : tension de batterie

Puisque :  $900 \text{ Wc} < P_c < 1600 \text{ Wc}$                       alors                       $V_{ch} = 24 \text{ v}$

$$n_s = \frac{24}{12} = 2 \text{ batterie de chaque série}$$



❖ **Nombre de batteries en parallèle:**

$$n_p = \frac{C_{ch}}{C_b}$$

$C_{ch}$ : la capacité de champ

$C_b$ : la capacité de batteries

$$n_p = \frac{C_{ch}}{C_b}$$

$$= \frac{234.37}{200} = 1.17$$

$n_p = 2$  série en parallèle

Donc : **2** batterie en série Et : **2** série en parallèle. Ou : **4** batterie



Figure III.9 : Montage de batterie.

### III-9- Choix d'onduleur:

Pour alimenter des équipements fonctionnant en courant alternatif, un dispositif électronique statique de conversion ou convertisseur DC/AC est utilisé pour la transformation du courant continu en courant alternatif. [12]

La taille du transformateur de courant est déterminée selon plusieurs critères :

- ❖ **Tension d'entrée** : Identique à la tension des batteries ou du régulateur (12, 24 ou 48V DC).
- ❖ **Tension de sortie** : En Algérie, nous utilisons 220/230 V, 50 Hz.
- ❖ **Puissance nominale** : c'est l'énergie que les appareils consomment en électricité pour fonctionner de manière normale.
- ❖ **Puissance maximale** : l'onduleur doit pouvoir fournir une puissance importante (généralement 2 ou 3 fois la puissance nominale)

**Rendement** : Le transformateur de courant consomme une partie de l'électricité transformée (entre 80 et 95% de l'énergie est récupérée) avec un bon produit étant d'environ 90%. De plus, la plupart des onduleurs consomment de l'énergie même lorsqu'ils ne fonctionnent pas. Certains sont équipés d'un système on/off qui permet de réaliser d'importantes économies sur les petite installations PV.

Les caractéristiques de l'onduleur utilisé doivent être compatibles avec une installation **24 volts**.

Nous utilisons un onduleur de puissance **P = 1 kW**



**Figure III.10** : l'onduleur solaire à utiliser dans l'installation.

### III-10-Choix des câbles électriques:

Pour assurer le transport de l'énergie des modules jusqu'au régulateur de charge, on ne peut pas utiliser n'importe quel câble électrique. Les câbles solaires sont étudiés pour résister aux conditions liées à leur utilisation. Ils sont les seuls à pouvoir assurer une longue durée de vie (**supérieure à 30 ans**) tout en minimisant les pertes d'énergie. La résistance spécifique d'un câble électrique ne dépend ni de la tension ni de l'intensité du courant qui le traverse, mais dépend de la résistivité ( $\rho$ ) de matériaux utilisé (cuivre, argent, fer, ...), de la longueur du câble, de sa section, et de sa température. **Le cuivre** est de loin le conducteur le plus utilisé, et sa résistivité oscille entre ( $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  à  $0^\circ C$ ).

- **Tension maximal :**

$$\Delta U = \text{Tension sortie} \times 0.02$$

$$\Delta U = 24 \times 0,02 = 0,48V$$

- **La Résistance :**

$$R = \Delta U / I$$

- **la section du câble s en ( $mm^2$ ) :**

$$S = \frac{\rho \times L \times 2}{R}$$

**R** : la résistance en ( $\Omega$ )

**$\rho$**  : la résistivité en ( $\Omega \cdot m$ )

**L** : la longueur du câble en (**m**)

**S** : la section du câble s en ( **$mm^2$** )

**1-Entre le panneau solaire et le régulateur : L=10m et I=8.89A**

$$R = \Delta U / I = 0.48/8.89 = 0.05\Omega$$

$$S = \frac{\rho \times L \times 2}{R} = \frac{0.000000016 \times 10 \times 2}{0.05} = 6.4 \times 10^{-6} m^2 = 6.4 mm^2$$

**2-Entre le régulateur et la batterie : L=2m et I=35A**

$$R = \Delta U / I = 0.48/35 = 0.01\Omega$$

$$S = \frac{\rho \times L \times 2}{R} = \frac{0.000000016 \times 2 \times 2}{0.01} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = \mathbf{6.4 \text{ mm}^2}$$

**3-Entre la batterie et l'onduleur : L=3m et C=I=200 Ah**

$$R = \Delta U / I = 0.48/400 = 0.0012\Omega$$

$$S = \frac{\rho \times L \times 2}{R} = \frac{0.000000016 \times 3 \times 2}{0.0012} = 8 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = \mathbf{80 \text{ mm}^2}$$



**UNIPOLAIRE NOIR ou ROUGE**

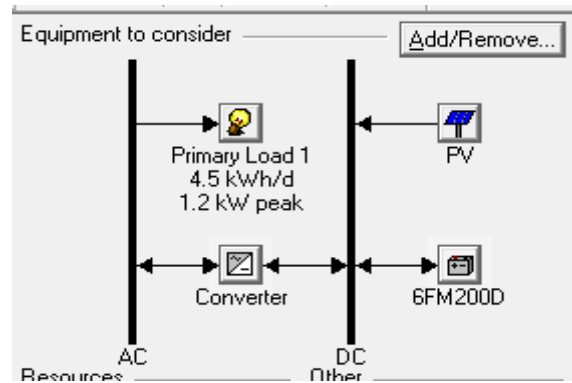
**Figure III.11** : les câbles solaires à utiliser dans l'installation

### III.11 Logiciel Homer :

Le logiciel Homer est un outil de conception des microcentrales. Il permet de simuler et d'optimiser les systèmes de puissance autonomes ou connectés au réseau. Récemment, il a été largement utilisé dans le domaine des énergies renouvelables, tel que les études technico-économiques des systèmes hybrides en Algérie [13]. Il peut être utilisé avec n'importe quelle combinaison: photovoltaïques, éoliennes, hydroélectricité, biomasse, groupe électrogène, micro turbines, batteries et le stockage par l'hydrogène, servant à la fois les charges électriques et thermiques.

### III-12- Schéma du système PV :

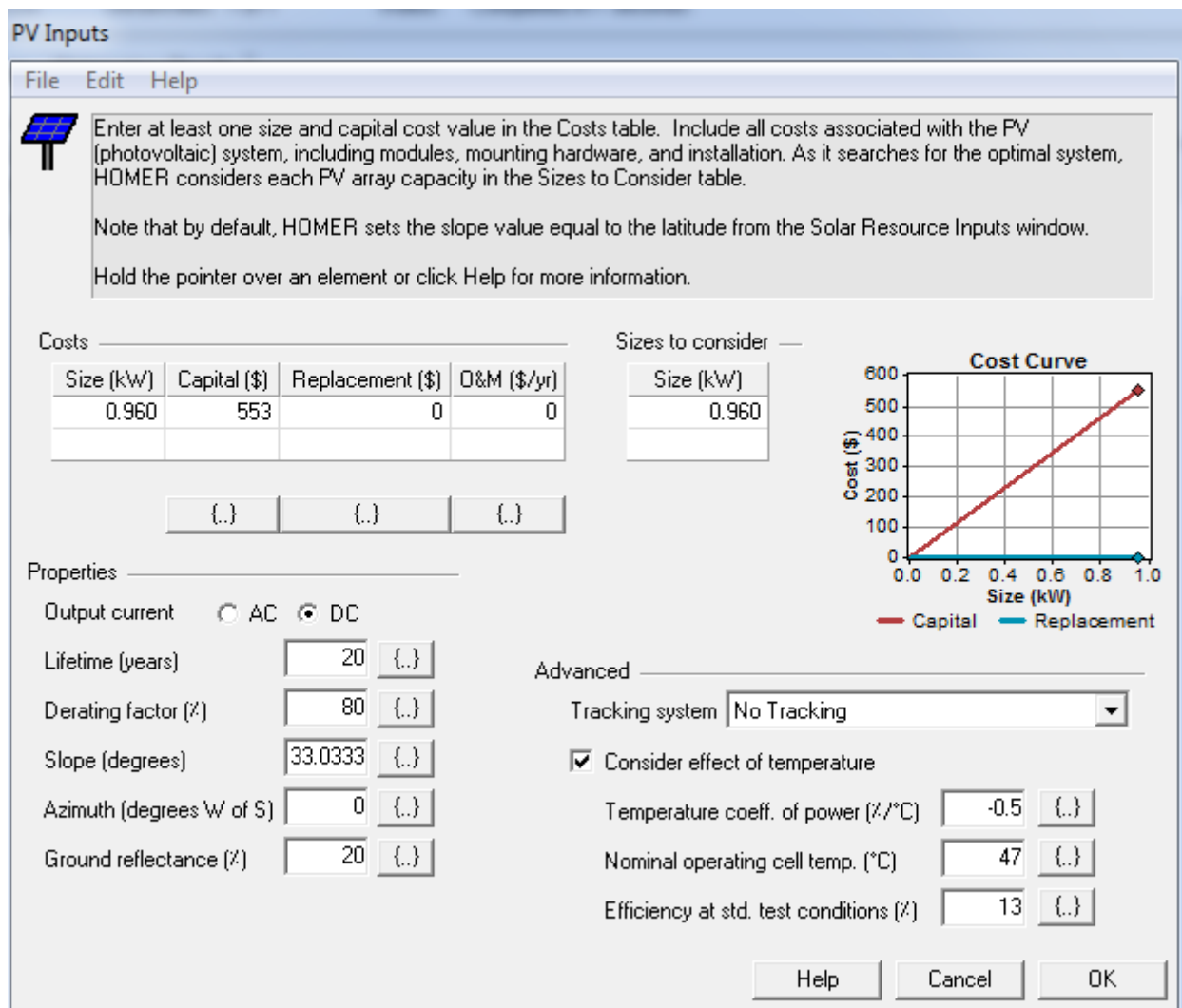
La figure (**Figure III.12**) montre le schéma du système PV à installer pour alimenter la pompe avec l'énergie électrique.



**Figure III.12:** Schéma du système de simulation (HOMER).

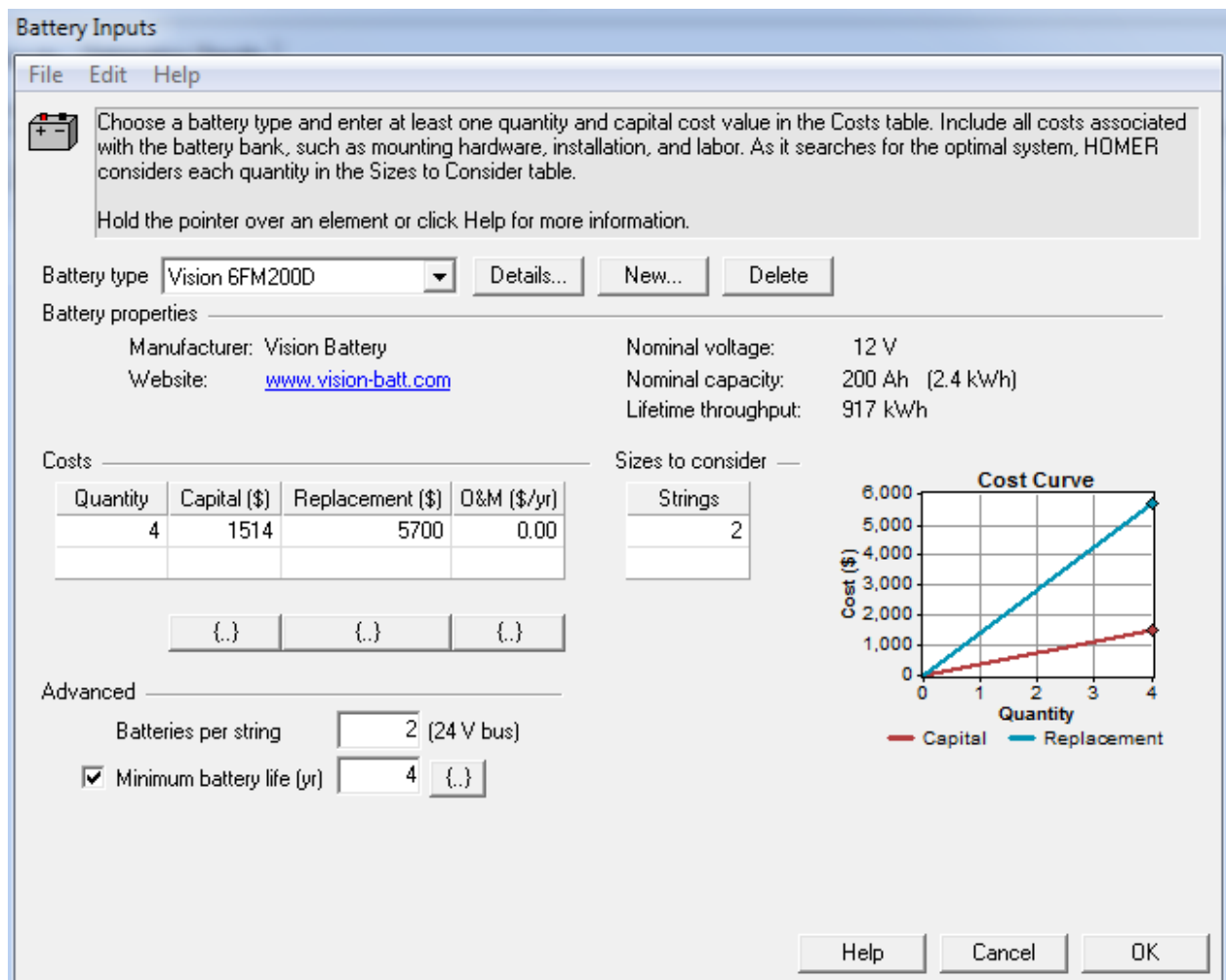
Sur la base des données météorologiques et de la consommation de charge, des milliers de cas ont été réalisés pour obtenir la configuration optimale du système, qui est illustrée à la **Figure III.12**. Nous présentons sur la **Figure III.12** le schéma bloc associé au programme Homer pour le système PV autonome, le système décrit est constitué d'un générateur PV de **0,96 kW**, la charge électrique associée à l'équipement est de **4,5 kWh/j** avec un pic de **1,2 kW**, alimenté par des batteries **GEL**, avec une tension nominale de **12 V** et une capacité nominale de **200 Ah** à travers un convertisseur de **1 kW**. Ces batteries sont chargées avec le courant délivré par chaque système, et leur charge est contrôlée par un régulateur de charge.

La figure (**Figure III.13**) montre l'interface du programme HOMER, qui permet l'introduction de l'énergie du système photovoltaïque d'une capacité de **0,96 kW**, en plus du coût d'achat des unités photovoltaïques, qui est estimé à **553 \$**, soit **77 420 DA**, sans coût de remplacement ni coût de maintenance, et la durée de vie des unités photovoltaïques est estimée à **20 ans**. L'angle d'inclinaison des unités dans la zone d'étude est estimé à **33°**.



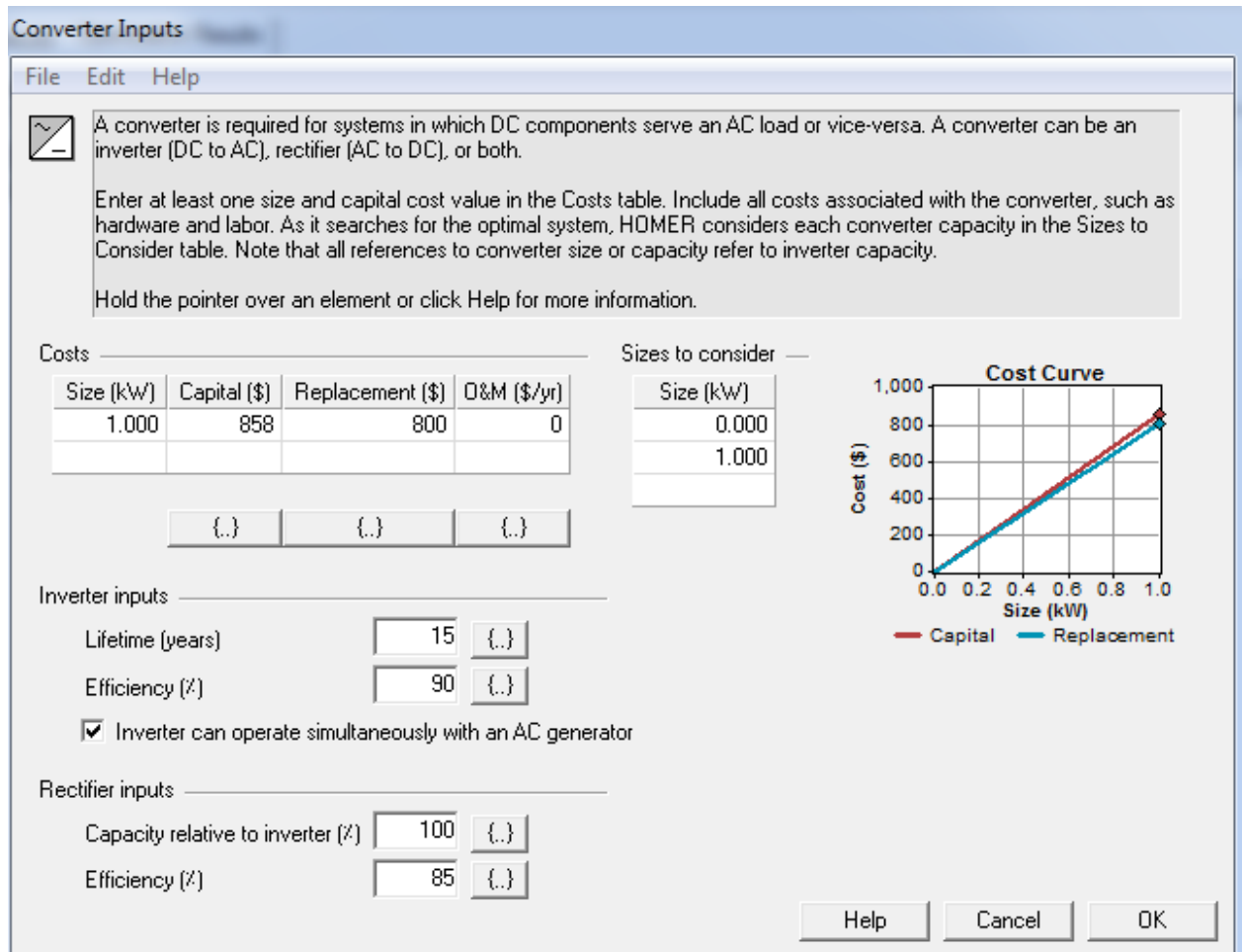
**Figure III.13 :** Spécifications des modules solaires photovoltaïques.

La **Figure III.14** montre l'interface du programme HOMER, qui permet de saisir la quantité de batteries utilisées dans ce système, estimée à 4 batteries, chacune d'une capacité de **200 Ah** et d'un courant de **12 V**. Et le coût d'achat total est de **1514 \$**, soit **211960 DA**. La figure montre également le nombre de batteries chaque sérié et le nombre de sérié en parallèles. La durée de vie de la batterie est de **4 ans**.



**Figure III.14 :** Spécifications HOMER pour le système de stockage (batterie).

La **figure III.15** montre l'interface du programme HOMER, qui permet de fournir la puissance de l'onduleur estimée à **1 kW**, ainsi que le coût d'achat estimé à **858 \$**, soit **120120 DA**, et le coût de son remplacement par **800 \$**, soit **112000 DA**, son coût d'entretien est de **0 DA**, et sa durée de vie estimée est de **15 ans**.



**Figure III.15 :** Spécifications HOMER pour le convertisseur.



### III-13-Analyse économique :

L'analyse économique de l'équipement du système solaire est réalisée sous plusieurs aspects, notamment sa durée de vie, son rendement, sa maintenance et son installation, comme le montre le tableau suivant :

Materiel	Quntite	Dure de Vie	Prix d'Unité En (DA)	Prix d'Unité En (\$)	Prix total En(DA)	Prix total En (\$)
Pannaux PV	3	20	25000	178,57	75000	535,71
Règulateur	1	15	20000	142,85	20000	142,85
Onduleur	1	15	100000	714,28	100000	714,28
Batterie	4	4	53000	378,57	212000	1514,28
Cables(m)	15 mètre	20	160 par mètre	1,14	2400	17,1
Total					409400	2924,22

**Tableau III-1 :** Analyse économique

### III.14 Résultat énergétique:

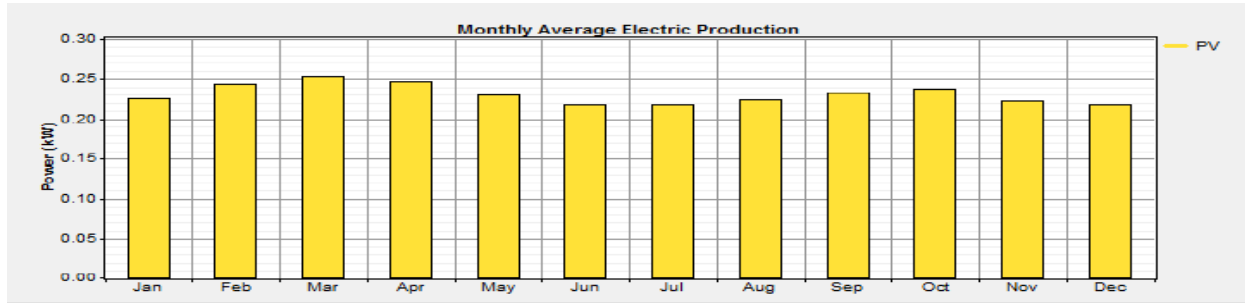
	production (PV)	Consummation (pompe)	Energies Perdue
énergie électrique en (kWh/ans)	2013	1524	218

**Tableau III.2:** Résultat énergétique

**Le tableau represents:**

La production d'énergie électrique par panneaux solaires tout au long de l'année en kilowatts, où le taux de production était de **2013 kWh/ans**. L'énergie consommée dans ce système tout au long

de l'année en kilowatts, soit **1524 kWh/ans**. Il représente la quantité d'énergie perdue tout au long de l'année en kilowatts, qui s'élève à **218 kWh/ans**. Soit, de **10, 8%**.



**Figure III.16** : Courbe de production moyenne mensuelle d'électricité.

**La courbe représente :**

La production énergétique mensuelle moyenne, car on constate que le taux de production est à sa valeur maximale en mois (février.mars.avril.mai.septembre.octobre) et dans de bonnes proportions. Le taux de production est faible.

- ❖ Nous en concluons que le système photovoltaïque est affecté par la température. C'est-à-dire qu'à haute température, le pourcentage de production diminue, ainsi qu'à basse température, mais à température modérée, le système atteint sa valeur la plus élevée dans le taux de production.

### III.15 Résultat économique:

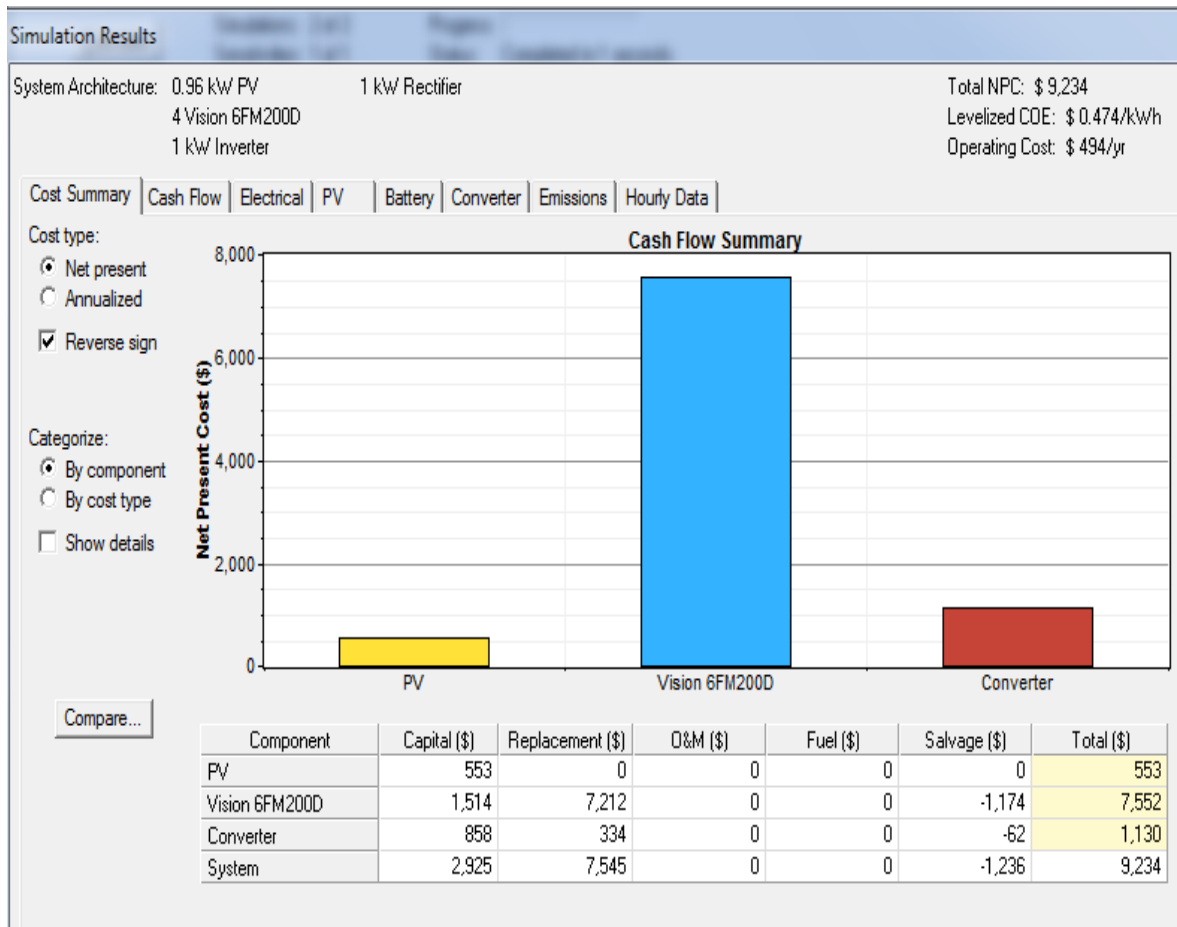


Figure III.17 : Résultat économique.

Un tableau représentant une étude économique du système utilisé pendant toute la durée de vie de ce système (**20 ans**), où l'on note que les panneaux solaires coûtent (**77 420 DZD**) sans remplacement ni entretien. Quant aux batteries, elles ont coûté (**211960 DZD**) sans entretien, et (**1009 680 DZD**) ont été remplacées et (**164360 DZD**) ont été récupérées. L'onduleur était au prix de (**120 120 DZD**) et le coût de son remplacement (**46 760 DZD**) et il n'y avait aucun coût de maintenance. Le coût dérivé des batteries est de (**8680 DZD**). Le coût du système étudié (**409 500 DZD**) et (**1056 300 DZD**) le coût de remplacement. Tandis que (**173040 DZD**) a été extrait. Le pourcentage total du système s'élevait à (**1292760 DZD**).

## Conclusion générale :

---

### Conclusion générale :

Le travail présenté dans ce thèse est lié au dimensionnement de l'installation photovoltaïque d'une pompe dans la zone de Taibet (Bakkar). Les études ont été menées sur la base du rapport d'apport quotidien qui a été placé sur ce site Web. Cette installation autonome est un système de production d'électricité destiné à effectuer une tâche bien définie. En d'autres termes, il sert à couvrir les besoins en énergie des sites isolés, dans notre cas celui de la pompe en question. Ce système nécessite des modules photovoltaïques qui représentent le champ solaire captant, des batteries où l'on stocke l'énergie produite par ces modules, un régulateur qui protège la batterie des surcharges et régule ainsi la valeur de la tension nominale, un onduleur qui convertit le courant continu en courant alternatif et les fils qui relient les différents composants de ce système. Afin de réussir les installations PV indépendantes, nous avons mené une étude

Informations détaillées sur la méthode de dimensionnement du système photovoltaïque prenant en compte le calcul de sa consommation estimée de la pompe électrique utilisée. Notre système autonome se compose de plusieurs unités photovoltaïques d'une puissance nominale de 320 W dédiées à l'alimentation de la pompe électrique qui consomme une énergie électrique variable selon les saisons tout au long de l'année. Avec un besoin en puissance de, nous 4,5 kWh/jour avons choisi d'utiliser 3 unités ensemble. La puissance crête totale de notre système est estimée en tenant compte des pertes lorsqu'il fait noir ou lors d'un rayonnement solaire insuffisant. La pompe est actionnée depuis le champ de stockage. En conséquence, nous avons choisi des batteries aux caractéristiques efficaces. Afin d'assurer la protection et le fonctionnement de la pompe, nous avons prévu un régulateur de charge. La présence d'un onduleur dans notre application a pour but de convertir le courant continu, produit par les panneaux photovoltaïques, en courant alternatif qui sera fourni à la pompe électrique. Pour optimiser le fonctionnement de l'installation PV sur le site choisi, notre installation doit répondre aux critères suivants :

Inclinez le champ photoélectrique de  $\varphi = 33^\circ$  qui est l'angle optimal permettant une capture de puissance quasi constante tout au long de l'année, en vérifiant le bon fonctionnement.

## Bibliographiques

---

### Bibliographiques :

[7] -Nichapour OleKsiy (simulation, fabrication et analyse de cellule photovoltaïque à contacte arrières interdigités) Thèse de doctorat. L'institut national des sciences appliquées de Lyon 2005.

[8]- O.Harici et A.Othmane (Etude et évaluation des performances des concentrateurs et poursuit solaires) Mémoire d'ingéniera, Juin 2005.

[9]- Medjelled Yamina (Effet de la Résistance Série sur les Performances d'une Cellule Photovoltaïque à Multi jonction sous concentration solaire. Approximation de forte injection) Mémoire de Magister, 2013. Université de Laghouat - Amar Telidji.

[10]- B. Brousse, Réalisation et caractérisation de cellules photovoltaïques organiques obtenues par dépôt physique, Thèse de doctorat, faculté de sciences et technique, spécialité : électronique des hautes fréquences et optoélectronique, université de Limoges (France), 2004.

[11]- Petibon stépheane « Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques ». Thèse doctorat, université de Toulouse, 2009

[12]-MATALLAH Sorya, «Dimensionnement et simulation d'un système photovoltaïque pour alimenter un habitat dans la wilaya d'Ouargla», Mémoire de Master Université Kasdi Merbah de Ouargla (07/06/2015).

[13]- Y. Himri, A. Boudghene Stambouli, B. Draoui and S. Himri, 'Techno-Economical Study of Hybrid Power System for a Remote Village in Algeria', Energy, Vol. 33, N°7, pp. 1128 – 1136, 2008.

[1]- <https://www.meteorologiaenred.com/fr/caract%C3%A9ristiques-du-soleil.html>

[2] - [https://www.ilephysique.net/physique\\_5\\_systeme-solaire-terre-lune\\_cours.php](https://www.ilephysique.net/physique_5_systeme-solaire-terre-lune_cours.php)

[3]- <https://mmagister.univ-setif.dz/images/facultes/sciences/2011/NIA%20Mohamed.pdf>

[4]- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Coordonn%C3%A9es\\_g%C3%A9ographiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Coordonn%C3%A9es_g%C3%A9ographiques)

[5]-<https://www.algerie-eco.com/2018/04/04/energie-solaire-lalgerie-enfin-determinee-a-exploiter-son-enorme-potentiel/>

[6]- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr>

[14]- [https://renards.weebly.com/uploads/2/5/9/8/25986350/geographie10\\_latitudes\\_et\\_longitudes\\_sommaire.pdf](https://renards.weebly.com/uploads/2/5/9/8/25986350/geographie10_latitudes_et_longitudes_sommaire.pdf)

## **Bibliographiques**

---

[15][https://energetique.uae.ma/formations/cours\\_informations/cours/cours\\_ajzoul/cours\\_photovoltaique/Partie\\_1/Chapitre\\_I\\_1.pdf](https://energetique.uae.ma/formations/cours_informations/cours/cours_ajzoul/cours_photovoltaique/Partie_1/Chapitre_I_1.pdf)

[16]- [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/iepf\\_pompage\\_photovoltaique.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/iepf_pompage_photovoltaique.pdf)

[17]-<http://cst.unice.fr/documents/M1EEF/coursdephysique-chap2.pdf>

[18]- <http://www.solaire-offgrid.com/le-solaire-et-ses-applications/architectures-solaire-photovoltaique/>

## Résumé :

---

### ملخص:

في هذا العمل قمنا بمحاكاة نظام كهروضوئي غير متصل بالشبكة من اجل تشغيل مضخة كهربائية لاستعمالها للسقي . حيث قمنا بدراسة نظام كهربائي باستعمال برنامج محاكاة هومر . في هذه الدراسة يلزمنا مولد كهروضوئي (0.96 كيلو واط) اي(قمنا باستعمال 3 الواح سعة كل منها 320 واط) , منظم تيار (مستمر - مستمر) قدرته (1 كيلو واط) و 4 بطاريات سعة كل منها 200 امبير ساعي , وعاكس للتيار (مستمر – متناوب) طاقته اكبر من الطاقة القصوى للنظام(911.2 واط) . الهدف من هذا النظام هو ضمان التشغيل الاقصى للطاقة للنظام الكهروضوئي .

## Résumé :

Dans ce travail, nous simulons un système photovoltaïque hors réseau pour faire fonctionner une pompe électrique à utiliser pour l'irrigation. Où nous avons étudié un système électrique à l'aide du programme de simulation Homer. Dans cette étude, nous avons besoin d'un générateur photovoltaïque (0,96 kilowatt), c'est-à-dire (nous avons utilisé 3 panneaux, chacun de 320 watts), d'un régulateur de courant constant (DC) d'une capacité de (1 kilowatt), de 4 batteries, chacune d'une capacité de 200 ampères heure, et un onduleur (DC-AC) Sa puissance est supérieure à la puissance maximale du système (911,2 watts). L'objectif de ce système est d'assurer le fonctionnement à puissance maximale de l'installation photovoltaïque.

## Summary:

In this work, we simulate an off-grid photovoltaic system to run an electric pump to be used for irrigation. Where we studied an electrical system using the simulation program Homer. In this study, we need a photovoltaic generator (0.96 kilowatt), i.e. (we used 3 panels, each 320 watts), a constant current (DC) regulator d capacity (1 kilowatt), 4 batteries, each with a capacity of 200 amps, and an inverter (DC-AC) Its power is greater than the maximum power of the system (911.2 watts). The objective of this system is to ensure the operation at maximum power of the photovoltaic installation.