



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des hydrocarbures de l'énergie

Renouvelable Et des sciences de la terre et 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 :

Kelthoum BEDDA

Rihab BAKKA

Thème

**Conception d'une centrale photovoltaïque pour
alimenter un site connecté au réseau électrique**

Soutenu publiquement

Le : 12/06/2023

Devant le jury :

Nom et Prénoms	Grade	Qualité	Etablissement
M^{me}. Z.ABADA	MAB	Président	UKM Ouargla
M^r. M.DERNOUNI	MAA	Examineur	UKM Ouargla
M^r. H.MAAMMEUR	MCB	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2022/2023



شُكْرُكَ رَبِّهِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي وَحَدَهُ حَمْدًا يُوَافِقُ نِعَمَهُ وَيُكَفِي مَزِيدَهُ وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ
عَلَى مَنْ لَا نَبِيَّ بَعْدَهُ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ وَسَلَّمَ وَمَنْ تَمَسَكَ بِسُنَّتِهِ
يَقُولُ اللَّهُ عَزَّ وَجَلَّ {لَإِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ}

فَمِنْ مُنْطَلَقِ هَذَا التَّوَجِيهِ الرَّبَّانِيِّ يُشْرِفُنَا أَنْ نَتَّوَجَّهُ بِجَزِيلِ الشُّكْرِ وَالِإِمْتِنَانِ
إِلَى الْأُسْتَاذِ الْفَاضِلِ «مَعْمُورِ حَسِينِ» الَّذِي تَكْرَمَ بِالِإِشْرَافِ عَلَيَّ إِعْدَادِ
هَذِهِ الْمَذْكُورَةِ لِمَا أَوْلَاهُ لَنَا مِنْ نُصْحٍ وَتَصْوِيبٍ حَفِظَهُ اللَّهُ وَرَعَاهُ وَجَعَلَ
مَقَامَهُ مَعَ الصَّالِحِينَ وَجَزَاهُ اللَّهُ عَنَّا خَيْرَ الْجَزَاءِ.

كَمَا نَتَّوَجَّهُ أَيْضًا بِخَالِصِ شُكْرِنَا وَتَقْدِيرِنَا إِلَى أَعْضَاءِ اللِّجْنَةِ الْمُنَاقِشَةِ لِقُبُولِهِمْ
مُنَاقِشَةَ هَذِهِ الْمَذْكُورَةِ رَاجِينَ أَنْ نَكُونَ عِنْدَ حُسْنِ ظَنِّهِمْ فَبَارَكَ اللَّهُ فِيهِمْ
جَمِيعًا

كَمَا نَتَّقَدِّمُ بِمَوْفُورِ الشُّكْرِ إِلَى كُلِّ أُسْتَاذٍ أَفَادَنَا بِعِلْمِهِ وَكُلِّ مَنْ مَدَّ لَنَا يَدَ
الْعَوْنِ مِنْ قَرِيبٍ أَوْ بَعِيدٍ....

وَفِي الْأَخِيرِ لَا يَسْعُنَا إِلَّا أَنْ نَدْعُوا اللَّهَ عَزَّ وَجَلَّ أَنْ يَرْزُقَنَا السَّدَادَ وَالرَّشَادَ
وَالْعَفَافَ وَالغِنَى وَأَنْ يَجْعَلَنَا هُدَاةً مُهْتَدِينَ



إهداء

الحمد لله الذي وهبنا التوفيق والسداد و منحنا الثبات و اعاننا على اتمام هذا العمل بعد مسيرة دراسية حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب، اليوم نقطف ثمرها والحمد لله، اهدي تخرجي الى أمي الغالية، لقد كنت الشخص الذي يجمع بين المعلمة والمربية والصديقة الوفية في حياتي، ولم تأل جهداً في دعمي ومساندتي في كل خطوة أخذتها.. الى أبي الحبيب، لقد كنت دائماً مثلاً يُحتذى به في العمل الجاد والتفاني والتضحية، ولقد استوحيتُ الكثير من تعاليمك خلال هذه السنوات الدراسية..

إلى من تسعد عيني بروية وجوههم، ويفرح فؤادي بسماع رنات ضحكاتهم..
أخوتي الأعزاء

الى اصدقائي الأعزاء، و لكامل اسرتي الحبيبة ، التي كانت دائماً مصدر الدعم والتشجيع لي خلال هذه السنوات الدراسية الطويلة الى رفيقة المشوار التي قاسمتني لحظاتها رعاها الله ووفقها "رحاب بكة"
الى من لهم اثر على حياتي و الى كل من احبهم قلبي و نسيم قلبي
«اسيل ، دينا ، اميرة و ولاء»

كلثوم بدءة ✨

إِهْدَاء

الحمد لله حمداً يَدْرِي عُمُقاً حَتَّى يَرْضَى فَأَرْضَى

إلى روح الرحمة المهداة والنعمة المسداة سيدنا محمد صلى الله عليه وآله وصحبه وسلم ✨❤ من جعلهما الله تعالى سبباً في وجودي وأوصاني بهم براً وإحساناً «والدأي الكريمين» من لهما جلّ الفضل فيما وصلت إليه اليوم أمد الله في عمرهما جزاء ما قدماه لي من رعاية وعناية وجزاء ماتحملاه من مشاق في سبيل تربيتي وإيصالي إلى الدرجات العليا إلى من أرى التفاؤل بأعينهم والسعادة في إبتسامتهم «إخواني» وإلى كافة أهلي وأقاربي كل واحد باسمه

إلى من عشتُ معهنّ سنينَ دراستي نأزر وتُشجع بعضنا زميلاتي في الكلية إلى صحبتي الصالحة الطيبة التي جمعتني بهنّ مصلّى مريم العذراء لن أنسى صنيعهنّ في هذه السنوات الجميلة

إلى كلّ صديقةٍ فالإقامة الجامعية وكلّ من له فضلٌ عليّ وكلّ من له بصمة في حياتي إلى كل من حمل لنا الودّ وحملنا له الإمتنان لكم مني جزيل الشكر والإحترام... إلى صديقتي التي كانت خير معين لي في هذا العمل إلى من أظهرت كل المحبة والإخاء

❤ (كلثوم بدة)

فَلله تَعَالَى الفَضلُ والمِنّةُ على التيسير والتدبير
لَكَ الحَمْدُ رَبِّ مِنْ قَاعِ الفُؤَادِ حَتَّى عَرَشَكَ الأَعْظَمِ

رَحَاب بَكَّة ✨❤

Sommaire

Sommaire	IV
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Nomenclature	IX

Introduction général	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Gisement solaire

I.1 Introduction.....	3
I.2 Soleil.....	3
I.3 Caractéristiques du soleil.....	4
I.4 Système terre-soleil.....	4
I.5 Composant du rayonnement solaire et constant solaire.....	6
I.6 Paramètre de la position du soleil.....	7
I.7 Coordonnées géographiques d'un site à la surface de la terre.....	8
I.8 Potentiel solaire en Algérie.....	9
I.9 Spécification de la région d'Ouargla.....	9
I.10 Conclusion.....	12

Chapitre II : Généralités sur les systèmes PV

II.1 Introduction.....	14
II.2 Modèle électrique d'une cellule photovoltaïque.....	14
II.3 Caractérisation électrique des cellules photovoltaïques.....	15
II.4 Association cellule Photovoltaïque.....	16
II.5 Association de module photovoltaïque.....	17
II.6 Architecture générale d'un système photovoltaïque (PV).....	18
II.7 Conclusion.....	19

Chapitre III : Dimensionnement d'un système PV connecté au réseau électrique

III.1 Introduction.....	21
III.2 Etapes de dimensionnement.....	21
III.3 Application Numérique.....	24

III.4 Redimensionnement avec une consommation économique :	29
III.5 Etude économique :	35
III.6 Conclusion	35

Chapitre IV : Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

IV.1 Introduction	37
IV.2 Présentation du logiciel HOMER	37
IV.3 Principales caractéristiques	37
IV.4 Etapes de la simulation dans logiciel HOMER	39
IV.5 Interprétation des résultats de la simulation	45
IV.6 Résultats énergétiques	45
IV.7 Résultat économique :	46
IV.8 Résultats environnemental	48
IV.9 Prix de vente de l'énergie PV :	48
IV. 10 Conclusion	51
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	53
Abstract	55
Résumé.....	55

Liste des figures

Figure. I.1 : Structure du soleil	3
Figure. I.2 : Mouvement de la terre autour du soleil	5
Figure. I.3 : Mouvement apparent du soleil	5
Figure. I.4 : Rayonnement direct, diffus, global et albédo	6
Figure. I.5 : Paramètre de la position du soleil	8
Figure. I.6 : Coordonnées terrestres	8
Figure. I.7 : Localisation de province d'Ouargla sur la carte d'Algérie	9
Figure. I.8 : Irradiation solaire à Ouargla	10
Figure. I.9 : Température moyenne mensuelle	11
Figure. II.1 : Principe de fonctionnement d'une cellule PV	14
Figure. II.2 : Caractéristique I(V) d'une cellule photovoltaïque	15
Figure. II.3 : Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en série	16
Figure. II.4 : Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en parallèle	17
Figure. II.5 : Caractéristique (I-V) du module en fonction de l'éclairement.....	17
Figure. II.6 : Evolution de la caractéristique (I-V) du module en fonction de la température. ..	18
Figure. II.7 : Différents composants d'une installation photovoltaïque	18
Figure.III.1 : Angles d'orientation des modules PV	21
Figure.III.2 : Annexe administrative- live 24 février (APC)	25
Figure.III.3 : Salle de l'annexe administrative.....	25
Figure.III.4 : Batterie solaire à utiliser pour les installations PV.....	29
Figure.III.5 : Câble solaire PV de 10mm ²	34
Figure.III.6 : Câble solaire PV de 4mm ²	34
Figure. IV.1 : Modèle conceptuel du logiciel HOMER	38
Figure. IV.2 : Choix des équipements du système PV	39
Figure. IV.3 : Équipements du système PV	
Figure. IV.4 : Ressources nécessaires aux équipements	40
Figure. IV.5 : Détails de la charge	40
Figure. IV.6 : Caractéristique technico-économique du panneau photovoltaïque	42
Figure. IV.7 : Caractéristiques de l'onduleur	43

Figure. IV.8 : Caractéristiques de la batterie	43
Figure. IV.9 : Température mensuelle à Ouargla.....	44
Figure. IV.10 : Irradiation horizontal journalière moyen à Ouargla	44
Figure. IV.11 : Montage électrique du système PV	45
Figure IV.12 :Moyenne mensuelle de production d'électricité de système PV	46
Figure. IV.13 : Résultat économique de système PV.....	46
Figure. IV.14 : Différents coût du système PV connecté au réseau électrique.....	47
Figure. IV.15 : Prix total de l'installation durée 25 ans	50

Liste des tableaux

Tableau. I.1 : Caractéristiques principales du soleil.....	4
Tableau. I.2 : Potentiel solaire en Algérie	9
Tableau. I.3 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux pour une utilisation annuelle.....	11
Tableau.III.1 : Méthode de calcul l'énergie électrique journalière.....	22
Tableau.III.2 : Consommation de l'énergie électrique journalière	26
Tableau.III.3 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque à utiliser dans les installations PV	27
Tableau.III.4 : Caractéristiques techniques de l'onduleur	28
Tableau.III.5 : Eclairage des lampes	30
Tableau.III.6 : Nouvelle consommations	31
Tableau.III.7 : Caractéristiques techniques de l'onduleur	32
Tableau. IV.1 : Consommation des appareils	41
Tableau. IV.2 : Durée non-fonctionnement des climatiseurs	41
Tableau. IV.3 : Durée fonctionnement des climatiseurs	42
Tableau. IV.4 : Résultat et analyse énergétique.....	45

Nomenclature

G : Rayonnement global (W/m^2).

S : Rayonnement diffus (W/m^2).

D : Rayonnement direct (W/m^2).

C : Constante solaire

I_0 : Valeur moyenne de la constante solaire actuellement retenue égal 1353 (W/m^2).

n : Numéro du jour de l'année

P_{max} : Puissance maximale W

P_c : Puissance crête du système photovoltaïque (W_c)

P_i : Puissance d'éclairement aux conditions STC (1 kW/m^2)

U_{max} : Tension maximal V

U_{oc} : Tension en circuit ouvert V

V_{ch} : Tension du champ V

$V_{batterie}$: Tension de la batterie V

I_{max} : Courant maximal A

I_{cc} : Courant de court-circuit A

η : Rendement des modules photovoltaïque %

E_c : Énergie consommée (Wh/j)

G : Irradiation globale sur plan incliné ($kWh/m^2/j$)

k : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte

N_{module} : Nombre de modules photovoltaïque

N_s : Nombre des batteries en séries

N_p : Nombre des batteries en parallèles

N_T : Nombre des batteries Total

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

N : Nombre de jour d'autonomie

D : Décharge maximale admissible

S: Section de Câblage

ρ : Conducteurs en cuivre

R : Résistance électrique du câble

L : Longueur de câble

ΔU : Chute de tension maximale

C_{batterie} : capacité d'une batterie

γ : Est la longitude($^{\circ}$).

ω : Angle horaire compté en (degré).

δ : Déclinaison (degré).

Z : Distance zénithale

Ψ : Azimut

h : Hauteur du soleil($^{\circ}$).

Φ : Longitude

Θ : Latitude

Liste d'abréviations :

PV : photovoltaïque

FF : Facteur de Forme

DC : Courant continue

AC : Courant Alternatif

Si : Silicium

GPV : Générateur Photovoltaïque

Introduction général

La transition vers des sources d'énergie plus propres et durables est devenue une priorité mondiale face aux défis environnementaux et aux problèmes liés aux combustibles fossiles. Dans ce contexte, l'énergie solaire photovoltaïque joue un rôle essentiel en offrant une solution respectueuse de l'environnement et économiquement viable. La conception d'une centrale photovoltaïque pour alimenter un site connecté au réseau électrique est une démarche prometteuse dans le domaine de l'énergie renouvelable. Une centrale photovoltaïque utilise des panneaux solaires pour convertir directement la lumière du soleil en électricité. Ce type de système permet de générer de l'électricité propre, réduisant ainsi les émissions de gaz à effet de serre et contribuant à la lutte contre le changement climatique. De plus, l'énergie solaire est une ressource abondante et disponible dans de nombreux endroits, offrant une solution durable pour répondre aux besoins énergétiques. Dans cette étude, nous nous concentrons sur la conception d'une centrale photovoltaïque pour alimenter un site connecté au réseau électrique. Cette approche permet de bénéficier de la stabilité et de la fiabilité du réseau électrique tout en utilisant l'énergie solaire comme principale source d'alimentation. Nous examinerons les différents aspects de cette conception, tels que la sélection des panneaux solaires, les onduleurs, les systèmes de stockage d'énergie, et les considérations techniques et économiques associées. L'objectif de cette étude est de démontrer les avantages potentiels de l'énergie solaire photovoltaïque pour alimenter un site connecté au réseau électrique. Nous évaluerons les performances du système, les coûts d'installation et de fonctionnement, ainsi que les bénéfices environnementaux. En fin de compte, cette étude vise à encourager l'adoption de l'énergie solaire photovoltaïque en tant que solution viable pour répondre aux besoins énergétiques de manière durable et respectueuse de l'environnement.

Le présent travail est divisé en quatre chapitres :

Chapitre 1 : Nous avons étudié les caractéristiques du système solaire.

Chapitre 2 : Nous avons expliqué le système photovoltaïque, le principe de l'effet photovoltaïque et la cellule photovoltaïque.

Chapitre 3 : Nous avons fait le dimensionnement d'un système photovoltaïque connecté au réseau pour alimenter une annexe administrative à wilaya d'Ouargla.

Chapitre 4 : Nous avons étudié les résultats économiques, énergétiques et environnementaux en utilisant le logiciel Homer.

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 Soleil

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8 mn à nous atteindre. Sur le plan humain, le soleil a une importance primordiale car il est à l'origine de la vie sur terre, en lui fournissant d'énormes quantités d'énergie. Le soleil est une étoile naine de forme pseudo-sphérique comparable à une immense boule de gaz très chauds qui se compose de 80% d'hydrogène et de 19% d'hélium, le 1% restant étant un mélange de plus de 100 éléments, soit pratiquement tous les éléments chimiques connus. Bien que le soleil soit une étoile de taille moyenne, il représente à lui seul 99.9% de la masse du système solaire qui est dominé par les effets gravitationnels de l'importante masse du soleil. Une densité moyenne de 700 000 km de rayon. L'âge du soleil est approximativement de 5 milliards d'années, et il lui reste une durée de vie équivalente. La température apparente de la surface du soleil est entre 3 500°C et 5 900°C[1].

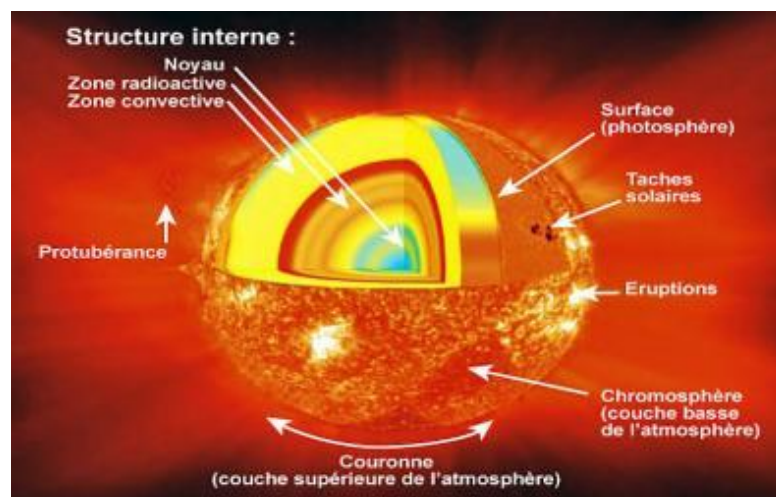


Figure. I.1 : Structure du soleil [1]

Sur le plan humain, le soleil a une importance primordiale car il est à l'origine de la vie sur terre, en lui fournissant d'énormes quantités d'énergie, qui permet la présence de l'eau à l'état liquide et la photosynthèse des végétaux. Le rayonnement solaire est aussi responsable du climat et des phénomènes météorologiques [2].

I.3 Caractéristiques du soleil

Les caractéristiques principales du soleil sont regroupées dans le tableau (I .1)

Tableau. I.1 : Caractéristiques principales du soleil

Caractéristiques	Valeurs
Diamètre (km)	$13,92 \cdot 10^5$
Masse (kg)	$2 \cdot 10^{30}$
Surface (km ²)	$6,09 \cdot 10^{12}$
Volume (km ³)	$1,41 \cdot 10^{18}$
Masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Vitesse (km/s)	217
Température au centre (MK)	16
Température à la surface (K)	5900

I.4 Système terre-soleil

I.4 .1 Mouvements de la terre autour du soleil

Dans son mouvement autour du soleil, la terre décrit une ellipse dont le soleil est l'un de ses foyers, la révolution complète s'effectue en une période de 365,25 jours. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique. C'est au solstice d'hiver (21 décembre) que la terre est la plus proche du soleil : 147 millions de km. Au 22 juin la distance terre-soleil vaut 152 millions de km, c'est le jour ou la terre est la plus éloignée, c'est le solstice d'été. Le 21 mars et le 21 septembre sont appelés respectivement équinoxes de printemps et équinoxe d'automne. Aux équinoxes le jour et l'anuit sont égaux En plus de sa rotation autour du soleil, la terre tourne également sur elle-même autour d'uniaxe appelé l'axe des pôles. Cette rotation s'effectue en une journée. Le plan perpendiculaire l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est

appelé l'équateur. L'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique, ils font entre eux un angle appelé inclinaison égale à $23^{\circ}27'$ [3].

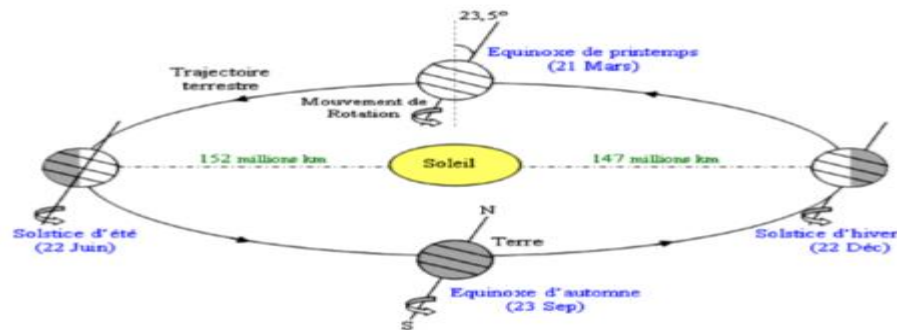


Figure. I.2 : Mouvement de la terre autour du soleil

I.4.2 Mouvement apparent du soleil

Le mouvement que parait faire le Soleil en une journée vu par un observateur situé sur Terre est appelé ‘Le mouvement apparent du Soleil’. En dehors des régions polaires, de l'Equateur et des tropiques :

- Le matin ; le Soleil est à l'Est, bas sur l'horizon, c'est le « lever du Soleil »
- A midi ; le Soleil est positionné au Sud ou au Nord, et il est au plus haut de son trajet apparent ;
- Le soir ; le Soleil apparait à l'Ouest, bas sur l'horizon, c'est le « coucher du Soleil »

Le mouvement apparent du Soleil observé par un homme fixe en un point de latitude

L au Nord de l'Equateur est schématisé sur la figure (I.3).

L'angle que fait la direction du Soleil avec la verticale du lieu au midi solaire est égal à $(L-d)$.

La durée du jour est de 12h aux équinoxes, elle est inférieure à 12h entre le 21 septembre et le 21 mars, supérieure à 12 entre le 21 mars et le 21 septembre. [2]

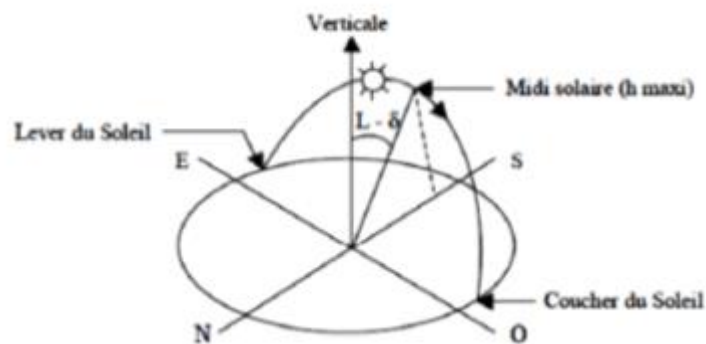


Figure. I.3 : Mouvement apparent du soleil [2]

I.5 Composant du rayonnement solaire et constant solaire

I.5.1 Les composantes du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire appelé également rayonnement électromagnétique émis par le soleil est grandement perturbé par l'atmosphère. Ce qui ne permet que la réception au sol des composants les plus importants et les plus actifs du rayonnement solaire total qui sont le rayonnement direct et le rayonnement diffus. L'albédo ou la partie réfléchi par le sol du rayonnement solaire global comme représentés dans la figure suivante (I.4).

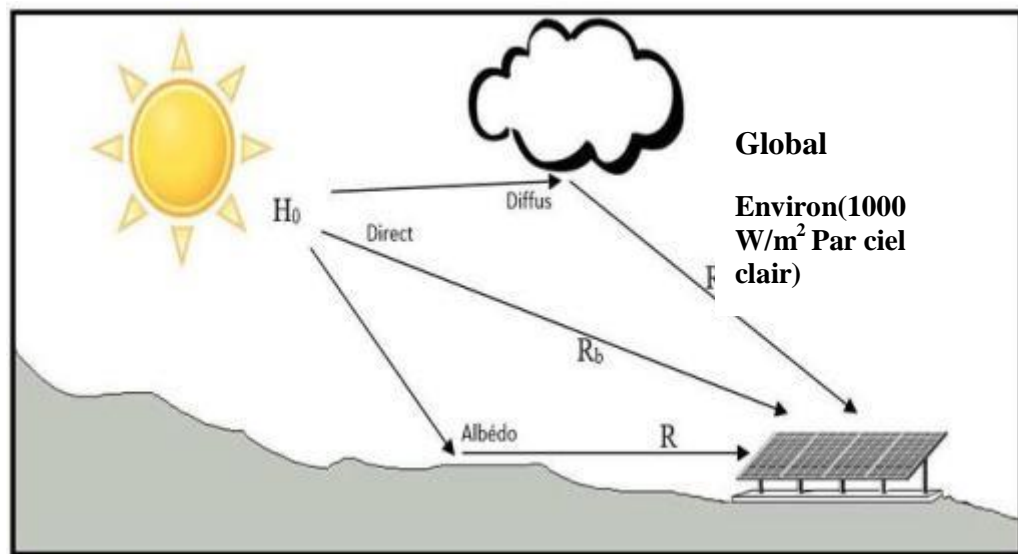


Figure. I.4 : Rayonnement direct, diffus, global et albédo

- **Rayonnement direct (D)**

Rayonnement direct est une partie du rayonnement reçue directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère. Ces rayons sont parallèles entre eux, cette composante directe du rayonnement peut être collectée par des systèmes optiques à concentration [4].

- **Rayonnement diffus(S)**

C'est la partie du rayonnement provenant du soleil et qui rencontre des obstacles tels que les nuages et la poussière, dans l'atmosphère. Ces obstacles ont pour effet de rediriger les rayons du soleil parallèles en une multitude de faisceaux dans toutes parallèles (à l'origine) en une multitude de faisceaux dans toutes les directions [4].

- **Rayonnement réfléchi (Albédo)**

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (sable, neige ...) il se caractérise par un coefficient propre de la nature du

lien Albédo, ainsi le rayonnement qui arrive au sol possède au moins deux composantes : une composante diffuse et la composante directe [4].

- **Le rayonnement global(G)**

C'est le résultat de la superposition des trois compositions directes, diffuse et réfléchiée .Et qui est le rayonnement pris en compte pour la détermination du rendement des cellules solaires [5].

$$G = S + D \quad (\text{I.1})$$

Avec : G : rayonnement global

S : Rayonnement diffus

D : rayonnement direct

I.5.2 Constante solaire

C'est la quantité d'énergie totale envoyée par le soleil à la limite de l'atmosphère terrestre sur une surface unité perpendiculaire au rayonnement solaire [6].

La variation de la constante solaire suit la relation suivante [7] :

$$C = I_0 [1 + 0,033 \cos (0,984j)] \quad (\text{I.2})$$

C : la constante solaire.

$I_0=1353 \text{ W/m}^2$ est la valeur moyenne de la constante solaire actuellement retenue

n : le numéro du jour de l'année.

I.6 Paramètre de la position du soleil

Le soleil est repéré par les grandeurs suivantes :

- **l'azimut ψ**

L'azimut est l'angle entre le plan vertical contenant le rayon solaire et la direction sud. Il se compte de 0° à 360° à partir du sud dans le sens rétrograde. La relation qui donne l'azimut est donnée ci-dessous : [8]

$$\cos \psi = (\sin \gamma \sin \theta - \sin \delta) / \cos \gamma \cos \theta \quad (\text{I.3})$$

- **L'angle de la hauteur solaire γ (h_s)**

C'est l'angle compris entre la direction du soleil et le plan horizontal.

γ varie de 0° à 90° vers le zénith et de 0° vers -90° vers le nadir. L'angle de la hauteur solaire est donné par [8].

$$\sin \gamma = \sin \theta \sin \delta + \cos \theta \cos \delta \cos \omega \quad (\text{I.4})$$

- La distance zénithale z

C'est l'angle entre la direction du soleil et la verticale du lieu (zénith). L'angle z est complémentaire de γ [8].

$$\cos z = \sin \theta \sin \delta + \cos \delta \cos \theta \cos \omega \quad (I.5)$$

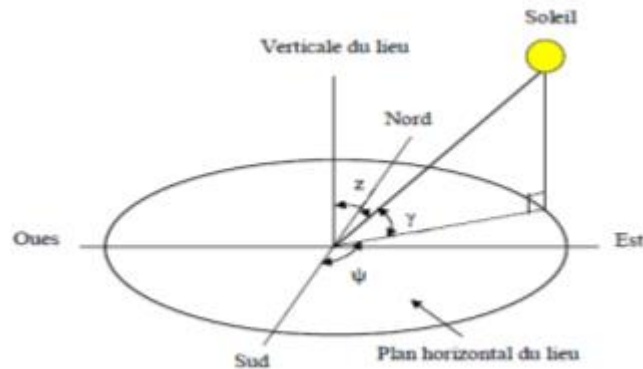


Figure. I.5 : Paramètre de la position du soleil

I.7 Coordonnées géographiques d'un site à la surface de la terre

Pour repérer un site donné à la surface terrestre, on définit les grandeurs suivantes :

- La latitude θ** : C'est l'angle θ que fait la verticale du lieu avec le plan équatorial. Si $\theta > 0$, le site se trouve dans l'hémisphère nord, sinon le site est dans l'hémisphère sud.
- La longitude φ** : C'est l'angle φ formé par le méridien de Greenwich et le méridien du lieu considéré. La longitude est comprise entre -180 (vers l'ouest) et +180 (vers l'est). Comme la terre met 24 heures pour faire un tour sur elle-même (360°), chaque heure représente 15° d'écart de longitude et donc, chaque degré de longitude représente 4 minutes.
- L'altitude** : C'est la distance verticale exprimé en mètres, séparant le point considéré du relief terrestre du niveau de la mer, pris comme surface de référence [9].

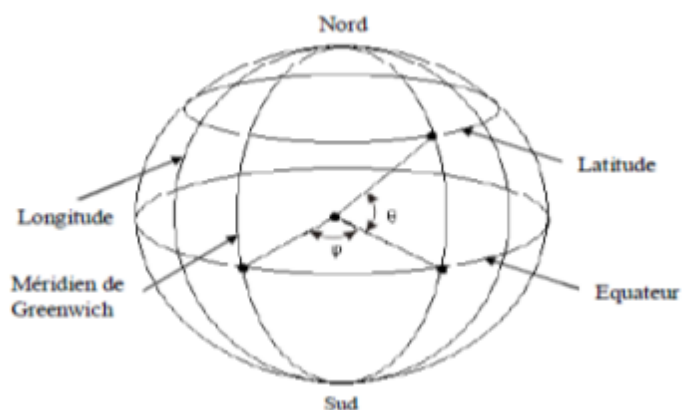


Figure. I.6 : Coordonnées terrestres

I.8 Potentiel solaire en Algérie

La durée d’insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2500 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L’énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l’ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m²/an au Nord et 2263 kWh/m²/an au Sud du pays [10].

Tableau. I.2 : Potentiel solaire en Algérie

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d’ensoleillement (heures/an)	2560	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650

I.9 Spécification de la région d’Ouargla

I.9.1 Présentation du site

Ouargla est située dans le Nord-est de l’Algérie (Figure (I.7)), plus précisément dans la partie septentrionale du Sahara algérien. Elle se situe à 190 km à l’est de Ghardaïa, 160 km au sud-ouest de Tougourt, 388 km au sud de Biskra[11].

Donc les coordonnées géographiques d’Ouargla sont :

- Latitude : 31.95° Nord
- Longitude 5.32° Est
- Altitude : 219 mètres



Figure. I.7 : Localisation de province d’Ouargla sur la carte d’Algérie

I.9.2 Estimation mensuelles de l'irradiation solaire à Ouargla

Global horizontal irradiation		Global irradiation optimum angle	
Month	2020	Month	2020
January	119.08	January	189.82
February	140.38	February	193.76
March	184.14	March	217.94
April	197.1	April	201.81
May	216.05	May	202.52
June	222.78	June	199.68
July	229.7	July	208.9
August	211.36	August	207.6
September	173.22	September	190.63
October	150.51	October	192.43
November	118.94	November	177.48
December	108.7	December	178.05



Figure. I.8 : Irradiation solaire à Ouargla [12]

I.9.3 Température moyenne mensuelle

Les mois	Janvier	Février	mars	avril	Mai	juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nove	Dèce
Température moyenne mensuelle	18	21	25	30	35	40	43	42	38	31	24	19

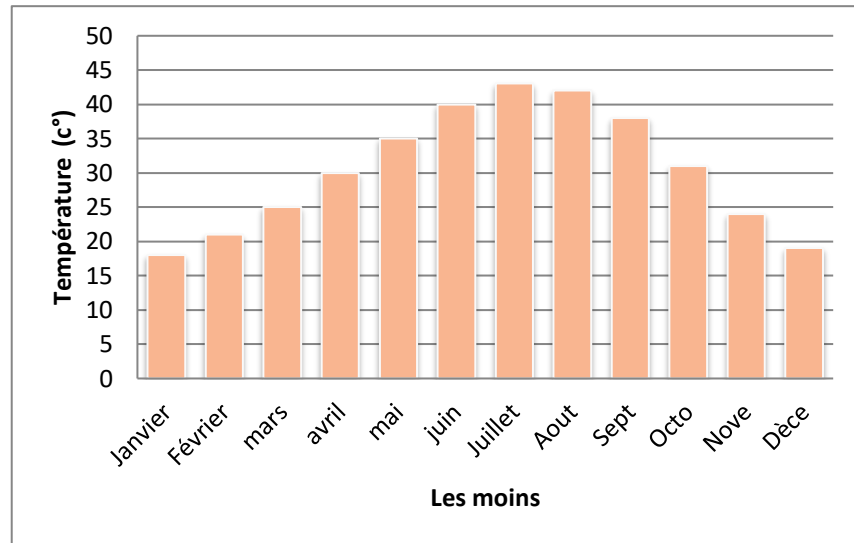


Figure. I.9 : Température moyenne mensuelle

I.9.4 Inclinaison des modules photovoltaïques

Le tableau suivant donne les valeurs de l'inclinaison recommandée des capteurs photovoltaïques pour une utilisation annuelle constante en fonction de la latitude.

Tableau. I.3 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux pour une utilisation annuelle

Latitude φ (°)	Inclinaison β (°)
$\varphi < 10^\circ$	10°
$10^\circ < \varphi < 30^\circ$	Φ
$30^\circ < \varphi < 40^\circ$	$\varphi + 10^\circ$
$\varphi > 40^\circ$	$\varphi + 15^\circ$

D'après le tableau (I.3) on prend l'Inclinaison comme suit :

$$\beta (\text{°}) = \varphi + 10^\circ$$

Alors :

$$\beta (\text{°}) = 31^\circ 95 + 10^\circ = 41^\circ,95$$

I.10 Conclusion

Nous avons présenté dans ce présent chapitre des notions importantes sur le gisement solaire, comme le système terre-soleil et les différents types de rayonnements (direct, diffus, albédo et global). Enfin, nous avons présenté les coordonnées géographiques et le potentiel solaire en Algérie.

Chapitre II :
Généralités sur les systèmes
PV

II.1 Introduction

La technologie des cellules au silicium est maintenant bien maîtrisée et les nouveaux développements se concentrent sur l'amélioration du rendement et l'abaissement des coûts de fabrication. En parallèle avec ces produits existants, de nouvelles cellules, utilisant des phénomènes proches de la photosynthèse, pourraient apparaître sur le marché dans la prochaine décennie si les développements prometteurs obtenus en laboratoire se concrétisent par des produits industriels. Dans ce chapitre, on va faire une définition des cellules et matériaux photovoltaïques. On y trouvera le principe de fonctionnement, les grandeurs caractéristiques et les modèles d'une cellule solaire ainsi les différents composants d'un système solaire photovoltaïque.

II.2 Modèle électrique d'une cellule photovoltaïque

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

- absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif.
- conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création de paires électron/trou dans le matériau semi-conducteurs.
- collecte des particules générées dans le dispositif. [13]

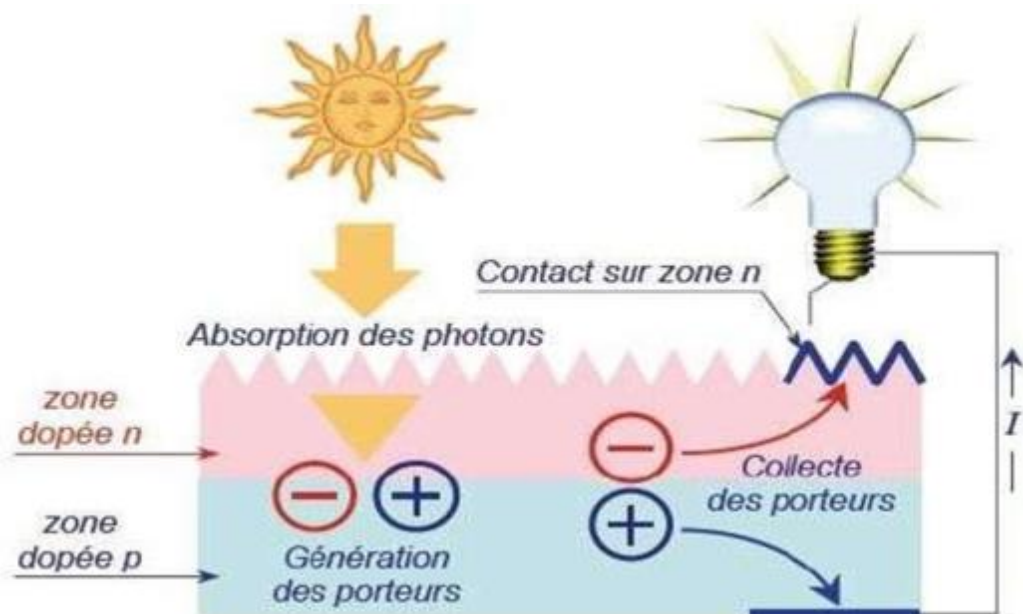


Figure. II.1 : Principe de fonctionnement d'une cellule PV

II.3 Caractérisation électrique des cellules photovoltaïques

Les performances de la cellule solaire sont représentées à travers la caractéristique courant-tension $I(V)$. Cette dernière apporte une lecture claire des paramètres caractérisant la cellule solaire comme le rendement de la cellule, les différents types des résistances parasites et le facteur de forme. Le courant est mesuré en fonction de la tension appliquée sous obscurité et sous ensoleillement, la lumière permet de décaler la courbe $I-V$ vers le bas dans le quatrième quadrant car le courant photoélectrique provoque la production de l'énergie [14].

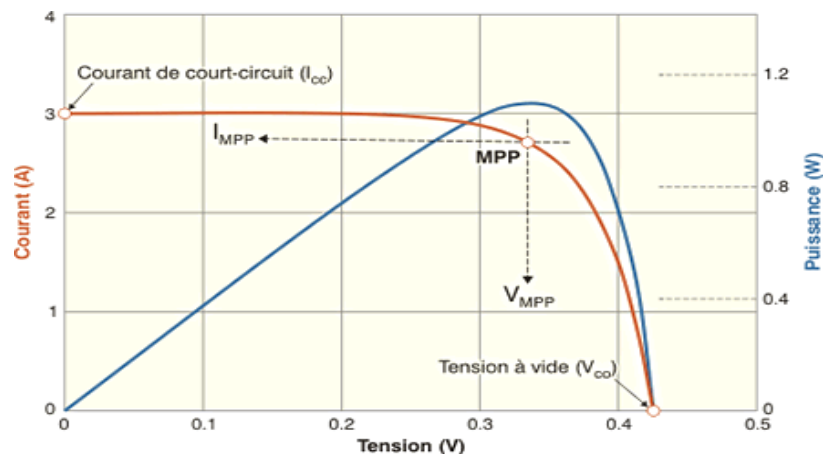


Figure. II.2 : Caractéristique $I(V)$ d'une cellule photovoltaïque

a) Courant de court-circuit I_{cc}

Le courant de court-circuit (I_{cc}) Il s'agit du courant lorsque le potentiel appliqué à la cellule est nul. C'est le plus grand courant que la cellule puisse fournir. Celui-ci est en fonction de la température, de la longueur d'onde du rayonnement, de la surface activée de la cellule et de la mobilité des porteurs. Ce courant dépend linéairement de l'intensité lumineuse reçue [15].

b) Tension en circuit ouvert U_{co}

C'est la tension aux bornes de la cellule lorsqu'elle n'est pas connectée à une charge ou lorsqu'elle est connectée à une charge de résistance infinie [15]

c) Facteur de forme FF

Un paramètre important pour qualifier la qualité d'une cellule ou un générateur PV. Ce coefficient représente le rapport entre la puissance maximale que peut délivrer la cellule notée P_{Max} et la puissance formée par le rectangle $I_{cc} \times V_{oc}$. Il est défini par la relation suivante [15].

$$FF = \frac{P_{\max}}{I_{cc} \times U_{oc}} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

$$P_{\max} = I_{\max} \times U_{\max}$$

d) Le rendement

Ce rendement η désigne le rendement en puissance. La connaissance de sa valeur permet d'évaluer les performances de la cellule. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et la puissance lumineuse incidente P_{in} [15].

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{in}} = \frac{I_{cc} \times U_{oc}}{P_{in}} \quad (\text{II.2})$$

II.4 Association cellule Photovoltaïque

II.4.1 Association en série des cellules

La figure. II.3 montre la connexion série de trois cellules individuelles comme exemple. Le courant de générateur PV est équivalente au courant d'une cellule unique, mais la tension de sortie a augmenté, étant une addition des tensions de toutes les cellules dans la chaîne dans cet exemple cellule GPV [16].



Figure. II.3 : Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en série

II.4.2 Association en parallèle des cellules

La figure. II.4 montre la connexion en parallèle de trois cellules individuelles comme un exemple. Dans ce cas, le courant du groupe de cellules est équivalent à l'ajout du courant de chaque cellule (dans ce cas), mais la tension reste équivalente à celle de la cellule unique [16].

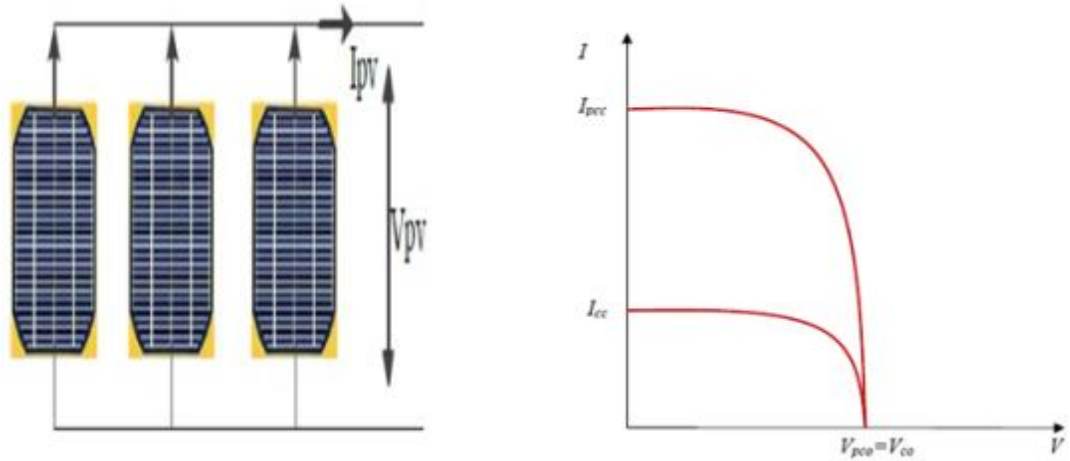


Figure. II.4 : Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en parallèle

II.5 Association de module photovoltaïque

II.5.1 Effet du niveau d'éclairement sur le module photovoltaïque

La Figure. II.5 présente les caractéristiques (I V) pour différents niveaux d'ensoleillement. On pourra voir que le courant de court-circuit varie en proportion du niveau d'ensoleillement, tandis que la tension en circuit ouvert est à peu près constante. Par conséquent, la puissance extraite augmente en conséquence et chaque courbe a un point de puissance maximale PM (les points en étoile rouge), qui est le point de fonctionnement optimal pour une utilisation efficace des panneaux solaires. [16]

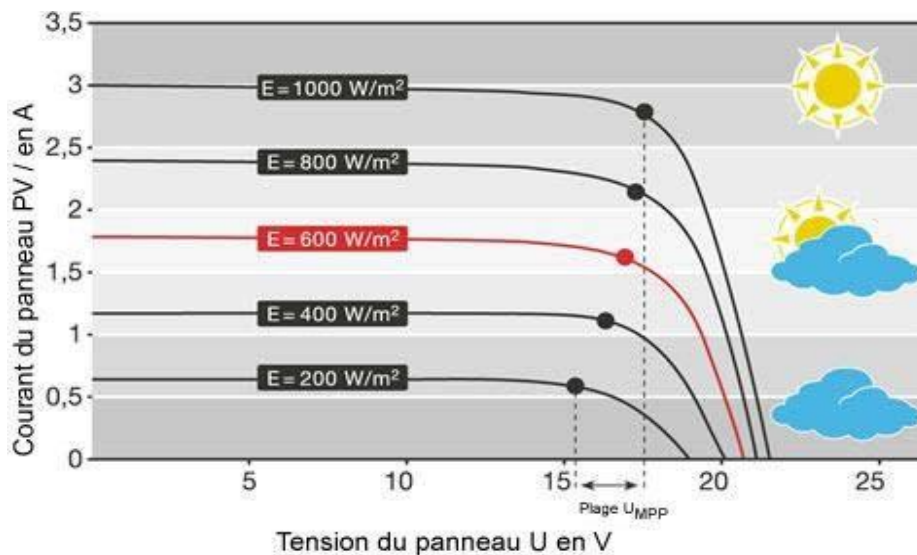


Figure. II.5 : Caractéristique (I-V) du module en fonction de l'éclairement

II.5.2 Effet de la température des cellules sur le module photovoltaïque

Figure. II.6 montre la température de fonctionnement d'un GPV, il est essentiel de comprendre l'effet de variation de celle-ci à la fois sur la tension en circuit ouvert et de court-circuit. Le courant augmente légèrement à mesure que la température augmente, ce qui est dû à l'absorption accrue de la lumière. Toutefois, comme la température augmente la tension en circuit ouvert tend à diminuer [16].

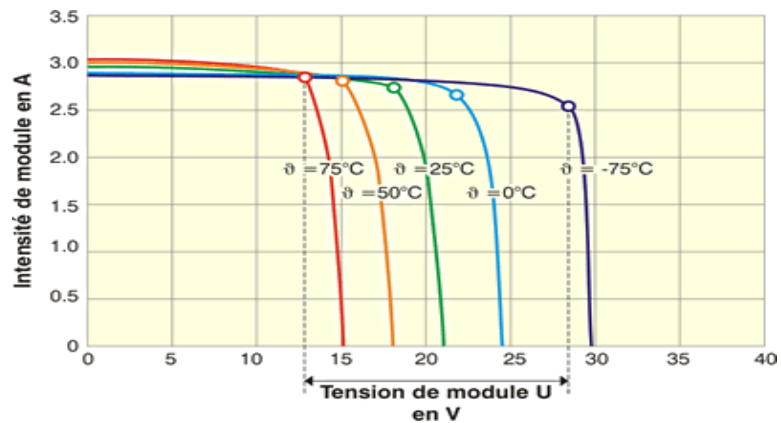


Figure. II.6 : Evolution de la caractéristique (I-V) du module en fonction de la température.

II.6 Architecture générale d'un système photovoltaïque (PV)

Le système photovoltaïque (PV) connecté au réseau électrique dans son ensemble se compose de :

- Les panneaux photovoltaïques
- des batteries
- Convertisseur DC/AC pour l'alimentation des charges AC (onduler solaire hybride)

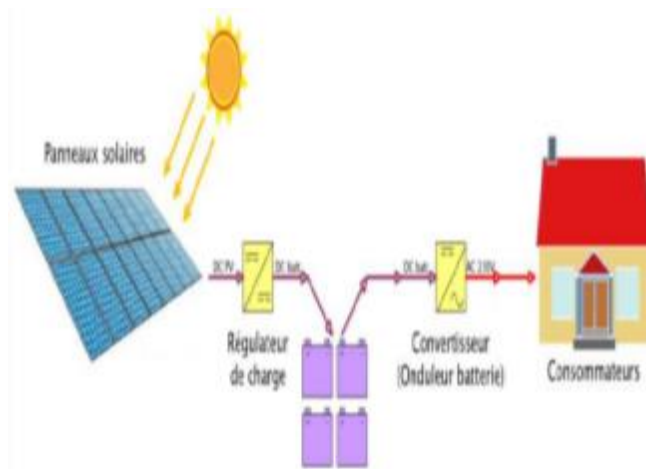


Figure. II.7 : Différents composants d'une installation photovoltaïque

II.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre le principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque, les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque et aussi l'association des cellules en série et parallèle et l'effet de température et l'éclairement sur le module photovoltaïque, nous concluons :

-L'énergie solaire photovoltaïque (PV), qui est la conversion directe de la lumière en électricité grâce à des cellules solaires

-La performance d'un système PV dépend fortement des conditions météorologiques, telle que le rayonnement solaire, la température et l'éclairement

Chapitre III :
**Dimensionnement d'un
système PV connecté au
réseau électrique**

III.1 Introduction

Dimensionnement d'un système PV dans un site connecté au réseau électrique est nécessaires pour couvrir les besoins énergétiques à tout moment, après avoir déterminé la consommation maximale. Ce chapitre présentera les étapes nécessaires à la mise en œuvre de ce système. Nous allons appliquer ces étapes à une annexe APC située dans la ville d'Ouargla.

III.2 Etapes de dimensionnement

III.2.1 Obtention du rayonnement solaire

Afin d'obtenir les valeurs du rayonnement solaire de la ville d'Ouargla. Nous avons utilisé le logiciel en ligne PV gis en fonction de la localisation. C'est un logiciel d'estimation du gisement solaire et il a été développé par le centre de recherche de l'institut pour l'environnement et le développement durable de la commission européenne.

III.2.2 Inclinaison des modules photovoltaïques

Les deux paramètres qui définissent l'orientation des modules PV sont l'azimut et l'inclinaison.

- L'azimut α mesure la rotation de la surface autour d'un axe perpendiculaire à la terre (plan horizontal).
- L'inclinaison d'une superficie β est l'angle entre le plan de la superficie et l'horizontale

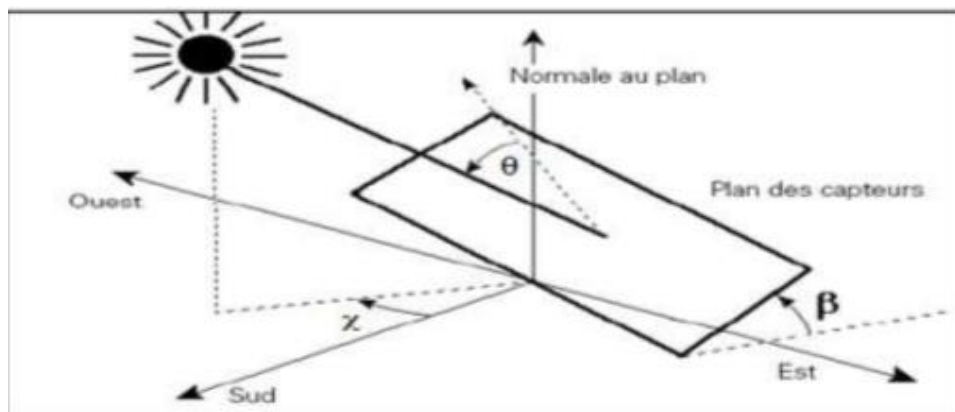


Figure.III.1 : Angles d'orientation des modules PV

III.2.3 Consommation de l'énergie électrique journalière E_c (Wh/j)

Il y a deux méthodes pour calculer l'énergie électrique journalière en Wattheure (Wh) dans les deux types de systèmes PV :

- Le nombre d'équipements, leurs puissances et le temps de fonctionnement de chaque équipement en 24 heures.

- En utilisant le compteur d'électricité

Tableau.III.1 : Méthode de calcul l'énergie électrique journalière

Appareils	Nombre de Charges	Puissance nominal (W)	Heure d'utilisation (h)	Puissance (W)	Energie (Wh/jour)
Lampe	N°	P	h	W	Wh/j
Imprimante	N°	P	h	W	Wh/j
Ordinateur	N°	P	h	W	Wh/j
Climatiseur	N°	P	h	W	Wh/j
.....	.....	P	h	W	Wh/j
.....	.....	P	h	W	Wh/j
				P_{TOTAL} (W)	E_C (Wh/j)

$$\text{Puissance(W)} = \text{Nombre de charge} \times \text{Puissance nominal} \quad \text{(III.1)}$$

$$\text{Energie (Wh/j)} = \text{Puissance} \times \text{Heure d'utilisation} \quad \text{(III.2)}$$

$$P_{\text{total}} \text{ (W)} = \sum \text{puissance} ; \quad E_C = \sum \text{Energie}$$

III.2.4 Puissance crête du générateur photovoltaïque

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{G \times k} \quad \text{(III.3)}$$

P_c : Puissance crête (Wc)

E_c : Energie consommée (Wh/j)

P_i : Puissance d'éclairement aux conditions STC (1 kW/m²)

G : Irradiation globale sur plan incliné ((kWh/m²/j)

k : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte :

- De l'incertitude météorologique.
- De l'inclinaison non corrigée des modules suivant la saison.
- Du point de fonctionnement des modules.
- Du rendement moyen charge/décharge de la batterie (90%).
- Du rendement de régulateur (95%).
- Des pertes dans les câbles et connexions pour les systèmes avec batterie.

K est en générale compris entre 0,55 et 0,75. La valeur souvent utilisée dans les calculs du système avec batterie est $k=0,65$. [17]

III.2.5 Choix du module PV et nombre de module PV

$$N_{\text{module PV}} = \frac{P_C}{P_{\text{module PV}}} \quad (\text{III.4})$$

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

P_C : Puissance crête du système PV

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

III.2.6 Choix de l'onduleur Solaire Chargeur

- **Montages des module PV**

On détermine l'onduleur en fonction de chaque entrée et sortie.

- ✓ **Entrée Système PV**

- Puissance de l'onduleur > Puissance du système PV

- $N_p \leq \frac{I_{\text{max}} \text{ l'onduleur}}{I_{\text{max}} \text{ d'un module PV}}$

- $N_s = \frac{N_{\text{module PV}}}{N_p}$

- La tension de sortie du système PV < tension max d'entrée de l'onduleur

- ✓ **Entrée Batteries**

- La tension de sortie des batteries doit être égale à la tension d'entrée de l'onduleur

III.2.7 Choix des batteries (la capacité des batteries et leur nombre)

$$C = \frac{E_C \times N}{D \times U} \quad (\text{III.5})$$

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

E_c : Energie consommée (Wh/j)

N : nombre de jour d'autonomie

D : Décharge maximale admissible

U : Tension de la batterie

$$N_{\text{batteries}} = \frac{C}{C_{\text{une batterie}}} \quad (\text{III.6})$$

$N_{\text{batteries}}$: Nombre de batteries

$C_{\text{une batterie}}$: capacité d'une batterie

- **Nombre des batteries en séries :**

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_{batterie}} \quad (\text{III.7})$$

V_{ch} : tension du champ

$V_{batterie}$: la tension de la batterie

- **Nombre des batteries en parallèles :**

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} \quad (\text{III.8})$$

III.2.8 Choix des câbles électrique

C'est sur la partie courant continu de l'installation que les intensités sont les plus importantes, c'est donc dans cette partie que se pose le problème des pertes joules et des chutes de tensions dans les câbles.

Section de Câblage (m^2).

Données : Conducteurs en cuivre ($\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$), Taux de Chute de tension maximale

$\Delta U = 2\%$, Longueur de câble L (m), Résistance électrique du câble (Ω).

$$R (\Omega) = \frac{\Delta U}{\text{Courant sorti}} = \frac{\text{Tension sortie} \times 0.02}{\text{Courant sortie}}$$
$$S(m^2) = \frac{\rho \times 2 \times L}{R}$$

- Déterminer la section des conducteurs entre Champ PV et l'onduleur solaire séparée par une distance de L_1 mètres
- Déterminer la section des conducteurs entre le parc de batteries et l'onduleur séparée par une distance de L_2 mètres.

III.3 Application Numérique

Dans cette partie, l'étude sera faite dans la ville d'Ouargla, qui se caractérise par une vaste zone géographique estimée à 140 000 hectares. Les figures III.2 et III.3 représente Annexe administrative- live 24 février (APC).



Figure.III.2 : Annexe administrative- live 24 février (APC)



Figure.III.3 : Salle de l'annexe administrative

III.3.1 Calcul la consommation de l'énergie électrique journalière E_c (Wh/j)

- Première étude :

Tableau III 2 : Consommation de l'énergie électrique journalière

Appareils	Nombre de Charges	Puissance nominal (W)	Heure d'utilisation (H)	Puissance	Energie (Wh/jour)
Lampe	11	36	8	396	3168
Imprimante HP	2	550	1	1100	1100
Imprimante canon	2	462	1	924	924
Ordinateur HP	3	16	6	48	288
Ordinateur HP mise en veille	3	0.5	2	1.5	3
Ordinateur DELL	1	14.5	6	14.5	87
Ordinateur DELL mise en veille	1	0.35	2	0.35	0.7
Climatiseur 18000 btu	2	1910	6	3820	22920
Climatiseur 48000 btu	1	5100	6	5100	30600
Total	.....	8089.35	.....	11 404,35	59090.7

III.3.2 Puissance crête du générateur photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques choisis sont de type monocristallin PERC technologie M2

Tableau.III.3 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque à utiliser dans les installations PV [18]



Air Mass 1.5 ; Ir radiance 1000 W/m2 cellule Température 25C°	385 W	
	Maximum rated power (P_{max}) (0~ +5)	385
	Maximum power Voltage (V_{mp})	40.8
	Open circuit voltage (V_{oc})	47.6
	Maximum power Current (I_{mp})	9.47
	Short circuit (I_{cc})	10.01
Module efficiency (%)		19.7

III.3.3 Calcul de la puissance crête du système PV

$$P_c = \frac{E_c \times P_i}{G \times K} \rightarrow P_c = \frac{59090.7}{0.85 \times 5.67}$$

Alors :

$$P_c = 12\,260,75 \text{ Wc}$$

- **Nombre du module PV**

D'après les équations le nombre de panneaux utilisé est :

$$N_{\text{modulePV}} = \frac{P_c}{P_{\text{modulePV}}} \rightarrow N_{\text{modulePV}} = \frac{12\,260,75}{385}$$

Alors :

$$N_{\text{modulePV}} = \mathbf{32 \text{ panneaux}}$$

III.3.4 Choix de l'onduleur Solaire Chargeur

Les caractéristiques de l'onduleur utilisé dans l'installation PV est :

Tableau.III.4 : Caractéristiques techniques de l'onduleur



MOD12000 TL3 BH	
Input data (PV)	
Max recommended PV power(for module TC)	18000 W
Max DC voltage	1100
Start voltage	200 V
MPP voltage range	140V-1000V
No of MPP trackers	2
No of PV string per MPP trackers	2/1
Max in put current per MPP trackers	13A/26A
Max short-circuit current per MPP trackers	16A/32A
Output data (AC)	
AC nominal power	12000W
Max AC apparent power	13200VA
Nominal AC voltage(range*)	230V/400V(310 ~476V)
AC grid frequency (range*)	50Hz/60Hz
Max output current	20A
Adjustable power factor	0.8...0.8
HDI	<3%
AC grid connection type	3W+N+PE

- Montage du module PV

$$N_p \leq \frac{I_{max}'_{onduleur}}{I_{max}'_{unmodule Pv}} \rightarrow N_p \leq \frac{13}{9.47}$$

$$N_p \leq 1.37$$

Alors :

$$N_p = 1$$

$$N_s = \frac{N_{module Pv}}{N_p} \rightarrow N_s = \frac{32}{1}$$

Alors :

$$N_s = 32$$

III.3.5 Calcul de la capacité des batteries

A partir des équations la capacité de charge est :

$$C_t = \frac{E_c \times N}{D \times U} \rightarrow \frac{59090.7 \times 1}{0.8 \times 12}$$

Alors :

$$C_t = 6\,155,28 \text{Ah}$$

Plus de 1600Wc U = 48 v

On utilise des batteries solaires de 12v et leur capacité 200ah



Figure.III.4 : Batterie solaire à utiliser pour les installations PV

- **Calcul nombre des batteries :**

$$N_{\text{batteries}} = \frac{C}{C_{\text{unebatterie}}} \rightarrow \frac{6\,155,28}{200}$$

$$N_{\text{Batteries}} = 30.7 \approx 31 \text{ batteries}$$

- **Nombre des batteries en séries :**

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_{batterie}} \rightarrow N_s = \frac{48}{12}$$

Alors :

$$N_s = 4$$

- **Nombre des batteries en parallèles :**

$$N_p = \frac{N_{\text{Batterietotal}}}{N_{\text{enséries}}} \rightarrow \frac{31}{4}$$

Alors :

$$N_p = 7.75 \approx 8$$

Donc :

$$N_t = N_s \times N_p \rightarrow N_t = 4 \times 8 = 32 \text{ batteries}$$

Nombre des batteries total est 32 batteries

III.4 Redimensionnement avec une consommation économique :

Après le dimensionnement précédent, nous avons trouvé que le nombre des modules PV et celui de batteries sont grands, cela donne un coût élevé du projet et requiert une surface grande par rapport à celle de l'APC sur laquelle on va poser ces modules PV. Dans ce cas, nous avons suggéré de modifier la consommation d'électricité de cet APC avec une

Chapitre III Dimensionnement d'un système PV connecté au réseau électrique

consommation économique en changeant la puissance de lampe et éliminer l'utilisation du climatiseur 48000 btu.

Le tableau suivant indique la puissance des lampes proposées et l'intensité de leur éclairage :

Tableau.III.5 : Éclairage des lampes

Lampe	Luminosité
36w	2500 lm
Led 28w	2450 lm
Led 27w	2500 lm
Led 36 w	3300 lm
Led 45 w	4100 lm

Le but de cette étape est d'obtenir la puissance inférieure $11 \times 36 = 396 \text{ W}$ et une intensité lumineuse $\geq 11 \times 2500 = 27500 \text{ LM}$.

Alor :

Led 28 :

$$27500 \div 2450 = 12 \text{ Lampes} / 28 \times 12 = 336 \text{ W}$$

Donc la puissance a diminué : 60 W

Led 27 :

$$27500 \div 2500 = 11 \text{ Lampes} / 27 \times 11 = 297 \text{ W}$$

la puissance a diminué :99 W

Led36 :

$$27500 \div 3300 = 9 \text{ Lampes} / 36 \times 9 = 324 \text{ W}$$

la puissance a diminué :72 W

Led45 :

$$27500 \div 4100 = 7 \text{ Lampes} / 45 \times 7 = 315 \text{ W}$$

la puissance a diminué :81 W

Par les calculs suivants On note que la lampe 27 est appropriée

III.4.1 Consommation d'électricité économique :

Tableau.III.6 : Nouvelle consommations

Appareils	Nombre de Charges	Puissance nominale (W)	Heures d'utilisation (h)	Puissance (W)	Energie (Wh/jour)
Lampe Led	11	27	8	297	2376
Imprimante HP	2	550	1	1100	1100
Imprimante canon	2	462	1	924	924
Ordinateur HP	3	16	6	48	288
Ordinateur HP mise en veille	3	0.5	2	1.5	3
Ordinateur DELL en fonction	1	14.5	6	14.5	87
Ordinateur DELL mise en veille	1	0.35	2	0.35	0.7
Climatiseur 18000 btu	2	1910	6	3820	22920
				P_{Tot}= 6205.35	E_{Tot}=276 98.7

III.4.2 La taille du générateur photovoltaïque :

La puissance crête du système PV

$$P_C = \frac{27698.7}{0.85 \times 5.67} \rightarrow P_C = 5747.21 W_c / 5.7 K W_c$$

Choix de module PV

Chapitre III Dimensionnement d'un système PV connecté au réseau électrique

On utilise les mêmes panneaux dans la première étude (type monocristalline PERC technologie M2 et leur puissance 385w)

Nombre de module PV

D'après les équations le nombre de panneaux utilisé est :

$$N_{modulePV} = \frac{5747.21}{385} \rightarrow N_{modulePV} = 15 \text{ panneaux}$$

III.4.3 Choix de l'onduleur Solaire Chargeur

Les caractéristiques de l'onduleur utilisé dans les installations PV :

Tableau.III.7 : Caractéristiques techniques de l'onduleur [19]



SPH 7000 TL3 BH	
Input data (PV)	
Max recommended PV power(for module STC)	9100 W
Max DC voltage	100
Start voltage	160 V
MPP voltage range	160V-1000V/600V
No of MPP trackers	2
No of PV string per MPP trackers	1
Max input current per MPP trackers	12A
Max short-circuit current per MPP trackers	15A
Output data (AC)	
AC nominal power	7000W
Max AC apparent power	7000VA
Nominal AC voltage(range*)	230V/400V(310~476V)
AC grid frequency (range*)	50Hz/60Hz
Max output current	10.6A
Adjustable power factor	0.8...0.8
THDI	<3%
AC grid connection type	3W+N+PE

- Montage du module PV

$$N_p \leq \frac{12}{9.47} \rightarrow N_p \leq 1.26 \rightarrow N_p = 1$$

$$N_s = \frac{15}{1} \rightarrow N_s = 15 \text{ panneaux}$$

III.4.4 Choix des batteries

- **Calcul de la capacité des batteries**

la capacité de charge est :

$$C_t = \frac{27698.7 \times 1}{0.8 \times 12} \rightarrow C_t = 2885.28 \text{ Ah}$$

Plus de 1600Wc U = 48 v

On utilise des batteries solaires de 12 V et leur capacité 200 Ah.

- **Calcul Nombre des batteries totales :**

$$N_{\text{batteries}} = \frac{2885.28}{200} \rightarrow N_{\text{Batteries}} = 14.42 \approx 15 \text{ batteries}$$

- **Nombre des batteries en séries :**

$$N_s = \frac{48}{12} \rightarrow N_s = 4 \text{ batteries}$$

- **Nombre des batteries en parallèles :**

$$N_p = \frac{15}{4} \rightarrow N_p = 3.75 \approx 4 \text{ batteries}$$

Donc :

$$N_t = 4 \times 4 = 16 \text{ batteries}$$

Alors : le nombre des batteries total est 16

III.4.5 Choix des câbles électrique

- **Calcul de la section du câble à utiliser Pour l'installation PV**

La longueur (L) dans le calcul entre les panneaux et l'onduleur est L=2m

Donc :

$$L=7\text{m}$$

$$V= 40.8 \times 1 = 40.8\text{v}$$

$$I= 9.47 \text{ A}$$

Alors :

$$S(\text{m}^2) = \frac{\rho \times 2 \times L}{R} \rightarrow S = \frac{2 \times 7 \times 9.47 \times 0.016}{0.02 \times 40.8}$$

$$S = 2.6 \text{ mm}^2 = 4 \text{ mm}^2$$

La longueur (L) dans le calcul entre la batterie et l'onduleur est L=2m

Donc :

L=2m

$$v = 48VI = \frac{P_{\text{onduleur}}}{U_{\text{batterie}}} = \frac{7000}{48} = 145.83 \text{ A}$$

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \rho}{0.02 \times V} \rightarrow S = \frac{2 \times 2 \times 145.83 \times 0.016}{0.02 \times 48}$$

$$S = 9.7 \text{ mm}^2 = 10 \text{ mm}^2$$



Figure.III.5 : Câble solaire PV de 10mm²



Figure.III.6 : Câble solaire PV de 4mm²

III.5 Etude économique :

Désignation des travaux	Quantité	Prix DA unitaire	Total
Lampe LED 27w Osram	11	700,00	77000,00
Panneaux photovoltaïque 385W monocristalline PERC technologie M2	15	26000,00	390000,00
Onduleur solaire hybride SPH 7000TL3 BH	1	190000,00	190000,00
Batterie solaire 200ah 12v	16	47000,00	752000,00
Câble solaire de 4 mm ²	7	200,00	1400,00
Câble solaire de 10 mm ²	2	400,00	800,00
Prix totale			1 411 200,00

Alors : le prix totale de cet projet est : 1 411 200,00DA sans le prix de support des panneaux solaire

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'une installation photovoltaïque. Nous avons présenté les différents éléments de ce système photovoltaïque qui sont : un générateur photovoltaïque, et un onduleur et les batteries.

Chapitre IV :
Etude de l'impact
énergétique, économique et
environnemental

IV.1 Introduction

La conception et le contrôle de la centrale solaire photovoltaïque représentent un problème majeur. La centrale doit être économiquement efficace et produire de l'énergie de manière efficace. Le processus de conception implique le choix des dimensions préalables des composants et de la structure du réseau. Il est nécessaire de choisir la solution optimale qui répond aux objectifs d'efficacité, réduit les coûts de production d'énergie, diminue les émissions de dioxyde de carbone, et garantit la disponibilité, le temps de réponse et la résistance aux interférences.

Par conséquent, l'étude nécessite l'utilisation d'outils logiciels en raison de la complexité du système, de la diversité de ses composants et de leurs constantes temporelles différentes. Il existe plusieurs programmes spécialisés pour des types spécifiques d'énergies renouvelables, y compris l'énergie solaire photovoltaïque. Parmi ces programmes se trouve un logiciel appelé Homer, qui couvre plusieurs types d'énergies renouvelables.

IV.2 Présentation du logiciel HOMER

Le logiciel de modélisation énergétique HOMER (Hybride Optimisation Model for Electric Renewables) est un outil puissant pour la conception et l'analyse des systèmes de production d'électricité hybrides, composés de groupes électrogènes, de systèmes de cogénération, d'éoliennes, de systèmes photovoltaïques, de systèmes hydrauliques, de batteries, de piles à combustible, de la biomasse et bien d'autres. Que l'installation soit reliée au réseau électrique ou non, HOMER permet de déterminer comment les sources d'énergies intermittentes comme l'éolien et le solaire peuvent être intégrées de manière optimale au sein des systèmes hybrides [20].

IV.3 Principales caractéristiques

Tout d'abord, ce logiciel permet de faire des simulations pour ensuite optimiser les systèmes et pour finalement terminer avec des analyses de sensibilité sur ces systèmes optimisés. La solution obtenue par HOMER est la solution la moins coûteuse parmi différentes combinaisons de systèmes d'énergies renouvelables, d'énergies fossiles ou de systèmes hybrides comprenant deux sources d'énergie ou plus. La Figure (..) représente le modèle conceptuel du logiciel HOMER.

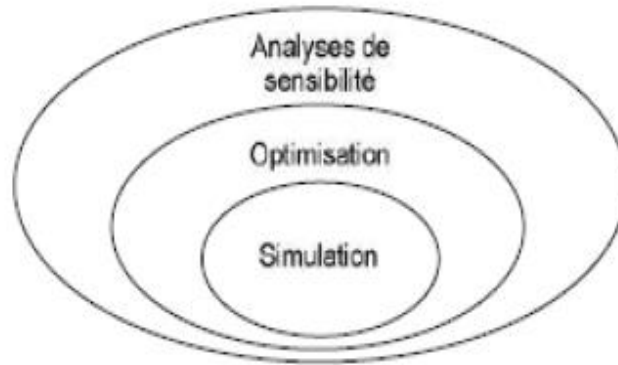


Figure. IV.1 : Modèle conceptuel du logiciel HOMER

Le logiciel permet de faire la simulation d'un système selon des données de gisement (solaire, éolien, diesel, etc.) en fonction d'une demande énergétique (besoins en énergie). Par la suite, il est possible d'analyser plusieurs configurations différentes pour ce même système afin d'en obtenir un système optimisé au niveau du coût. Le logiciel simule toutes les configurations demandées et donne la meilleure solution, la solution la moins chère, parmi celles-ci. Ensuite, il est finalement possible de faire des analyses de sensibilité afin de savoir si la solution trouvée reste la meilleure même s'il y a certains changements dans les différents paramètres entrés (variation du coût de la technologie, variation dans les données de gisement, etc.). Il est donc possible de faire bon nombre d'analyses avec de nombreuses configurations différentes en moins de quelques minutes de simulation.

✓ Le logiciel permet de faire des simulations avec différents systèmes de production d'énergie :

panneaux solaires photovoltaïques,

- ✓ éoliennes,
- ✓ barrage hydroélectrique au fil de l'eau,
- ✓ biomasse,
- ✓ génératrices (diesel, essence, biogaz, combustibles alternatifs et combustibles personnalisés, co alimentées),
- ✓ réseau électrique,
- ✓ micro turbines,
- ✓ Piles à combustible.

HOMER offre aussi une vaste gamme de dispositifs d'accumulation ou de récupération d'énergie :

- ✓ banque de batteries,

- ✓ volants d'inertie,
- ✓ flow batteries,
- ✓ hydrogène,

On peut aussi entrer divers types de besoins énergétiques :

- ✓ profils de consommation journaliers avec des variations selon les saisons,
- ✓ charge différée pour le pompage d'eau ou pour la réfrigération,
- ✓ charge thermique,
- ✓ mesures d'efficacité énergétique.

HOMER peut donc simuler un large éventail de systèmes différents en plus de toutes les combinaisons possibles de systèmes hybrides [21].

IV.4 Etapes de la simulation dans logiciel HOMER

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

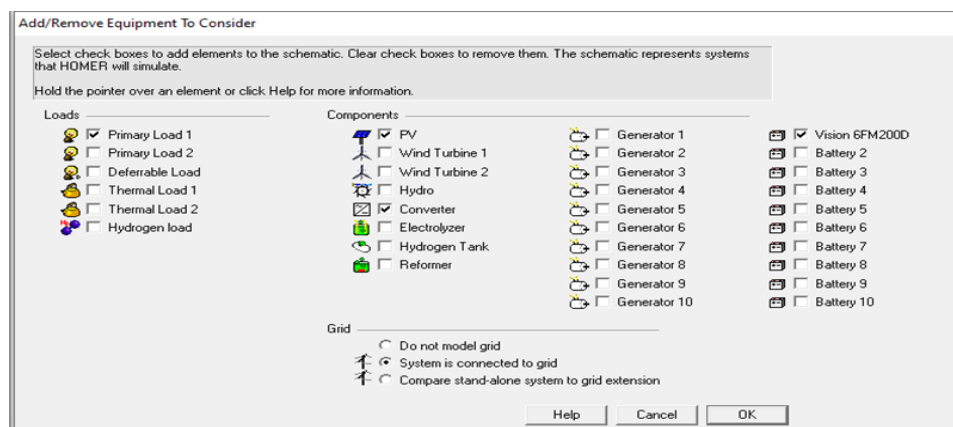


Figure. IV.2 : Choix des équipements du système PV

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

2. Une fois sélectionnés, les divers équipements apparaissent dans la figure IV.3 et les ressources nécessaires aux équipements apparaissent dans la figure IV.4



Figure. IV.3 : Équipements du système PV **Figure. IV.4 :** Ressources nécessaires aux équipements

Dans les deux étapes, pour chaque icône, il y a une fenêtre à remplir ; ce sont les données à fournir pour faire une simulation.

3. Primaryload 1

Nous faisons entrer la valeur de la consommation d'énergie dans tous les mois pendant chaque heure

Baseline data		Baseline data		Baseline data		Baseline data	
Month	January	Month	January	Month	May	Month	May
Day type	Weekday	Day type	Weekday	Day type	Weekday	Day type	Weekday
Hour	Load (kW)	Hour	Load (kW)	Hour	Load (kW)	Hour	Load (kW)
00:00 - 01:00	0.135	12:00 - 13:00	0.298	00:00 - 01:00	0.135	12:00 - 13:00	4.118
01:00 - 02:00	0.135	13:00 - 14:00	0.298	01:00 - 02:00	0.135	13:00 - 14:00	4.118
02:00 - 03:00	0.135	14:00 - 15:00	0.796	02:00 - 03:00	0.135	14:00 - 15:00	4.161
03:00 - 04:00	0.135	15:00 - 16:00	0.796	03:00 - 04:00	0.135	15:00 - 16:00	4.161
04:00 - 05:00	0.135	16:00 - 17:00	0.135	04:00 - 05:00	0.135	16:00 - 17:00	0.135
05:00 - 06:00	0.135	17:00 - 18:00	0.135	05:00 - 06:00	0.135	17:00 - 18:00	0.135
06:00 - 07:00	0.135	18:00 - 19:00	0.135	06:00 - 07:00	0.135	18:00 - 19:00	0.135
07:00 - 08:00	0.135	19:00 - 20:00	0.135	07:00 - 08:00	0.135	19:00 - 20:00	0.135
08:00 - 09:00	0.796	20:00 - 21:00	0.135	08:00 - 09:00	4.161	20:00 - 21:00	0.135
09:00 - 10:00	0.796	21:00 - 22:00	0.135	09:00 - 10:00	4.161	21:00 - 22:00	0.135
10:00 - 11:00	0.796	22:00 - 23:00	0.135	10:00 - 11:00	4.161	22:00 - 23:00	0.135
11:00 - 12:00	0.796	23:00 - 00:00	0.135	11:00 - 12:00	4.161	23:00 - 00:00	0.135

Figure. IV.5 : Détails de la charge

Nous calculons la quantité nécessaire de l'électricité pour couvrir les besoins électrique de la municipalité, avec une étude de votre approfondie de tous les instruments électrique utilisés, qui est représentée par la quantité de l'électricité consommée, et les heures de fonctionnement à travers 24 heures (jour par jour et heure par heure).

I. La consommation des appareils qui fonctionnent pendant repos de 2 heures

Le tableau montre que :

Tableau. IV.1 : Consommation des appareils

Appareil	N°	Heure	P(W)	E _c
Lampe	11	2 h	27 W	594Wh/j
Ordinateur mis en veille HP	3	2 h	0.5 W	3Wh/j
Ordinateur mis en veille Dell	1	2 h	0.35 W	0.7Wh/j
Climatiseur	2	2 h	1910 W	7640Wh/j

La période pendant laquelle le climatiseur ne fonctionne pas

Tableau. IV.2 : Durée non-fonctionnement des climatiseurs

Les Moins	Janvier	Février	Mars	Avril	Novembre	Décembre
E _c (Totale)	27698.7 Wh/j					
E' _c	796.45Wh					
Consommations pendant reset	298.85Wh					

- ✓ Pendant 6 mois, nous n'allumons pas le climatiseur
Alors

$$E'_c = E_{c\text{total}} - E_{\text{climat}}$$

$$27698.7 - 22920 \rightarrow E'_c = \mathbf{4778.7Wh/j}$$

- ✓ Consommation par heure :

$$4778.7 \div 6h = \mathbf{796.45Wh}$$

- ✓ La période de reste :

Lampe et Ordinateur mis en veille qui fonctionnent

$$594 + 3 + 0.7 = \mathbf{597.7Wh/j}$$

- ✓ Consommation par 2 heures :

$$597.7 \div 2 = \mathbf{298.85Wh}$$

II. La période pendant laquelle le climatiseur fonctionne

Tableau. IV.3 : Durée fonctionnement des climatiseurs

Les Moins	Mai	juin		Juillet	Aout	Sept	Octob
$E_C(\text{Totale})$				27698.7 Wh/j			
E'_c				4616.45Wh			
Consommations				4118.85Wh			

- ✓ Consommation par heure :

$$27698.7 \div 6 = 4616.45 \text{ Wh}$$

- ✓ La période de reste :

Lampe, Ordinateur mis en veille et Climatiseur qui fonctionne

$$594 + 3 + 0.7 + 7640 = 8237.7 \text{ Wh/j}$$

- ✓ Consommation par 2 heures :

$$8237.7 \div 2 = 4118.85 \text{ Wh}$$

III. Lampes qui restent allumées la nuit

$$5 \times 27 = 135 \text{ Wh}$$

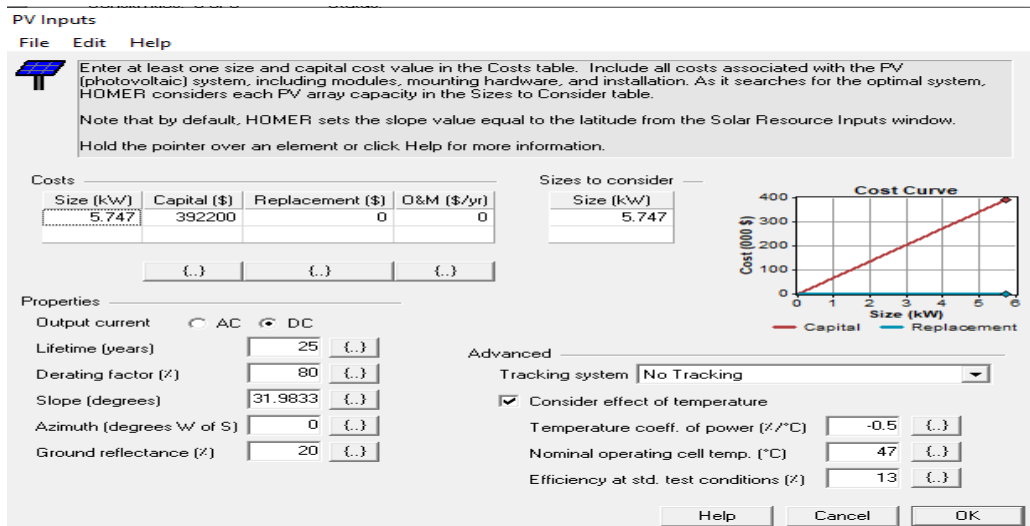


Figure. IV.6 : Caractéristique technico-économique du panneau photovoltaïque

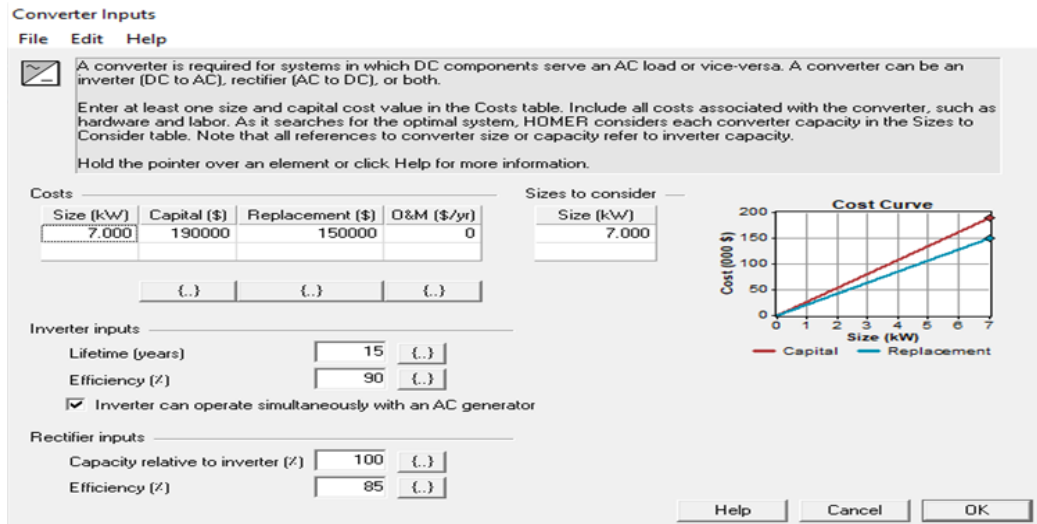


Figure. IV.7 : Caractéristiques de l'onduleur

La batterie utilisée dans cette étude : 12 V et leur capacité 200 Ah.

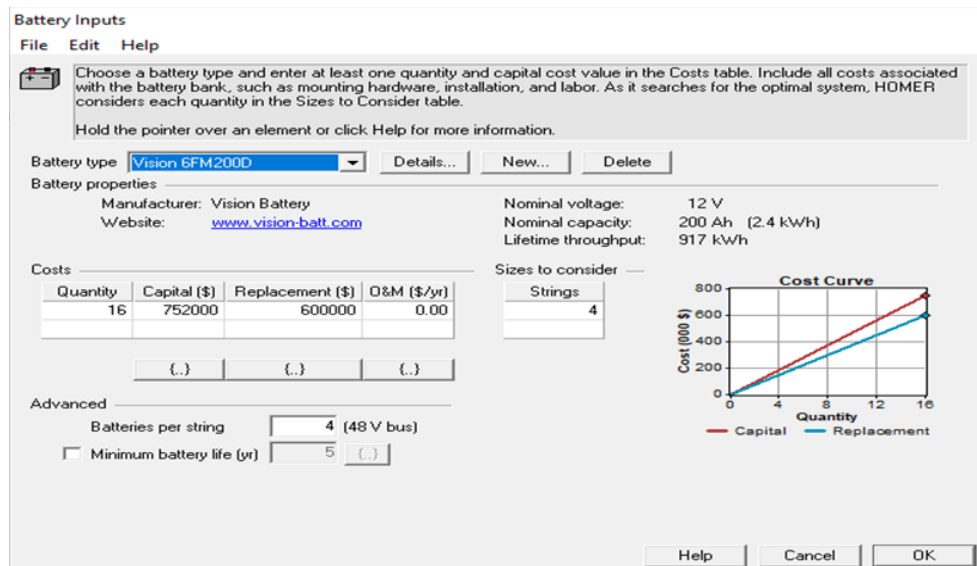


Figure. IV.8 : Caractéristiques de la batterie

- Etant donné que les températures sont un élément très important d'un système photovoltaïque, nous entrons les températures de l'état d'Ouargla.

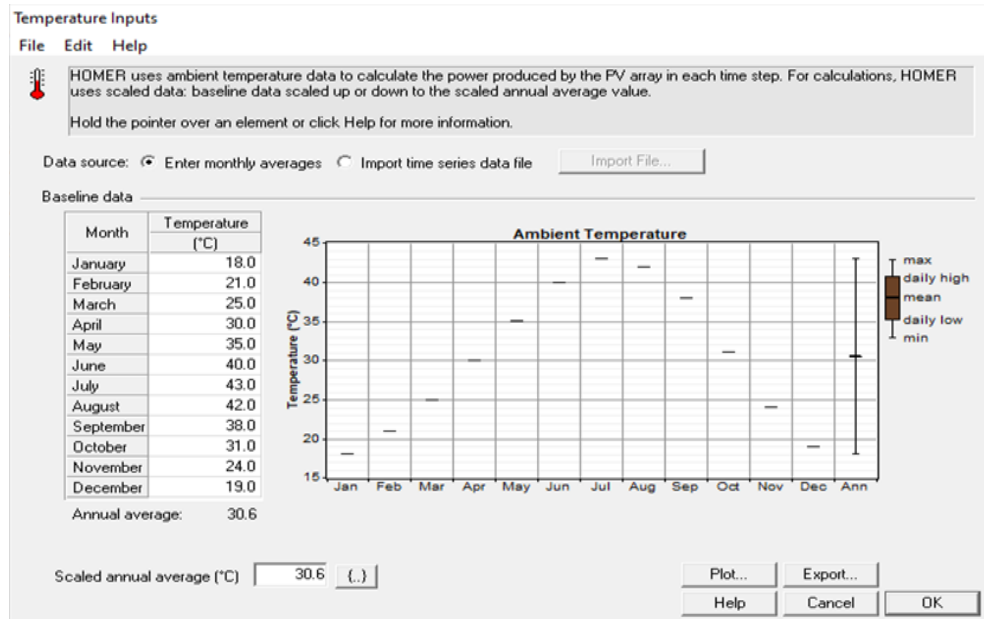


Figure. IV.9 : Température mensuelle à Ouargla

Étant donné que le fonctionnement des cellules est fortement influencé par la température, il est essentiel de suivre les changements de cette variable pour gérer l'impact sur les performances des panneaux solaire.

- À partir les coordonnées géographique de la ville d'Ouargla, on introduit dans le logiciel HOMER le rayonnement mensuel moyen sur un plan horizontale.

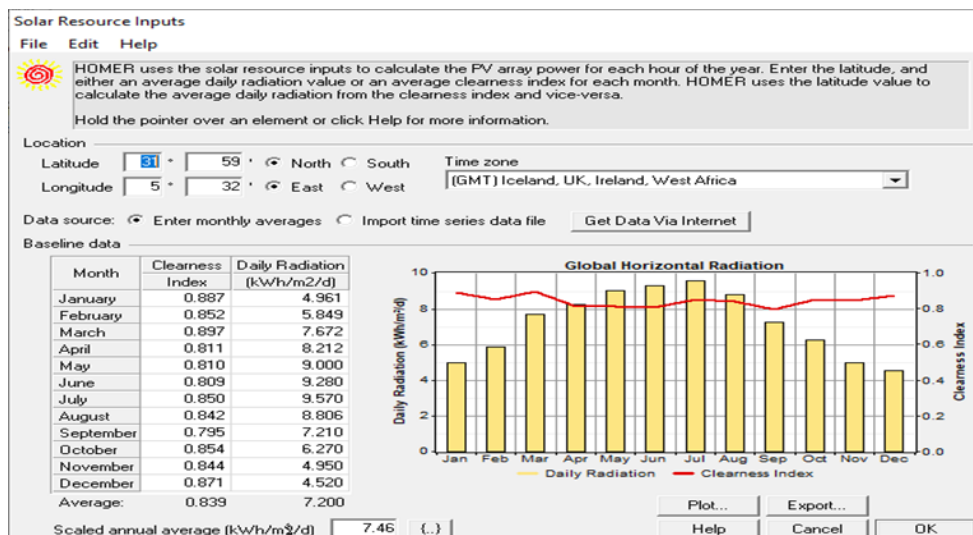


Figure. IV.10 : Irradiation horizontale journalière moyen à Ouargla

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

Cependant, ces données confirment la bonne compatibilité des variations saisonnières dans la région

- Juillet est le mois le plus ensoleillé avec un ensoleillement moyen de 9.57 KWh/m²/jour
- le jour ensoleillé le plus bas de décembre 4.52 KWh/m²/jour

L'irradiation peut également être divisée en trois périodes :

- 1) Phase 1 (Bas Soleil) : Il s'agit des mois : novembre, décembre, janvier et février.
- 2) Phase 2 (Soleil modérée) : Il concerne les mois : mars, avril, septembre et octobre.
- 3) Phase 3 (élevé Soleil) : Il concerne les mois : mai, juin, juillet et août.

6. Après avoir introduit les données précédentes sont entrées, on peut faire lancer la simulation

IV.5 Interprétation des résultats de la simulation

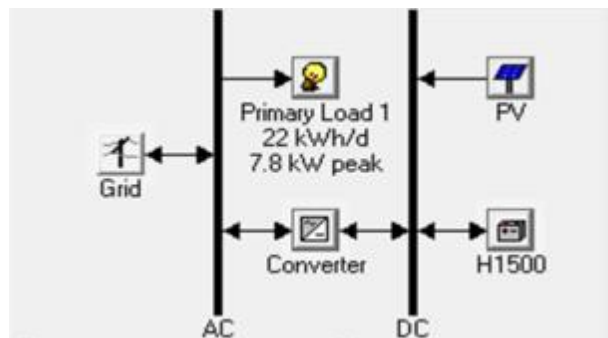


Figure. IV.11 : Montage électrique du système PV

Après la simulation, nous avons obtenu les résultats d'optimisation suivants :

IV.6 Résultats énergétiques

Étant donné que le fonctionnement des cellules est fortement influencé par la température, il est essentiel de suivre les changements de cette variable pour gérer l'impact sur les performances des panneaux solaire.

Tableau. IV.4 : Résultat et analyse énergétique

production	KWh/ans	%	consommation	KWh/ans	%
PV	12368	84	AC	7848	58
Réseau	2286	16	Réseau	5570	42
total	14654	100	Total	13418	100

- Les résultats de l'énergie produit

Selon les résultats obtenus

- 1- Énergie produite : Le système PV contribue à la production avec 84% de l'énergie totale produite et le réseau électrique avec 16%
- 2- Énergie consommée : L'utilisateur consomme 58% de l'énergie totale consommée et le réseau électrique bénéficie de 42% de l'énergie injectée.

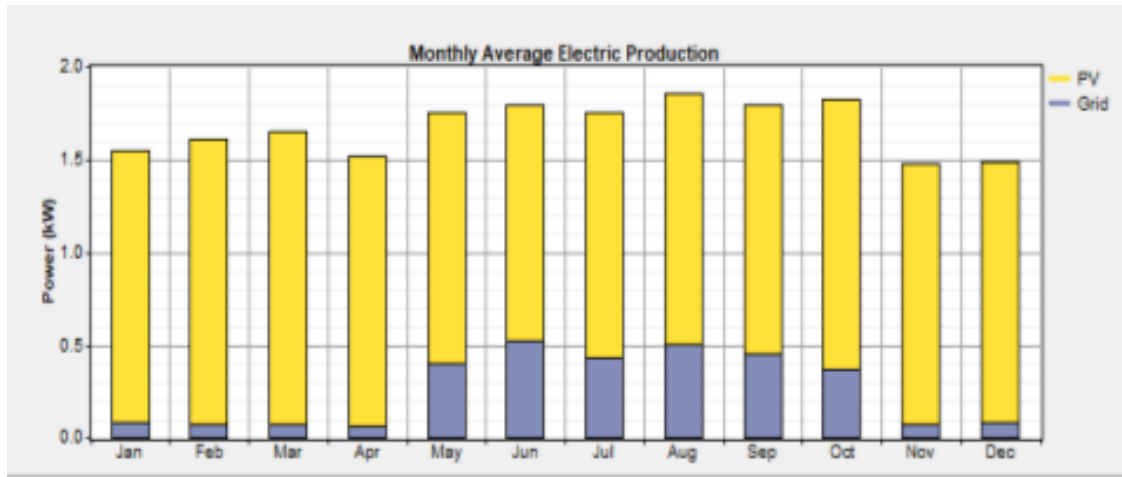


Figure IV.12 : Moyenne mensuelle de production d'électricité de système PV

La figure représente la production moyenne mensuelle d'énergie, car on remarque dans les mois (janvier, février, mars, avril, novembre, décembre) que la production est en bon état, comme pour les autres mois (mai, juin, juillet, août, septembre, octobre), le taux de production est faible, car on constate que la consommation électrique est (84 de l'énergie solaire et 16 du réseau électrique) et cela indique que le système photovoltaïque est affecté par la température élevée, ce qui entraîne une diminution de la production

IV.7 Résultat économique :

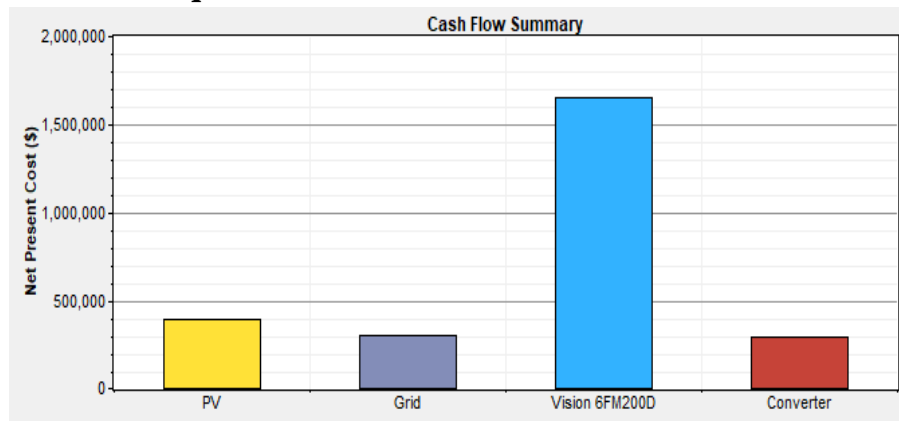


Figure. IV.13 : Résultat économique de système PV

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

Composant	capital (da)	Replaceme nt (da)	O & M (da)	Fuel (da)	Salvage (da)	Total (da)
System PV	392200,00	0	0	0	0	392200,00
Réseau	0	0	305223,00	0	0	305,223
batterie 12v200ah	752000,00	1200000,00	0	0	-300000,00	1652000,00
onduleur	190000,00	150000,00	0	0	-50000,00	290000,00
system	1334200,00	1350000,00	305,223	0	-350000,00	2639425,00

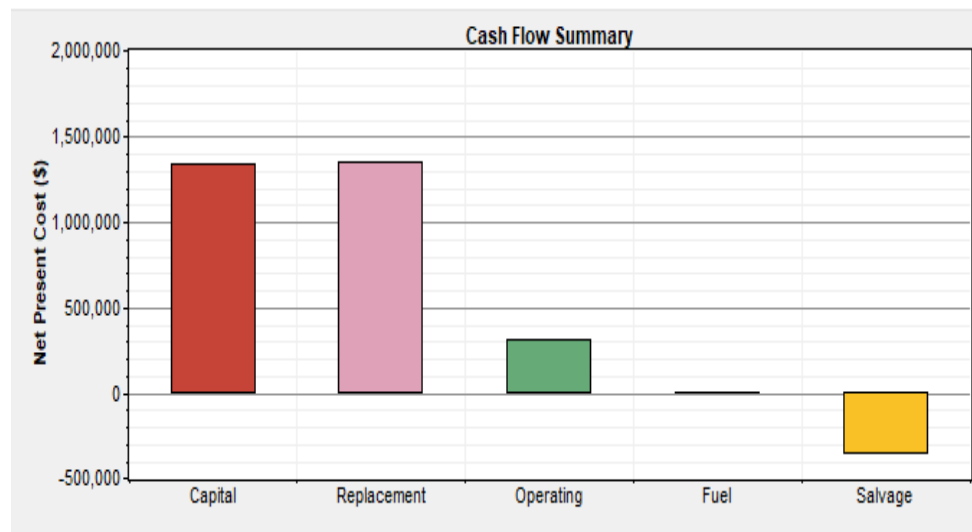


Figure. IV.14 : Différents coût du système PV connecté au réseau électrique

La courbe représente l'étude économique du système, où nous avons utilisé des équipements qui ont 25 ans, à l'exception de quelques petites pièces après environ tous les 8 ou 10 ans, comme les batteries et les onduleurs qui durent environ 15 ans.

Le coût total estimé sur une année de travail dans tous les coûts du projet est (2639425,00DA). Les résultats ont été répartis comme suit.

Nous constatons que le coût le plus élevé dans le système utilisé est représenté par le prix de la base (capital) s'élevant à (1334200,00DA), suivi par (remplacement) avec un montant de (1350000,00DA), puis l'operating (305223,00DA), et enfin le montant de (sauvetage) (-350000,00DA).

IV.8 Résultats environnemental

- Analyse de l'émission :

Pollutant	Emissions (kg/yr)	Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	-2,075	Carbon dioxide	4,960
Carbon monoxide	0	Carbon monoxide	0
Unburned hydrocarbons	0	Unburned hydrocarbons	0
Particulate matter	0	Particulate matter	0
Sulfur dioxide	-9	Sulfur dioxide	21.5
Nitrogen oxides	-4.4	Nitrogen oxides	10.5

PV

Réseau

C'est une très grande quantité des gaz polluant (4960 kg/ans), à peu près le double de ceux que nous avons acquis lors de l'utilisation du système photovoltaïque Cela est dû à l'utilisation des panneaux qui sont des facteurs clés dans la réduction de ces quantités.

D'après les résultats précédents, nous avons trouvé que il y une grande quantité d'énergie PV non consommée et perdue sous forme thermique. Pour valoriser cette énergie il faudrait la vendre à l'état par l'injectée dans le réseau électrique.

IV.9 Prix de vente de l'énergie PV :

Dans le cas vendre au réseau électrique 5.34 da → 1kwh

Composant	Capital (da)	Replacement (da)	O & M (da)	Fuel (da)	Salvage (da)	Total (da)
System PV	392200,00	0	0	0	0	392200,00
Réseau	0	0	-438389,00	0	0	-438389,00
batterie 12v200ah	752000,00	1200000,00	0	0	-300000,00	1652000,00
onduleur	190000,00	150000,00	0	0	-50000,00	290000,00
system	1334200,00	1350000,00	-438389,00	0	-350000,00	1895813,00

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

Électricité vente au réseau électrique -438389,00DA

Le prix total de l'installation 1895813,00DA

Dans le cas vendre au réseau électrique 10.7 da → 1kwh

Composant	Capital (da)	Replacement (da)	O & M (da)	Fuel (da)	Salvage (da)	Total (da)
System PV	392200,00	0	0	0	0	392200,00
Réseau	0	0	- 1184786,00	0	0	- 1184786,00
batterie 12v200ah	752000,00	1200000,00	0	0	- 300000,00	1652000,00
onduleur	190000,00	150000,00	0	0	-50000,00	290000,00
system	1334200,00	1350000,00	- 1184786,00	0	- 350000,00	1149413,00

Électricité vente au réseau électrique -1184786,00DA

Le prix total de l'installation 1149413,00DA

Dans le cas vendre au réseau électrique 16 da → 1kwh

Composant	Capital (da)	Replacement (da)	O & M (da)	Fuel (da)	Salvage (da)	Total (da)
System PV	392200,00	0	0	0	0	392200,00
Réseau	0	0	- 1922828,00	0	0	- 1922828,00
batterie 12v200ah	752000,00	1200000,00	0	0	- 300000,00	1652000,00
onduleur	190000,00	150000,00	0	0	-50000,00	290000,00
system	1334200,00	1350000,00	- 1922828,00	0	- 350000,00	411372,00

Électricité vente au réseau électrique -1922828,00DA

Le prix total de l'installation 411372,00DA

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

Dans le cas vendre au réseau électrique 21.4 da → 1kwh

Composant	Capital (da)	Replacement (da)	O &M (da)	Fuel (da)	Salvage (da)	Total (da)
System PV	392200,00	0	0	0	0	392200,00
Réseau	0	0	- 2674796,00	0	0	- 2674796,00
batterie 12v200ah	752000,00	1200000,00	0	0	- 300000,00	1652000,00
onduleur	190000,00	150000,00	0	0	-50000,00	290000,00
system	1334200,00	1350000,00	- 2674796,00	0	- 350000,00	-340595,00

Électricité vente au réseau électrique -2674796,00DA

Le prix total de l'installation -340595,00DA

- **Comparaison entre les résultats obtenus**

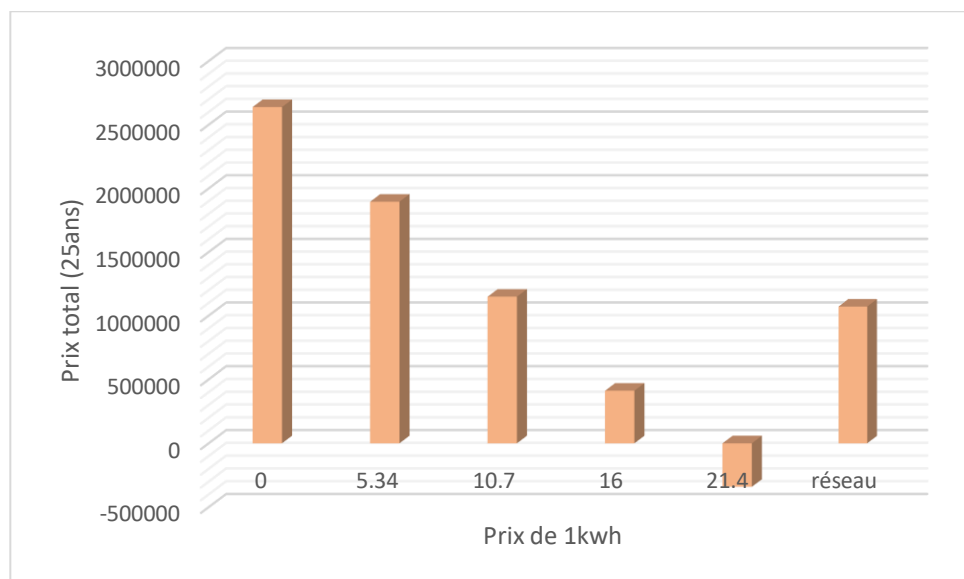


Figure. IV.15 : Prix total de l'installation durée 25 ans

- Prix total du système = capital + remplacement+ Operating (réseau) + salvage
- Le coût de salvage + remplacement+ capital reste stable dans tous les cas. tandis que le coût d'Operating + system (total) change dans chaque cas, donc en augmentant le coût

Chapitre IV Etude de l'impact énergétique, économique et environnemental

d'achat de chaque module électrique auprès des utilisateurs solaires connectés au réseau, le coût total du système diminué double.

IV. 10 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons utilisé logiciel HOMER pour présente les résultats énergétique, économique et environnemental de système photovoltaïque connecté au réseau électrique d'un APC à willaya d'Ouargla.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons étudié la conception d'une central photovoltaïque pour alimenter un APC connecté au réseau électrique les étapes pour effectuer un dimensionnement d'un system photovoltaïque et nous utilisons l'HOMER pour avoir des résultats économique, énergétique et environnemental durant 25 ans de fonctionnement à la fin de ce travail nous conclusions les points suivants :

*Imposer une taxe sur les émissions de carbone aux consommateurs du réseau électrique qui pollue l'environnement afin d'encourager les changements de comportement économique pour financer des projets énergétiques durables, promouvoir les technologies propres et motiver les entreprises et les particuliers à réduire leur consommation d'énergie et à utiliser des sources d'énergie plus propres.

*Fournir un soutien financier de l'État à l'utilisation de l'énergie solaire par la fourniture de programmes et de facilités financières, y compris des opportunités de vente à tempérament d'équipements énergétiques afin d'encourager les particuliers et les entreprises à s'appuyer sur cette technologie

*Accroître l'éducation et la sensibilisation du public pour diffuser les connaissances sur les avantages de l'énergie solaire et sur la manière de la mettre en œuvre.

*L'état peut acheter aux utilisateurs de l'énergie supplémentaire produite à partir des stations PV au double du prix de vente, afin de réduire le coût total du système et d'encourager les citoyens à l'utiliser.

Références bibliographiques

- [1] System.solaire.free.fr/soleil.htm
- [2] KechidaEssaghir « Etude expérimentale et théorique du gisement solaire pour la région de M'sila », Mémoire de master en physique énergétique et énergies renouvelables, université de Msila, 2019
- [3] El arbi el bouziani, ' Le gisement solaire, ' Faculté de science ibn to fail a A Kenitra 'Maroc' (2014).
- [4] J. Royer et T. Djiako et E. Schiler, B. Sadasy, " Le pompage photovoltaïque, Mémoire de magister en Automatique "Université d'Ottawa, 1998
- [5] Julien LABBÉ, " l'hydrogène électrolytique comme moyen de stockage d'électricité pour systèmes photovoltaïques isolés ", thèse de doctorat de l'école des mines de paris, Spécialité "Énergétique" le 21 décembre 2006
- [6] O, Sotehi. Etude des caractéristiques de fonctionnement et de la performance d'un distillateur solaire ; thèse de magistère, Université de Constantine.2009.
- [7] J, A, Duffie; W, A, Beckman. Solar engineering of thermal processes, John Wiley and Sons. (1980).
- [8] M .IQBAL, 'An introduction to solar radiation', Academic press, New York, 1983.
- [9] Azadeh A., Maghsoudi A., Sohrabkhani S., (2010), «An integrated artificial neural networks approach for predicting global radiation», *Energy Conversion and Management*.
- [10] Mohamed Amjahdi et Jean Lemale<<Adopter le solaire thermique et photovoltaïque >>Dunod ; paris, 2011
- [11] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Ouargla>
- [12]<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr>
- [13] HelaliKamelia « Modélisation d'une cellule photovoltaïque : Etude comparative», Mémoire de magister, département d'électrotechnique, faculté du génie électrique, UMMTO2012
- [14] Mr.Abderrazek Mahfoude« modélisation des cellules solaires tandem à couches minces et à haut rendement», thèse de doctorat, université Stif, 2015
- [15] I. Vechiu, "Modélisation et analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome", Thèse de doctorat l'université du havre, Paris, décembre 2005

- [16] Said Chikha, « Optimisation de la puissance dans les systèmes photovoltaïques », thèse de Magister option Commande, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI, 2011/2012.
- [17] A. Ricaud, « Modules et systèmes photovoltaïques », Septembre2008
- [18] www.zergoungreenenergy.com
- [19] www.ginverter.com
- [20] solairepedia.fr
- [21] M. KARA Abdelfattah, «Dimensionnement et analyse du coût d'un système hybride de production d'énergie renouvelable pour des sites isolés en Algérie », Mémoire de Master, UNIVERSITE FERHAT ABBAS –SETIF1, Faculté de Technologie Département d'Electrotechnique.

الملخص

نظرًا لمكانة الجزائر كواحدة من أفضل المناطق في مجال الطاقات المتجددة، قمنا بإجراء دراسة شاملة حول توريد الطاقة الكهروضوئية لفرع بلدي في مدينة ورقلة، بهدف توفير الطاقة الكهروضوئية وتعزيز انتشار الطاقات المتجددة، حيث جمعنا المعلومات اللازمة حول الأجهزة المستخدمة واستهلاكها للطاقة ومدة تشغيلها، بهدف تحديد التركيبة المثلى للنظام الكهروضوئي، بما في ذلك الواح الطاقة الشمسية والبطاريات والعاكس وغيرها من العناصر. بعد استخدام برنامج هومر، توصلت النتائج إلى أن النظام الكهروضوئي المتصل بالشبكة الكهربائية هو الأكثر فائدة من الناحية الطاقوية والاقتصادية والبيئية لفرع البلدية. وبالتالي، يمكن اعتباره الخيار الأمثل.

تتضمن الكلمات المفتاحية لهذه الدراسة: النظام الكهروضوئي، الحسابات، الوحدات الشمسية، العاكس، البطاريات، هومر.

Abstract

Due to Algeria's place as one of the best regions in the field of renewable energy, we conducted a comprehensive study on the supply of solar energy to a municipal branch in the city of Ouargla, with the aim of providing solar energy and promoting the spread of renewable energy. We gathered the necessary information about the devices used, their energy consumption, and their operating time in order to determine the optimal composition of the photovoltaic system, including solar panels, batteries, inverters, and other components. After using the HOMER software, the results showed that the grid-connected photovoltaic system is the most beneficial in terms of energy, economics, and the environment for the municipal branch, and can be considered the optimal choice. The keywords for this study include photovoltaic system, calculations, solar panels, inverter, batteries, HOMER.

Résumé

En raison de la position de l'Algérie en tant que l'une des meilleures régions dans le domaine des énergies renouvelables, nous avons mené une étude approfondie sur la fourniture d'énergie solaire à une succursale municipale dans la ville d'Ouargla, dans le but de fournir de l'énergie solaire et de promouvoir la diffusion des énergies renouvelables. Nous avons rassemblé les informations nécessaires sur les appareils utilisés, leur consommation d'énergie et leur temps de fonctionnement afin de déterminer la composition optimale du système photovoltaïque, y compris les panneaux solaires, les batteries, les onduleurs et autres composants. Après avoir utilisé le logiciel HOMER, les résultats ont montré que le système photovoltaïque connecté au réseau est le plus bénéfique en termes d'énergie, d'économie et d'environnement pour la succursale municipale, et peut être considéré comme le choix optimal. Les mots clés de cette étude comprennent : système photovoltaïque, calculs, panneaux solaires, onduleur, batteries, HOMER.