

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



Faculté de Génie de la construction

Département d'Electromécanique

Mémoire de Fin d'Etude

Domaine : science et technologie

Filière : Électromécanique

Spécialité : Master en Maintenance industrielle

Thème

Dimensionnement d'une installation solaire photovoltaïque

à TAMDA (bloc D ST)

Réalisé par :

Badja Menad

Belkacemi Ahmed

promoteur :

M : Yamani Noureddine

Mémoire soutenu publiquement le 27/09/2023 Devant le jury compose de :

Président : CHERABI BILAL

Examineur : H. SI AHMED

2022 - 2023

Remerciement

Nos remerciements, avant tout, à DIEU tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à notre promoteur Mr YAMANI qui nous a soutenus tout au long de ce travail. Sa compétence et sa disponibilité ont été pour nous un soutien certain pour la réalisation de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait honneur d'accepter de jury notre travail

Cette liste sera incomplète si on ne mentionne pas nos professeurs durant les années d'étude. A la fin nous remercions toutes les personnes qui ont contribués que ce soit de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

*A mes chers frères et sœurs et ma chère fiancée pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral, tout ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, et enfin à mon binôme ** MENAD ** qui j'ai partagé ce travail.*

A tous mes amis qui j'ai partagé des moments précieux.

Merci d'être toujours là pour moi.

ARMED.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

*A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral, tout ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, et enfin à mon binôme ****Ahmed**** qui j'ai partagé ce travail.*

A tout mes amis {yahia, Assia, Lyes} avec qui j'ai partagé des moments précieux.

Merci d'être toujours là pour moi.

Mennad.

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons étudié la faisabilité d'une installation photovoltaïque autonome pour le bloc D sciences et technologies Tamda. Cette étude s'inscrit dans la transition vers des énergies vertes et peu polluantes. Pour ce faire, nous avons d'abord déterminé les composants et infrastructures nécessaires à l'installation. Nous avons ensuite réalisé une étude de marché pour établir un budget approximatif

Mot clé : énergie renouvelable, énergie solaire panneaux photovoltaïque, électricité

ملخص

في هذه الأطروحة، قمنا بتصميم منشأة يمكن أن توفر كهرباء وتحقيق الاستقلالية الكاملة في تزويد مبنى علوم و تكنولوجيا وجيا في تامدا بالكهرباء، وذلك باستخدام تثبيت طاقة شمسية فوتوفولتايك. هذه دراسة تسهم في الانتقال نحو مصابيح طاقة خضراء وصديقة للبيئة. في هذا عمل، قمنا أولاً بتحديد عناصر وبنية تحتية ضرورية هذا التثبيت. ثم، بعد دراسة السوق، قمنا بتقدير ميزانية تقريبية مطلوبة لتنفيذها

كلمات مفتاحية: طاقة متجددة، طاقة شمسية، ألواح شمسية، كهرباء

Abstract

In this thesis, we studied the feasibility of a stand-alone photovoltaic installation for the Tamda Science and Technology Block D. This study is part of the transition to green and clean energy sources. To do this, we first identified the components and infrastructure required for the installation. We then conducted a market study to establish an approximate budget.

Keywords: renewable energy, solar energy, photovoltaic panels, electricity

Sommaire

Liste des figures	
Liste de tableaux	
Symboles et abréviations	
Introduction générale	14

Chapitre I : les énergies renouvelables

Partie A : généralité sur les énergies renouvelables.....	16
I- Introduction	16
II- Définition	17
III-les types d'énergies renouvelables.....	18
III.1 L'énergie éolienne.....	18
III.2 la Biomasse.....	18
III.3 L'énergie géothermique.....	19
III.4 L'énergie hydraulique.....	20
III.5 L'énergie solaire.....	21
IV -L'énergie renouvelable en Algérie.....	22
Partie B : gisement solaire.....	23
I- Le gisement solaire	23
I .1. Le soleil	23
I .2. Caractéristique du soleil	24
I .3. Mouvement de la terre.....	24
II-1. Le rayonnement solaire	26
II . 2. Les composantes du Rayonnement solaire	26
II . 3. Captation de l'énergie solaire	27
II . 4. le gisement solaire dans le monde	28
II . 5. Le gisement solaire en Algérie	29
II . 6. L'importance de rayonnement solaire pour le système PV	30
V. Conclusion	30

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

Introduction	32
I- Historique.....	32
II- Système photovoltaïque	33
II- 1 Générateur photovoltaïque	34
II- 2Le régulateur	35

II- 3 La batterie.....	36
II- 4 L'onduleur	37
II- 5. Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque	37
II- 6. Classification du système solaire photovoltaïque	37
III. Avantages et inconvénients du système	39
III.1 Avantages	39
III.2 Inconvénients.....	40
IV.1 Module photovoltaïque.....	41
IV. 2 Composition d'un module solaire photovoltaïque	41
IV. 3 Les différents types de panneaux	42
IV. 4 Caractéristiques d'un module PV	43
V. Cellule photovoltaïque	44
V. 1 Définition de la cellule photovoltaïque	44
V. 2 Structure d'une cellule photovoltaïque	45
V. 3 Rendement	45
V. 4 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire.....	46
Conclusion	46

CHPITRE III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

Introduction.....	48
I. Diagnostique d'une installation photovoltaïque.....	48
I. 1 Défauts dans le générateur photovoltaïque.....	49
I. 2 Défauts de l'onduleur.....	52
I. 3 Défauts dans le système de protection.....	53
I. 4 Défaut dans le système de câblage.....	54
II. Problèmes rencontrés dans un système photovoltaïque.....	55
II. 1 Les problèmes liés aux panneaux solaires	55
II. 2 Les problèmes d'onduleur photovoltaïque.....	57
II. 3. Problèmes d'une batterie solaires.....	58
III. Maintenance du système solaire photovoltaïque	61
III. 1 Conditions de réglage	61
III. 2 Etablir un bon système de gestion des documents techniques.....	61
III. 3 Entretien des composants	62
III. 4 Former les ouvriers de maintenance.....	62

Conclusion	62
Chapitre IV : dimensionnement et installation PV	
Introduction	64
I. Présentation du site	64
I. 1 Situation de Tamda	65
II. Démarche à suivre	66
III. Application	74
III. 1 Consommation énergétique	74
III. 2 Localisation du site	75
III. 3 Données météorologiques	75
III. 4. Energie produit	76
III. 5 Puissance crête Totale	76
III. 6 choix des panneaux	76
III. 7 La surface du champ photovoltaïque.....	77
III. 8 cas d'un système autonome	77
III. 9 Choix du régulateur de charge	79
III. 10 Choix de l'onduleur	80
III. 11 Choix des câbles	80
IV. Etude de coût	82
Conclusion	83
Conclusion générale	84
Reference bibliographie	85

Liste des figures

		N° de page
Figure I.1	Les énergies renouvelables.....	17
Figure I.2	Les éoliennes.....	18
Figure I. 3	Energie de la biomasse.....	19
Figure I. 4	les énergies de la géothermiques.....	20
Figure I. 5	L'énergie hydraulique.....	21
Figure I. 6	Énergie solaire (panneaux solaire).....	22
Figure I. 7	La terre tourne autour d'elle-même.....	24
Figure I. 8	Schématisation du mouvement de la terre autour du soleil.....	25
Figure I. 9	composantes du rayonnement solaire.....	27
Figure I. 10	le rayonnement solaire dans le monde.....	28
Figure I. 11	le rayonnement solaire en Algérie.....	30
Figure II. 1	Schéma synoptique d'un système photovoltaïque.....	33
Figure II. 2	générateur photovoltaïque.....	34
Figure II. 3	régulateur photovoltaïque.....	35
Figure II. 4	batterie solaire.....	36
Figure II. 5	Installation photovoltaïque autonome.....	38
Figure II. 6	Installation photovoltaïque couplée au réseau.....	39
Figure II. 7	Module photovoltaïque.....	41
Figure II. 8	Composition d'un module solaire photovoltaïque.....	41
Figure II. 9	Caractéristiques d'un module PV.....	44
Figure II. 10	La cellule photovoltaïque.....	44
Figure II. 11	Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.....	45
Figure III. 1	défaut de salissure dans le panneau PV	50

Figure III. 2	défaut de Fissure dans le panneau PV	50
Figure III. 3	défaut d’Ombrage dans le panneau PV.....	51
Figure III. 4	défaut de délaminage.....	51
Figure III. 5	quelque défaut de l’onduleur.....	53
Figure III. 6	quelque défaut dans le système de câblage.....	55
Figure III. 7	Nettoyage détartrant.....	60
Figure IV. 1	campus Tamda.....	64
Figure IV. 2	Situation de Tamda à l’échelle nationale.....	65
Figure IV. 3	Situation de Tamda à l’échelle régionale.....	65
Figure IV. 4	Aperçu d’une batterie solaire.....	70
Figure IV. 5	régulateur de charge.....	71
Figure IV. 6	le câble solaire.....	72
Figure IV. 7	bloc (D) département ST.....	74
Figure IV. 8	dimensionnement de module PV.....	77
Figure IV. 9	Branchement parallèle de batterie (48V 350Ah).....	79
Figure IV. 10	régulateur de charge à utiliser pour l’installation.....	79
Figure IV. 11	onduleur solaire MPPT :70kw,80kw,90kw.....	80

Liste des tableaux

N° de page

Tableau I.1	Caractéristique du soleil	24
Tableau I.2	en soleille ment reçu en Algérie par région climatique.....	29
Tableau III. 1	Défauts du générateur photovoltaïque.....	49
Tableau III. 2	Défauts de l'onduleur.....	52
Tableau III. 3	Défauts du système de protection.....	53
Tableau III. 4	Les différents défauts dans le système de câblage.....	54
Tableau IV. 1	Fiche technique (Tamda).....	66
Tableau IV. 2	Inclinaison des panneaux solaire.....	67
Tableau IV. 3	Tension du champ en fonction de sa puissance crête.....	68
Tableau IV. 4	Estimation de l'énergie consommée de bloc (D) ST.....	74
Tableau IV. 5	section des câbles.....	82
Tableau IV. 6	coût d'installation photovoltaïque.....	82

Symboles et abréviations

PV	Photovoltaïque
MLI	Modulation de Largeur d'Impulsion
PWM	Pulse with Modulation
MPPT	Maximum Power Point Tracking
TOR	tout ou rien
Si	silicium
Eg	énergie de gap
hν	les photons
ZCE	zone de charge d'espace
Icc	Le courant de court-circuit
AM1.5	Spectre standard, le soleil est à 45°. P \approx 1KW.m-2
GPV	Générateur photovoltaïque
Ec	énergie consommée
P	puissance de fonctionnement de l'appareil
t	temps d'utilisation
pi	Puissance électrique d'un appareil « i » exprimée en Watt (W)
Ti	Durée d'utilisation de cet appareil « i » en heure par jour (h/j)
Pch	Puissance crête de champs photovoltaïque en Watt crête (W _c)
Ir	Temps moyen d'ensoleillement journalier (h/jour)
Vch	tension total du cham
Vn	la tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque
Nm	nombre total de panneaux photovoltaïques

N_s	nombre de panneaux connectés en série
C_{bat}	capacité du parc de batterie en ampère heure (Ah)
D	décharge maximale admissible
U_{bat}	tension du parc de batteries (V)
V_{bat}	tension du champ
V_{unit}	la tension de la batterie
C_{bat}	capacité totale du parc de batteries
C_{unit}	capacité d'une batterie
I_e	Courant d'entrée
I_s	Courant de sortie
R	la résistance en (Ω)
P	la résistivité en ($\Omega.m$).
L	la longueur du câble en (m)
S	la section du câble s en (mm^2)
P_c	puissance totale consommée

Introduction générale

L'Homme a toujours recherché des sources d'énergie pour effectuer un travail, produire de la chaleur, de la lumière et du mouvement. L'énergie est la base de toute activité humaine, et la majeure partie de la demande mondiale est aujourd'hui satisfaite par des ressources fossiles.

L'énergie nucléaire, utilisée par certains pays développés, présente des risques d'accidents graves. C'est pourquoi les énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, suscitent un intérêt croissant. L'énergie solaire photovoltaïque, en particulier, est une solution prometteuse pour l'avenir, et de nombreux pays envisagent de l'adopter d'ici 2030.

L'énergie solaire photovoltaïque est déjà une réalité dans plusieurs pays développés, notamment l'Allemagne, l'Espagne et le Japon. La technologie de fabrication des modules PV a considérablement évolué au cours des dernières années, ce qui a permis de réduire les coûts de production. Le marché mondial de l'énergie solaire photovoltaïque a connu une croissance exponentielle, passant de 5 MW en 1982 à 93 GW en 2021. [35]

Le premier chapitre présente les différentes sources d'énergies renouvelables en Algérie, ainsi que le gisement solaire.

Le deuxième chapitre est consacré aux systèmes photovoltaïques, leurs avantages et inconvénients.

Le troisième chapitre aborde les défauts et problèmes potentiels des installations PV, ainsi que les étapes de leur maintenance.

Le quatrième et dernier chapitre présente l'étude, le dimensionnement et l'estimation des coûts d'une installation photovoltaïque pour le bloc D sciences et technologies Tamda. Le travail se termine par une conclusion générale et une bibliographie.

Chapitre I : les énergies renouvelables

Chapitre I : les énergies renouvelables

Partie A : généralité sur les énergies renouvelables

I. Introduction

L'avenir de notre planète dépend de la façon dont nous chauffons, éclairons et produisons. Les énergies renouvelables sont importantes car les énergies fossiles seront bientôt épuisées sur la planète, alors que les énergies renouvelables sont inépuisables, et elles protègent également l'environnement

Les énergies renouvelables sont une réalité quotidienne au service du développement socioéconomique et de l'environnement. Demain, elles vont assurer inéluctablement la relève des hydrocarbures et le développement durable sans aucun danger pour la santé et sans pollution pour l'environnement. Ce sont les énergies de l'avenir. Aujourd'hui, elles sont sous exploitées par rapport à leur potentiel. Ainsi, les énergies renouvelables couvrent seulement 20% de la consommation mondiale d'électricité, leur utilisation présente de nombreux avantages, cela aide à lutter contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère ; cela participe de plus à une gestion intelligente des ressources locales et à la création d'emplois. [1]

Chapitre I : les énergies renouvelables

II. Définition

Une énergie renouvelable est une énergie qui peut être renouvelée ou régénérée naturellement. Par conséquent, ils peuvent être utilisés indéfiniment, alors que les combustibles fossiles proviennent de réserves épuisées. [1]

Il existe cinq grandes familles d'énergies renouvelables. Par ordre d'importance pour leur fonctionnement actuel, comme indique-la figure (I.1)

- L'énergie éolienne.
- Biomasse.
- Énergie solaire
- L'énergie géothermique.
- Hydroélectricité (production d'énergie hydroélectrique).

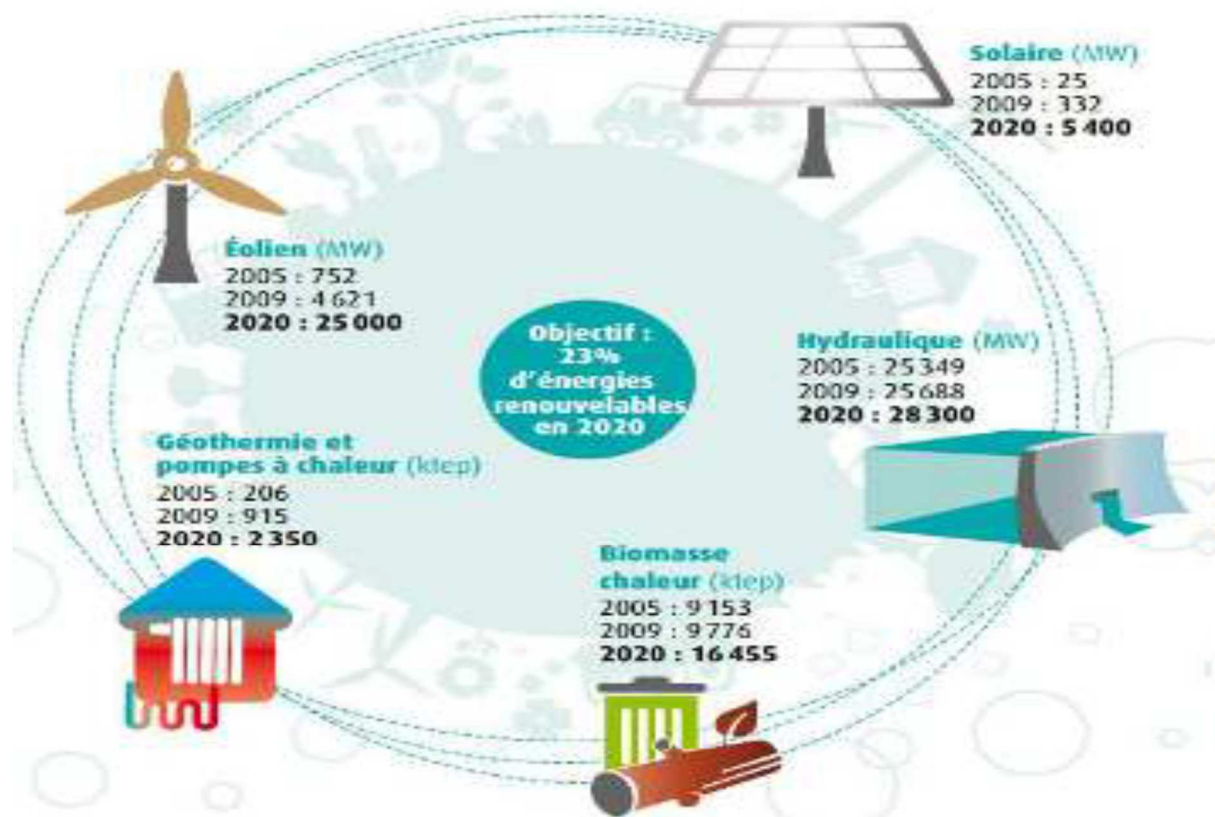


Figure I.1 : Les énergies renouvelables [2]

Chapitre I : les énergies renouvelables

III. les types d'énergies renouvelables

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables [3] dans le monde qui peuvent faire face à l'épuisement des ressources fossiles. Elles sont comme suit :

III.1 L'énergie éolienne

Auparavant, on parlait de moulins à vent avec des pales en forme de voile qui exploitaient l'énergie mécanique pour entraîner des équipements tels que des pompes à eau. Aujourd'hui, on parle d'éoliennes. Actionnés par le vent, ils génèrent une force mécanique ou électricité, qui sert à générer de l'électricité, qui est injectée dans les installations électriques de l'habitation (consommation directe) ou du réseau de distribution (consommation indirecte). Étant donné qu'elles prennent trop d'espace, elles sont le plus souvent placées en mer. Mais pour un usage domestique, il en existe des modèles réduits, voire la figure (I.2).



Figure I.2 : ferme des éoliennes

III.2 la Biomasse

La biomasse solide a été utilisée comme source d'énergie renouvelable. Dans certaines parties du monde, c'est la principale source d'énergie pour la cuisine et le chauffage. Cette biomasse, y compris tous les produits issus de végétaux ou résidus végétaux, séchés ou déshydratés, tels que bois, paille, grignons d'olive, bagasse, est valorisée par combustion ou métabolisme. Mais pour être vraiment renouvelable, la quantité brûlée ne peut pas dépasser la

Chapitre I : les énergies renouvelables

quantité produite. En fonction des besoins, elle permet une production de chaleur ou d'électricité en constance. De ce fait, sa participation à la production d'énergie mondiale est énorme par rapport aux autres énergies, voire la figure (I.3).

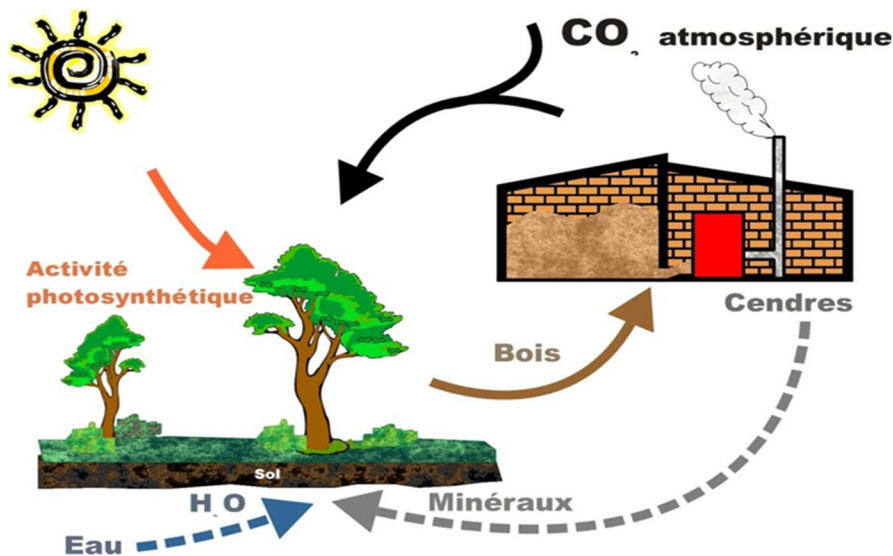


Figure I.3 : principe de la biomasse

Les principales provenances de la biomasse sont :

- L'agriculture
 - Les milieux marins et aquatiques
 - La forêt
 - Les déchets organiques provenant de la consommation domestique, de l'industrie ou de l'agriculture
- Les plantes énergétiques dédiées pour produire de l'énergie.

III.3 L'énergie géothermique

La géothermie consiste à exploiter la chaleur présente dans le sol et l'utiliser sous forme de chauffage ou la transformer en électricité, à l'aide de pompes et de turbines. Nous avons donc sous nos pieds, une source de chaleur disponible en permanence et qui ne dépend pas des éléments atmosphériques, mais de la radioactivité naturelle des roches du noyau et de la croûte terrestre. Selon la température des différentes couches du sol, on qualifie la géothermie de « haute énergie » (150 °C), « moyenne énergie » (entre 90 et 150 °C), « basse énergie »

Chapitre I : les énergies renouvelables

(entre 30 et 90 °C) et de « très basse énergie » (moins de 30 °C). Ainsi, plus on s'enfonce dans la terre, plus la température y est élevée et on pourra en faire des usages différents(2).
Voire la figure (I.4)

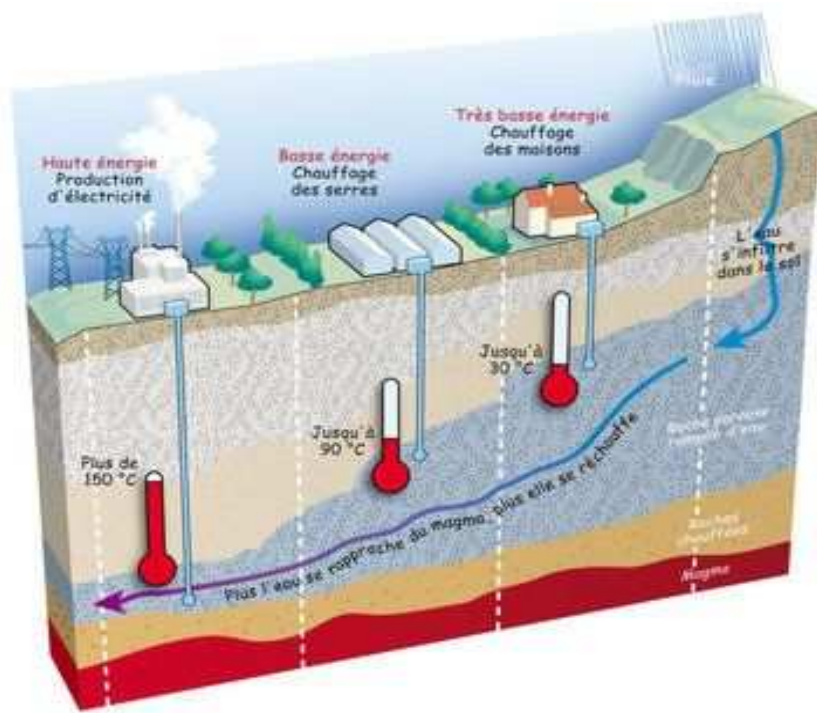


Figure I.4 : les énergies de la géothermiques

III.4 hydraulique

L'énergie hydraulique est un vecteur énergétique de l'avenir, elle est formée par les mouvements de l'eau sous toutes ses formes (chute, cours d'eau, courant marin, marée, vague). L'énergie hydraulique est issue du cycle de l'eau continuellement reproduit grâce au rayonnement solaire. Il s'agit donc bien d'une énergie renouvelable. Elle est également appelée hydroélectricité qui est la source d'énergie renouvelable la plus exploitée car elle représente 19% de la production mondiale d'électricité. Voire la figure (I.5)

Chapitre I : les énergies renouvelables



Figure I.5 : production d'énergie hydraulique

III.5 L'énergie solaire

Energie produite à partir de la conservation du rayonnement solaire, c'est une énergie renouvelable. C'est également une source d'énergie intermittente .L'énergie solaire, peut être convertie en chaleur ou en électricité.

Les panneaux solaires photovoltaïques sont placés sur les toits des bâtiments ou à tout autre endroit où ils pourraient être en contact direct avec les rayons solaires. Ils sont composés de capteurs qui retiennent la lumière du soleil grâce au silicium présent dans chacune des cellules des panneaux et qui relâche des électrons pour créer de l'électricité. Celle-ci peut être transformée en courant alternatif à l'aide d'un onduleur et utilisée immédiatement (utilisation individuelle) ou stockée en batteries ou encore injectée dans le réseau. Les panneaux solaires thermiques quant à eux, ne captent pas les rayons du soleil, mais emmagasinent plutôt la chaleur qui en est issue et la transmettent au ballon d'eau chaude pour réchauffer l'eau qui s'y trouve à travers un circuit fermé. Cette eau peut alors être distribuée dans toute la maison. On peut utiliser ce système pour chauffer les locaux, les piscines, sécher les récoltes ou encore faire cuire des aliments. Voir la figure (I.6).

Chapitre I : les énergies renouvelables



Figure I.6 : panneaux solaire photovoltaïque

IV. L'énergie renouvelable en Algérie

L'Algérie a lancé, le 3 février 2011 [4], son Programme national de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique [5]. Ce programme, qui s'étale sur la période allant de 2011 à 2013, ambitionnait de produire 22 000 MW d'électricité à partir du solaire et de l'éolien dont 10 000 MW destinés à l'exportation

Le gouvernement algérien a adopté fin février 2015 son programme de développement des énergies renouvelables 2015-2030. Une première phase du programme, démarrée en 2011, avait permis la réalisation de projets pilotes et d'études sur le potentiel national. Le nouveau programme précise les objectifs d'installations d'ici à 2030 :

- **15 MW de géothermie**
- **5 010 MW d'éolien**
- **2 000 MW de solaire thermique (CSP),**
- **13 575 MW de solaire photovoltaïque**
- **1 000 MW de biomasse (valorisation des déchets)**

Le total s'élève ainsi à 22 GW, dont plus de 4,5 GW doivent être réalisés d'ici à 2020

Chapitre I : les énergies renouvelables

Partie B : gisement solaire

I. Le gisement solaire

Le gisement solaire est un ensemble de données l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé dans des domaines aussi variés que l'agriculture, la météorologie, les applications énergétiques et la distillation d'eau. [6]

Un champ solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible sur une période de temps déterminée. Il sert à simuler le fonctionnement d'un système solaire et est dimensionné au plus juste en tenant compte des besoins à satisfaire.

I.1 Le soleil

Le soleil est une sphère de matière gazeuse, composée principalement d'hydrogène et d'hélium, dont le diamètre atteint environ 1.4 million de km. 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. La deuxième étoile la plus proche est Proxima de sépare de cette étoile fait que le soleil soit la seule étoile qui assure la vie sur terre. Sur le plan humain, le soleil à 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. [7], [8].

Chapitre I : les énergies renouvelables

I.2 Caractéristique du soleil

Agé de 5 milliards d'années, le soleil tourne lentement autour du centre galactique en 240 millions d'années. Les caractéristique du soleil est regroupe dans le tableau suivants :

Tableau I.1 : Caractéristique du soleil [8].

CARACTERISTIQUE	VALEURS
Surface (km ²)	$6,087\ 7 \times 10^{12}$
Diamètre (km)	1 392 684
Volume (km ³)	$1,412 \times 10^{18}$
La masse (kg)	$1,989\ 1 \times 10^{30}$
La masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Flux énergétique(W)	$3,826 \times 10^{26}$
vitesse (km/s)	217
Distance du centre de la voie lactée (km)	$2,5 \times 10^{17}$

I.3 Mouvement de la terre

La terre tourne autour d'elle-même créant la nuit et le jour, et autour du soleil ce qui permet d'avoir les quatre saisons.

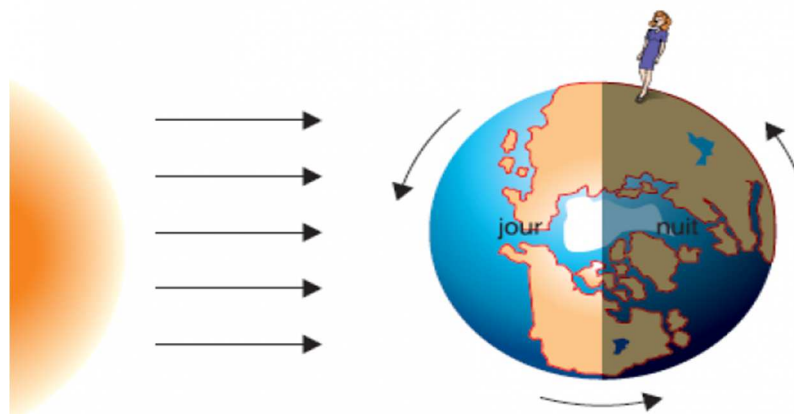


Figure I.7 : La terre tourne autour d'elle-même

Chapitre I : les énergies renouvelables

Le solstice d'hiver est l'événement astronomique qui se produit lorsque le soleil est à sa plus grande distance angulaire dans le ciel à la pointe du plan équatorial. Selon le calendrier et la région de la Terre, le solstice d'hiver dans l'hémisphère nord peut avoir lieu entre le 20 et le 23 décembre de chaque année, et le solstice d'hiver dans l'hémisphère sud peut avoir lieu entre le 20 et le 23 juin de chaque année. Le solstice d'hiver est généralement le jour le plus court et la nuit la plus longue.

Le solstice d'été est le 21 juin de chaque année. Notre date est du début de l'été.

Lorsque la terre tourne sur une orbite elliptique autour du soleil et termine son cycle en un an, la position de la terre varie, parfois l'une de ses moitiés est exposée au soleil plus que l'autre moitié, et le solstice d'été se produit et parfois les deux moitiés sont également exposées au soleil, de sorte que les équinoxes de printemps et d'automne se produisent. Au solstice d'été, le soleil est au-dessus du tropique du cancer à 23.45° Nord, de sorte que l'hémisphère nord reçoit plus de chaleur que l'hémisphère sud.

L'équinoxe vernal est le moment où le jour et la nuit s'égalisent dans le monde entier. Les équinoxes de printemps et d'automne se produisent deux jours de l'année lorsque le soleil est directement au-dessus de l'équateur. À cette heure, la durée du jour et de la nuit est à peu près égale à travers le monde. Les équinoxes de printemps ont lieu les 20 ou 21 mars et les 22 ou 23 septembre. Dans l'hémisphère nord, l'équinoxe vernal se produit en mars et marque le début du printemps. Quant à l'équinoxe de septembre, il marque le jour du début de l'automne et s'appelle l'équinoxe d'automne. L'inverse est vrai dans l'hémisphère sud [9]

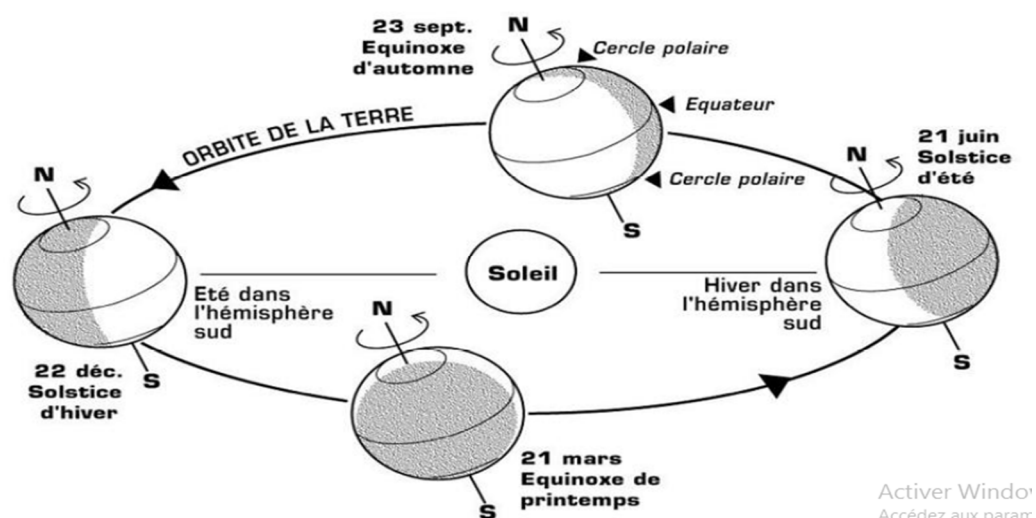


Figure I.8 : Schématisation du mouvement de la terre autour du soleil

Chapitre I : les énergies renouvelables

II. 1. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est l'énergie libérée par le soleil à la suite d'événements de fusion thermonucléaire, qui libère une grande quantité d'énergie. C'est la source de la majorité de l'énergie accessible sur Terre et elle peut être utilisée pour produire de l'électricité ou de la chaleur. [10]

La surface externe du soleil, qui a une température d'environ 6000 degrés Kelvin, émet le rayonnement qui nous atteint. A cette température, 40% de l'énergie est visible. En dirigeant un faisceau lumineux à travers un prisme en verre ou un réseau de diffraction, l'énergie solaire peut être décomposée. Du bleu au rouge en passant par le vert et le jaune, un arc-en-ciel de teintes se dessine.

Le rayonnement solaire est une variable climatique importante qui rend la vie sur terre possible en apportant de la chaleur et de la lumière. Abondant, renouvelable et disponible au sol, il est constitué de rayons lumineux transportant de l'énergie provenant du soleil dans toutes les longueurs d'onde.

II.2 Les composantes du Rayonnement solaire

a. Rayonnement direct : se définit comme étant le rayonnement provenant du seul disque solaire, il est donc nul lorsque le soleil est occulté par les nuages.

b. Rayonnement diffus : le rayonnement solaire est diffusé par les molécules de l'air et les particules en suspension. Le rayonnement solaire diffus n'est donc nul que la nuit.

c. Rayonnement réfléchi ou l'albédo du sol : c'est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc. ...)

d. Rayonnement global : C'est la somme des trois types de rayonnements direct et Diffus et albédo.

Chapitre I : les énergies renouvelables

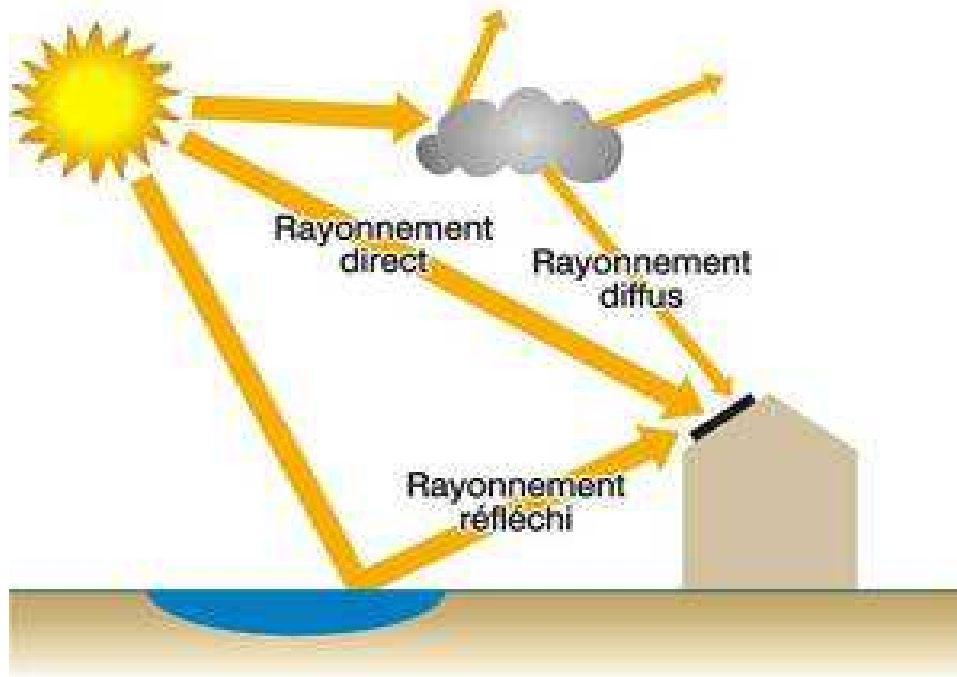


Figure I.9 : composantes du rayonnement solaire

II.3 Captation de l'énergie solaire

Il existe différentes techniques Pour capter une partie de l'énergie solaire :

a. L'énergie solaire thermodynamique

Un système solaire à concentration thermodynamique exploite le rayonnement du soleil en orientant, au moyen de miroirs, les flux de photons.

Ce système thermique concentré permet d'atteindre des niveaux de température bien supérieurs ceux des systèmes thermique classique non concentre [11].

b. L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une produit de procédé de transformation d'énergie solaire aune forme thermique, et on peut utiliser deux méthodes d'usage [12]

- En usage direct de la chaleur : chauffage solaire, chauffe-eau solaire, cuisinière et séchoir solaire.
- En usage indirect : centrale solaire thermodynamique, production de vapeur d'eau, production du froid.

Chapitre I : les énergies renouvelables

c. l'énergie solaire photovoltaïque

Cette énergie permet de produire l'électricité à cause de la transformation du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque, L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique.

Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (W) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur [12].

II.4 le gisement solaire dans le monde

Le champ solaire est un ensemble de statistiques qui décrit l'évolution du rayonnement solaire accessible dans le temps. Il permet de modéliser le fonctionnement d'une installation solaire et d'en déterminer le dimensionnement le plus précis possible en tenant compte de la demande à satisfaire [13].

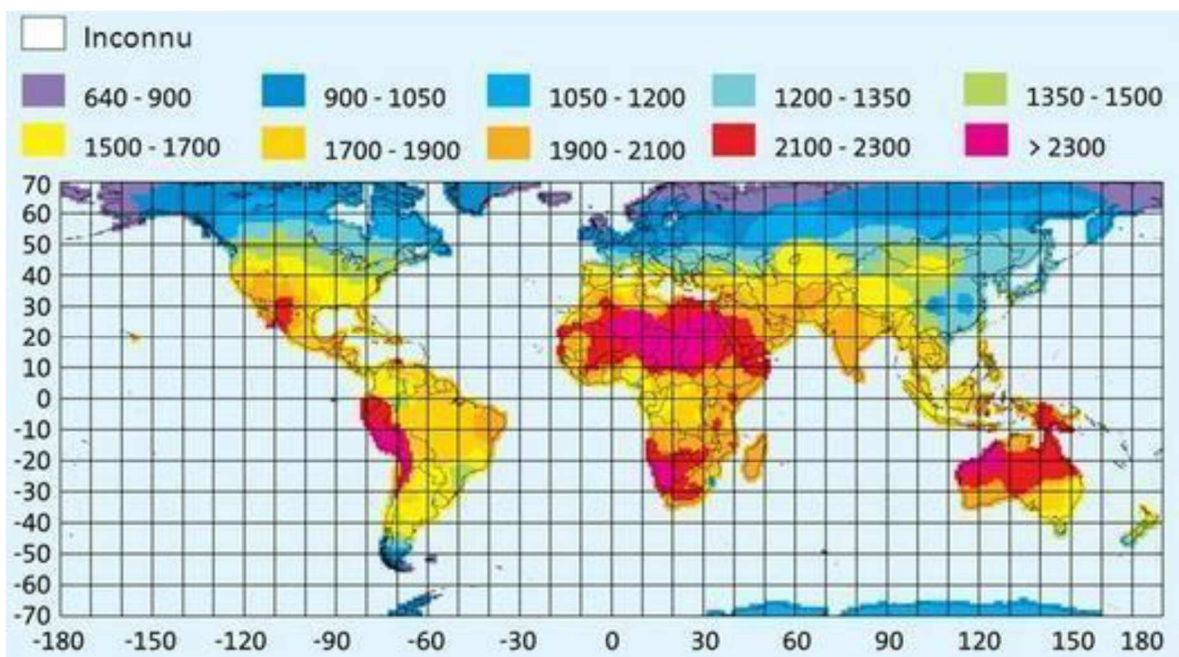


Figure I.10 : le rayonnement solaire moyenne dans le monde en (KWh/m²/an)

Chapitre I : les énergies renouvelables

II.5 Le gisement solaire en Algérie

D'une superficie de 2.381.741 km², l'Algérie présente une diversité de zone climatique qu'on peut classer en trois catégories :

1- Le Tell : climat tempéré humide de type méditerranéen.

2- Les Hautes plaines : climat de type continental.

3- Le Sahara : climat aride et sec.

La zone de Sahara recevant une grande valeur de rayonnement solaire. La zone d'Eloued recevant environ jusqu'à 2000 kWh /m². [16]

La situation géographique de l'Algérie dispose un gisement solaire énorme, L'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque. . La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à HassiR'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau I.2 selon l'ensoleillement reçu annuellement

Tableau I.2 : ensoleillement reçu en Algérie par région climatique [14]

Région	Région côtières	Hautes plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h /an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie (figure I.11)

Chapitre I : les énergies renouvelables

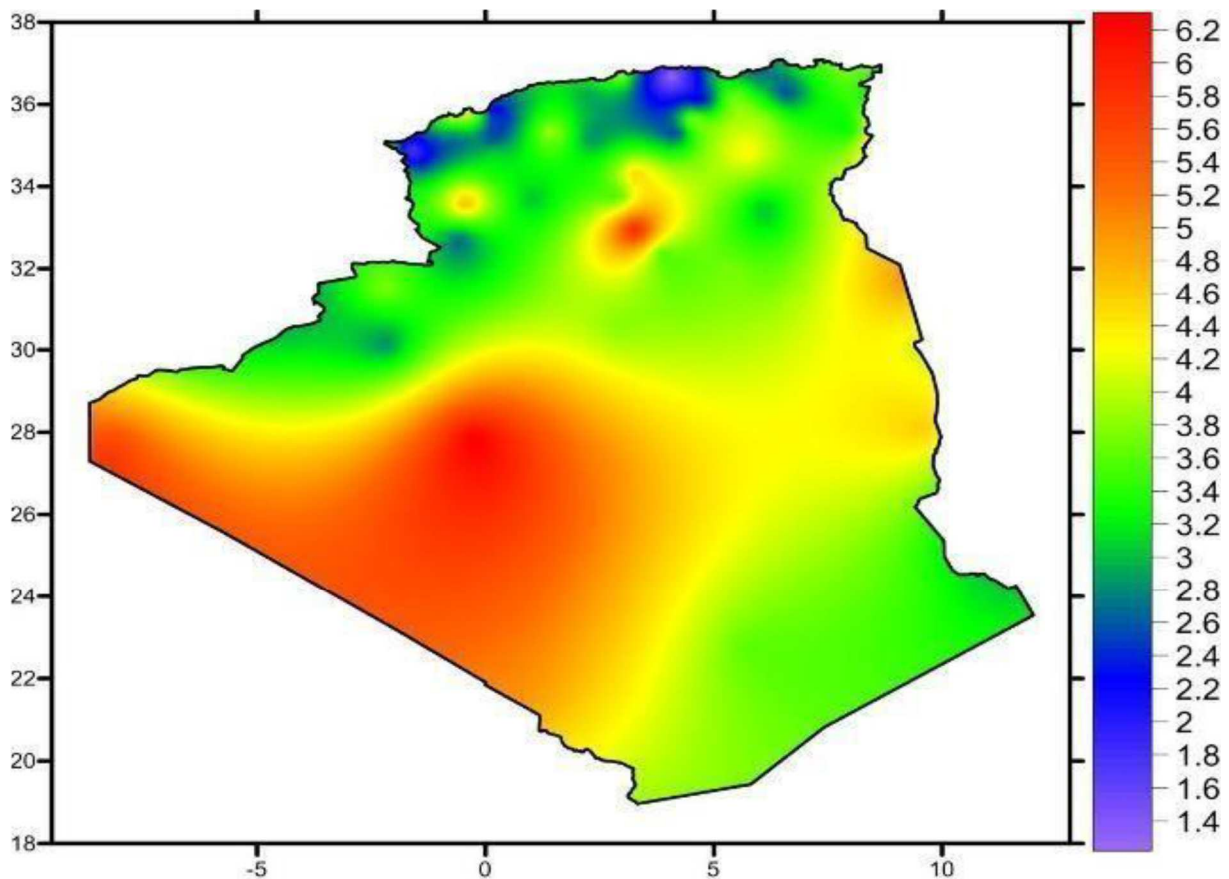


Figure I.11 : le rayonnement solaire moyen journalier en Algérie. Présente par KWh/m² [15].

II.6 L'importance de rayonnement solaire pour le système PV

Les cellules photovoltaïques utilisent l'effet photoélectrique pour produire de l'électricité en courant continu en absorbant le rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité à travers le matériau semi-conducteur porteur de charge.

V. Conclusion

Dans ce chapitre en a deux partie, la première partie nous définit l'énergie renouvelable et les type qui existe dans le monde et en Algérie, dans la deuxième partie en a commencé par le gisement solaire et les caractéristique de soleil avec les rayonnements et aussi le gisement solaire dans le monde et en Algérie. Et on fin nous parlé sur l'importance de rayonnement solaire pour le système PV.

Comme ça en va continu dans le deuxième chapitre sur le système PV.

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

Introduction

L'énergie solaire est l'énergie électrique et thermique produite par le rayonnement solaire, comme suit Différents programmes tels que les capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques. En 1839, Alexandre Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque. Selon On estime que le soleil rayonne 40 000 fois l'énergie de la terre chaque année Les besoins énergétiques humains sous forme de combustibles fossiles. Malgré cela, L'énergie solaire reste un domaine relativement sous-développé. Cependant, la conscience Le collectif en fait l'énergie douce du futur. L'énergie solaire photovoltaïque

I. Historique

En 1839, le physicien français Edmond Becquerel décrit pour la première fois l'effet photovoltaïque, Einstein a expliqué son mécanisme en 1912, mais cela reste une curiosité scientifique Laboratoire jusqu'aux années 1950.

Becquerel a constaté que certains matériaux émettent une petite quantité d'électricité lorsqu'ils fonctionnent Exposez-les à la lumière. Heinrich Hertz (Heinrich Hertz) au début de la En 1870, le rendement en sélénium était d'environ 1 %, et il fut rapidement adopté Photographe comme posemètre. L'équipe des Bell L'abs progresse rapidement dans les années 1950 Qui ont créé la première cellule en silicium cristallin avec une efficacité de 4 % Procédé d'impression Czochralski. L'industrie des semi-conducteurs a apporté d'importantes contributions développement de cellules solaires [17].

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

II. Système photovoltaïque

On appelle un "système photovoltaïque" l'ensemble des composants nécessaire pour alimenter une application en toute fiabilité. La figure II.1 présente un schéma simplifié des différents blocs qui constituent un système photovoltaïque [18].

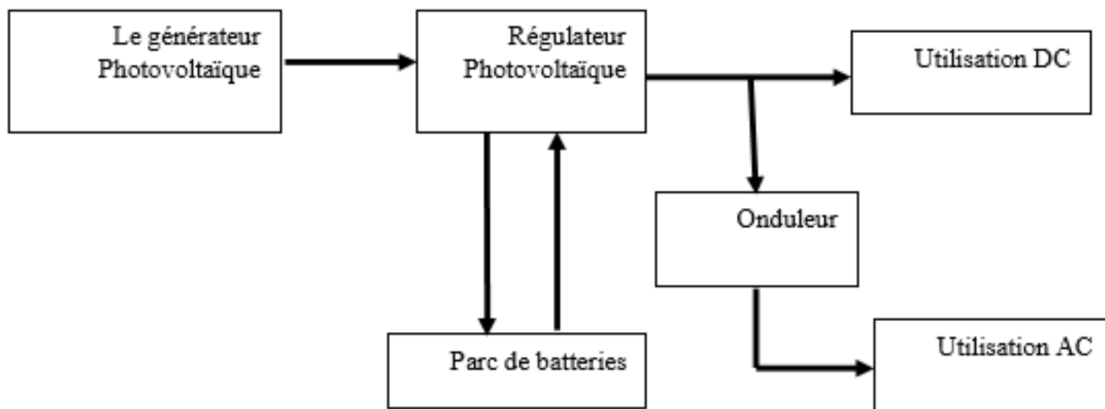


Figure II.1 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque

Un système photovoltaïque est constitué de trois principales parties. La première est consacrée à la production de l'énergie électrique, la seconde partie est pour le contrôle d'énergie, elle oriente celle-ci selon le besoin et la troisième partie sert à l'alimentation les différents récepteurs.

1. Production d'énergie : la partie production d'énergie est composée essentiellement d'un ou plusieurs modules photovoltaïques, qui réalisent la conversion d'énergie solaire en électricité. Un panneau photovoltaïque se compose de petites cellules qui produisent une très faible puissance électrique (1 à 3 W) avec une tension continue de moins de 1V. Ces cellules sont disposées en série et/ou en parallèle pour former un module ou un panneau permettant de produire une puissance plus élevée. Les panneaux sont finalement interconnectés entre eux (en série et/ou en parallèle) pour obtenir un champ photovoltaïque.

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

2. Contrôle d'énergie : la partie contrôle d'énergie est composée d'un système de stockage avec ou sans régulation, plus les câbles de connexions.

3. La partie utilisation : La partie utilisation se compose de plusieurs récepteur (exemple : éclairage, pompage...etc.)

Un module photovoltaïque ne peut pas alimenter seul régulièrement une application. Ceci revient à plusieurs conditions :

- Variation de la quantité de l'éclairement reçue par le module.
- L'énergie électrique fournit par le module photovoltaïque est continue alors qu'il y'a des applications qui nécessitent une énergie alternative.
- Le stockage et la transformation de cette énergie en alternative pour alimenter certaines applications à l'aide d'un onduleur et d'une batterie.

II.1 Générateur photovoltaïque



Figure II.2 : générateur photovoltaïque

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

On appelle générateur photovoltaïque l'ensemble des modules branché en série et/ou en parallèle ou bien mixte.

Le panneau solaire est constitué d'un groupe de cellules solaires, également appelées cellules photovoltaïques. Ces cellules sont disposées en grands groupes appelés tableaux, où ces cellules convertissent l'énergie lumineuse directement en énergie électrique par effet photoélectrique.

La grande majorité des cellules solaires sont fabriquées à partir de silicium - avec une efficacité accrue et un coût réduit car les matériaux vont des formes amorphes (amorphes) aux formes poly cristallines à silicium cristallin (monocristallin). Contrairement aux batteries ou aux piles à combustible, les cellules solaires n'utilisent pas de réactions chimiques ou nécessitent des carburants pour produire de l'énergie électrique, et contrairement aux générateurs électriques, elles n'ont pas de pièces mobiles. [18]

II.2 Le régulateur



Figure II.3 : régulateur photovoltaïque

Le régulateur de charge/décharge est associé à un générateur photovoltaïque, il a pour rôle, entre autres, de contrôler la charge de la batterie et de limiter sa décharge. Sa fonction est primordiale car elle a un impact direct sur la durée de vie de la batterie. [19]

On trouve sur les installations plusieurs technologies de contrôleur de charge :

1. Régulation tout ou rien (TOR) par coupure électromécanique. Ce type de régulateur n'est plus commercialisé et est amené à disparaître.

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

2. Régulation MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) avec deux types de couplage sur la batterie.
3. Couplage direct appelé régulateur "PWM" (Pulse with Modulation).
4. Couplage par adaptateur d'impédance appelé régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking).

II.3 La batterie



Figure II.4 : batterie solaire

La batterie répète de façon cyclique un processus d'accumulation d'énergie (charge) et fourniture d'énergie (décharge) en fonction de la présence ou de l'absence du soleil. Dans ce fonctionnement normal de la batterie on peut trouver deux pôles. [20]

- a. Surcharge** : La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, l'eau contenue à l'intérieur commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification).
- b. Sur décharge** : Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment.

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

II.4 L'onduleur

Est un composant électronique essentiel qui joue un rôle central dans la conversion de l'énergie solaire en électricité utilisable. Il s'agit d'un appareil électrique capable de transformer le courant continu (DC) généré par les panneaux solaires en courant alternatif (AC), qui est le type d'électricité utilisé dans la plupart des foyers et des installations électriques.

1. Conversion du courant continu produit par les modules PV en courant alternatif selon les normes requises.
2. Amélioration de l'efficacité et la stabilisation en recherchant constamment le point de puissance le plus élevé par rapport au flux lumineux (MPP)
3. Protection de l'installation et du réseau contre toutes anomalies dangereuses (écart de tension, fuite de courant, etc.). Les onduleurs disposent d'un système de coupure automatique appelé : ENS (selon la norme allemande DIN VDE 0126)
4. Vérification du fonctionnement général de l'installation et des signaux anormaux : transmission des données, indicateur de performance, affichage des messages d'erreur.

II.5 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque

L'énergie électrique produite dans le panneau solaire sera transférée vers le régulateur qui optimise la charge et la décharge de la batterie suivant sa capacité ce qui assure sa protection. L'énergie arrivé à l'onduleur est transformée du continue vers l'alternative pour alimenter les récepteurs AC.

II.6 Classification du système solaire photovoltaïque

Les systèmes de production d'énergie solaire photovoltaïque peuvent être divisés en systèmes photovoltaïques indépendants, systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectés au réseau.

a. Le système de production d'énergie photovoltaïque indépendant, également appelé système photovoltaïque hors réseau. Il est principalement composé de modules solaires, de contrôleurs

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

et de batteries. Si des charges AC doivent être fournies, un onduleur doit également être configuré. Une centrale photovoltaïque indépendante comprend des systèmes photovoltaïques tels que des systèmes d'alimentation électrique de village dans des zones reculées, des systèmes de production d'énergie solaire domestiques, des alimentations de signaux de communication, une protection cathodique et des lampadaires solaires.

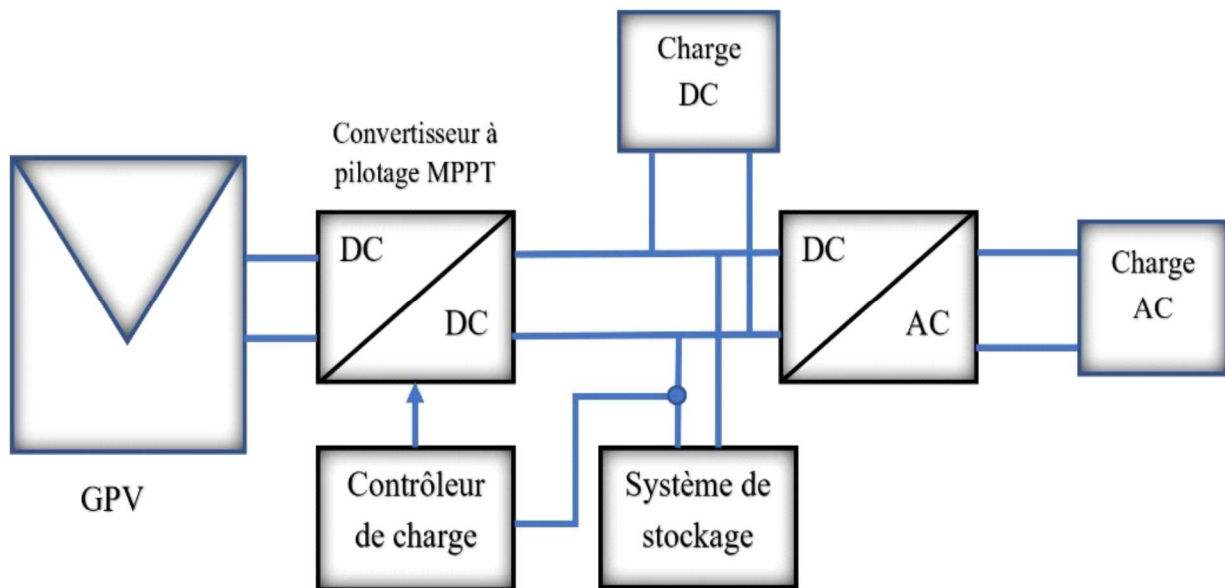


Figure II.5 : Installation photovoltaïque autonome

Selon les caractéristiques de la charge, les systèmes photovoltaïques indépendants peuvent être divisés en systèmes DC, systèmes AC et systèmes hybrides DC-AC. La principale différence est de savoir si le système a un onduleur ou non. D'une manière générale, il se compose d'un panneau solaire, d'un contrôleur, d'une batterie, d'un onduleur DC/AC.

b. Un système photovoltaïque (PV) relié au réseau est un ensemble de panneaux solaires qui génère de l'électricité à partir du soleil et la transfère directement dans le réseau électrique public. Les panneaux solaires captent la lumière du soleil pour produire de l'électricité, une partie de laquelle est utilisée pour alimenter la maison ou le bâtiment, tandis que le surplus est injecté dans le réseau. Un compteur bidirectionnel mesure la consommation et l'injection d'électricité, permettant aux propriétaires de réduire leur facture d'électricité en obtenant des crédits d'électricité pour l'excédent produit. Ces systèmes contribuent à la transition vers une

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

énergie propre, tout en offrant des avantages environnementaux et économiques, et sont essentiels pour augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique. [22]

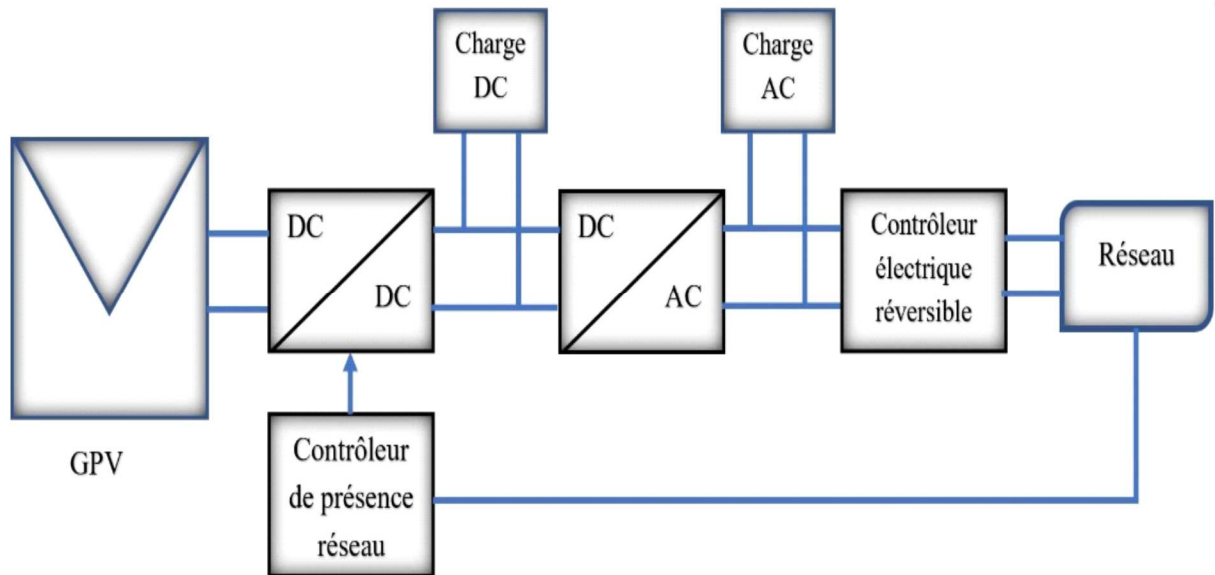


Figure II.6 : Installation photovoltaïque couplée au réseau

III. Avantages et inconvénients du système

Chaque pièce a deux faces, pour le système solaire photovoltaïque, il y a aussi des avantages et des inconvénients. Mais en un mot, le système solaire photovoltaïque est assez bon pour le développement humain.

III.1 Avantages

- L'énergie solaire est inépuisable et le rayonnement solaire reçu par la surface de la terre peut répondre à environ 10 000 fois la demande énergétique mondiale. Tant que des systèmes solaires photovoltaïques sont installés dans 4% des zones désertiques du monde, l'électricité produite peut répondre à la demande mondiale.
- L'énergie solaire est sûre, fiable et non affectée par les crises énergétiques ou l'instabilité du marché des carburants.

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

- L'énergie solaire est partout. Alimentation électrique à proximité, sans transmission de puissance longue distance, pour éviter la perte de ligne de transmission longue distance.
- L'énergie solaire est sans carburant et à de faibles coûts d'exploitation.
- Pas de pièces mobiles, pas facile à endommager, facile à entretenir, particulièrement adapté à une utilisation sans surveillance.
- Le système solaire photovoltaïque ne produit pas de déchets, pas de pollution, pas de pollution sonore et pas d'effets néfastes sur l'environnement. C'est une énergie propre idéale.
- Le système solaire photovoltaïque à une courte période de construction, est pratique et flexible, et peut être augmenté ou diminué en fonction de la charge et de la capacité solaire de la place pour éviter le gaspillage.

III.2 Inconvénients

- La production d'électricité et les conditions météorologiques sont intermittente et aléatoires, et l'épandage ne peut pas ou se produit rarement la nuit ou les jours de pluie.
- Le taux de conversion est faible, le système doit fonctionner dans des conditions standards, et l'intensité du rayonnement solaire reçu par le sol est de 1000W/m^2 . Il doit occuper une grande surface.
- Le prix est plus cher. C'est 3 à 15 fois plus que la production d'électricité conventionnelle, et l'investissement initial est élevé. [23]

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

IV.1 Module photovoltaïque

Le module PV (un panneau solaire PV) est constitué par plusieurs cellule PV, sois en série, sois en parallèle pour délivré plus de puissance.

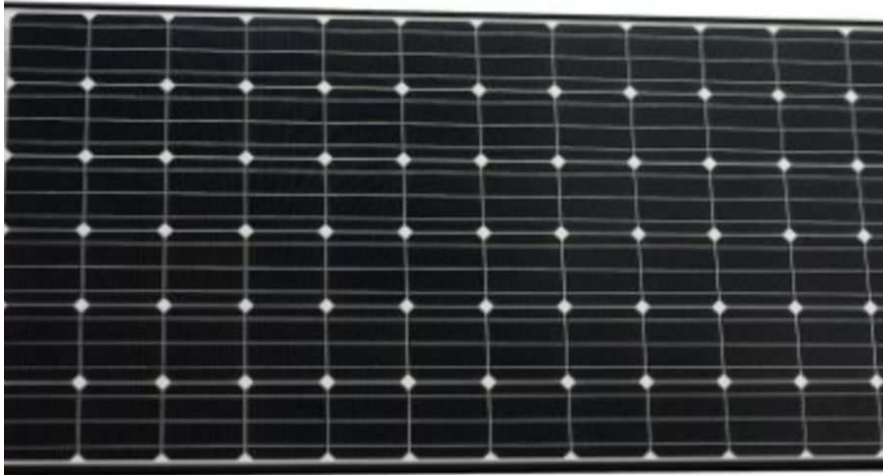


Figure II.7 : Module photovoltaïque

IV.2 Composition d'un module solaire photovoltaïque

Un module solaire photovoltaïque est composé généralement de six éléments (figure II.8)

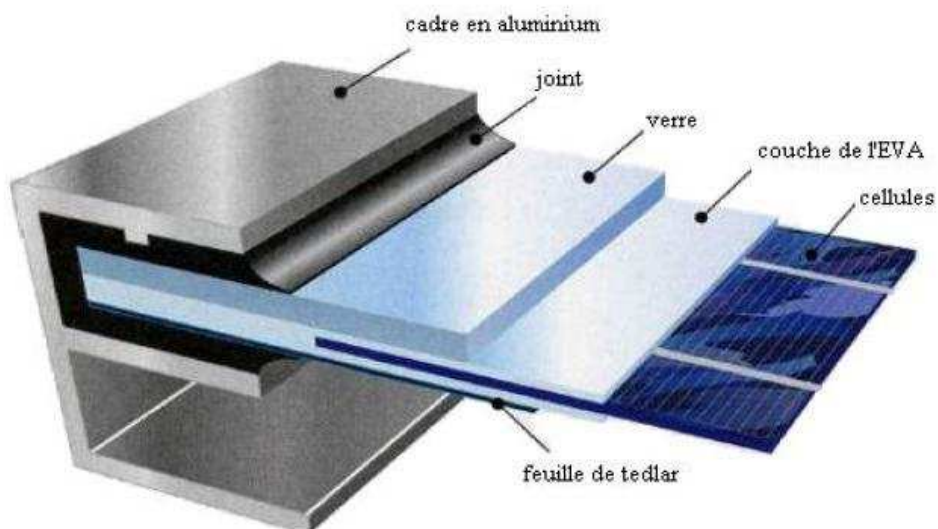


Figure II.8 : Composition d'un module solaire photovoltaïque

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

- Cadre en aluminium.
- Joint pour fixer le module.
- Verre : pour la protection du module.
- Couche de l'EVA (EVA : éthylène-acétate de vinyle) : pour résister aux intempéries et à l'humidité.
- Cellules photovoltaïque.
- Feuille de Tedlar blanc : pour plus de résistance mécanique des grands modules.

IV.3 Les différents types de panneaux

a. Les panneaux PV avec des cellules monocristallines

Les panneaux PV avec des cellules monocristallines sont des photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal

Son procédé de fabrication est long et exigeant en énergie, plus onéreux, il est cependant Plus efficace que le silicium poly-cristallin. Du silicium à l'état brut est fondu pour créer un barreau. Lorsque le refroidissement du silicium est lent et maîtrisé, on obtient un monocristal. Un Wafer (substrat de silicium) est alors découpé dans le barreau de silicium. Après divers traitements (traitement de surface à l'acide, dopage et création de la jonction p-n dépôt de Couche anti reflet, pose des collecteurs), le wafer devient une cellule. Les cellules sont rondes ou presque carrées et vues de près, elles ont une couleur uniforme. Elles ont un rendement de 12 à 18%, mais la méthode de production est laborieuse.

b- Les panneaux PV avec des cellules poly-cristallines

Les panneaux PV avec des cellules poly cristallines sont élaborés à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vus de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes). Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines. Ces cellules, grâce à leur

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

potentiel de gain de productivité, se sont aujourd'hui imposées. L'avantage de ces cellules par rapport au silicium monocristallin est qu'elles produisent peu de déchets de coupe et qu'elles nécessitent 2 à 3 fois moins d'énergie pour leur fabrication. Le wafer est scié dans un barreau de silicium dont le refroidissement forcé a créé une structure Poly-cristalline.

c- Les modules photovoltaïques amorphes

Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, Mais malheureusement leur rendement n'est que 6 à 8% actuellement. Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. Le rendement de ces panneaux est moins bon que celui des technologies poly cristallines ou monocristallines. Cependant, le silicium amorphe permet de produire des panneaux de grande surface à bas coût en utilisant peu de matière première.

IV.4 Caractéristiques d'un module PV

- La puissance de crête, P_c : Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000 W/m^2).
- La caractéristique I/V : Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.
- Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil " .
- Point de fonctionnement optimum, (U_m, I_m) : Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = U_m * I_m$.
- Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.
- Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $VOC * I_{cc}$. [27]

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

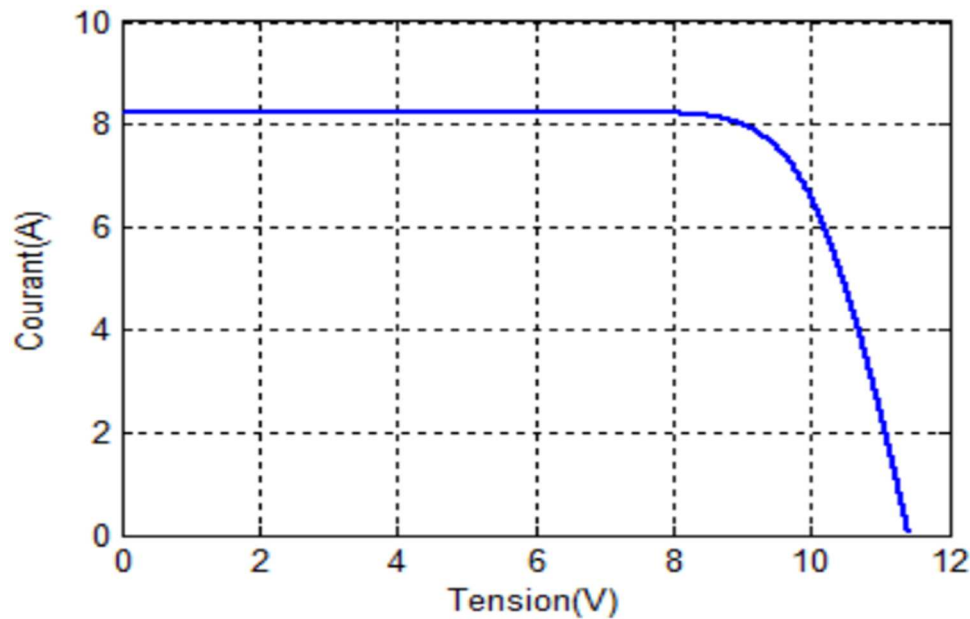


Figure II .9 : Caractéristiques d'un module PV

V. Cellule photovoltaïque

V.1 Définition de la cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque, ou cellule solaire, est un composant électronique qui, exposé à la lumière, produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque. La puissance obtenue est proportionnelle à la puissance lumineuse incidente et dépend du rendement de la cellule. Celle-ci délivre une tension continue et un courant la traverse dès qu'elle est connectée à une charge électrique (en général un onduleur, parfois une simple batterie électrique). [24]



Figure II.10 : La cellule photovoltaïque

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

V.2 Structure d'une cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque est une photodiode optimisée pour produire un flux de courant d'électrons en réponse à une irradiation par une lumière utilisant l'effet photovoltaïque. La jonction par laquelle la lumière pénètre dans le semi-conducteur doit être suffisamment mince pour passer la plupart de la lumière sur la région active (région d'appauvrissement) où la lumière est convertie en paires électrons/ trous La figure montre un schéma électrique d'une cellule solaire. [25]

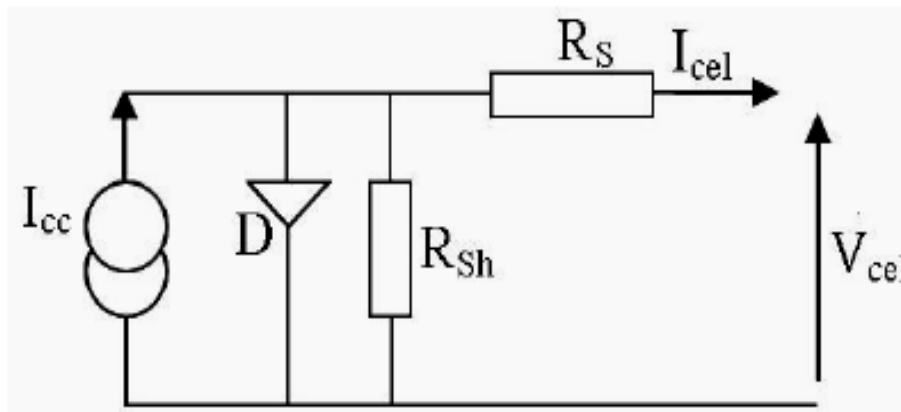


Figure II.11 : Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque

V.3 Rendement

Le rendement de la cellule PV est un des critères de qualité de ce type de capteur. Ainsi, cette mesure est effectuée selon des normes précises en fixant un type de spectre lumineux, une pression et une température de fonctionnement. Nous parlons ici uniquement du rendement global de conversion d'énergie des photons en électrons traduit par la puissance électrique délivrée par les cellules PV, par rapport à un éclairement de 1000 W/m^2 de type AM1.5 pour pouvoir ainsi effectuer des comparaisons objectives des diverses performances de cellules.

Le rendement dépend du matériau utilisé et des pertes liées à la technologie mise en œuvre pour réaliser une cellule. Parmi les matériaux les plus utilisés et en raison de son faible coût, on trouve le silicium (Si) sous ses différentes formes cristallines (monocristallin, poly cristallin ou bien amorphe), Les panneaux PV avec des cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, Ils sont composés de cristaux de silicium de grande pureté. [26]

Chapitre II : systèmes photovoltaïques

V.4 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire

Trois phénomènes physiques de base traduisent le fonctionnement d'une cellule solaire :

a. L'Absorption des photons : les photons dont l'énergie est supérieure ou égale au gap ($h\nu \geq E_g$) sont absorbés par le semi-conducteur.

b. La Création de paires électrons/trous : les photons incidents créent des paires électrons trous dans chacune des régions N, P et ZCE. Le comportement de ces porteurs libres diffère suivant le lieu de leur création

- Dans les régions neutres P et N : Les photo-porteurs minoritaires coté P passent vers le coté N à l'aide d'un champ électrique crée à l'intérieure de la ZCE et deviennent majoritaires. Ces photo-porteurs contribuent donc au courant par leur diffusion, ils créent un photo-courant de diffusion.

- Dans la zone de charge d'espace ZCE : Les paires électrons-trous créées par les photons sont dissociées par le champ électrique ; l'électron est propulsé vers la région N et le trou vers la région de type P. Ces porteurs donnent naissance à un photo-courant de génération.

c. La Collecte : sans perte des porteurs créés et séparés par le champ électrique interne du dispositif (cellule à homojonction ou à hétérojonction) sont récoltés par des électrodes dans un circuit électrique extérieur à travers une charge R_c . Un courant I la parcourt et une différence de potentiel apparaît

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué c'est quoi un système photovoltaïque et les éléments qu'il le constitue, et on a définie c'est quoi une cellule solaire et Principe de fonctionnement. et nous avons parlé des différents caractéristiques d'un générateur photovoltaïque, et on constate que la puissance ne dépende pas seulement de la température mais dépende aussi de l'éclairement.

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

Introduction

Les générateurs photovoltaïques sont les seuls convertisseurs directs qui convertissent l'énergie lumineuse en électricité et offrent la possibilité de produire directement de l'électricité à partir de ressources renouvelables largement disponibles.

Les systèmes photovoltaïques sont utilisés dans un large éventail de domaines et sont disponibles dans une variété de configurations autonomes et connectées au réseau.

Les applications solaires comprennent le pompage de l'eau, la réfrigération, la climatisation, les sources lumineuses, les véhicules électriques, les centrales photovoltaïques, les utilisations militaires, l'espace et les systèmes hybrides. [28]

A travers ce chapitre, nous essayons de souligner l'importance du diagnostic des systèmes PV défectueux. L'objectif est d'aider les concepteurs ou les mainteneurs à mieux comprendre les problèmes de défaillance affectant les équipements photovoltaïques.

I. Diagnostique d'une installation photovoltaïque

Les lacunes rencontrées par les installations photovoltaïques existent également dans leur conception, leur installation et leur exploitation. Il est alors de leur responsabilité de réduire voire d'arrêter complètement la production PV. Une bonne compréhension des différentes pannes possibles peut assurer une bonne maintenance du système PV.

Les tableaux ont été établis en considérant le type du défaut, ETSA conséquence principale [29]

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

I.1. Défauts dans le générateur photovoltaïque

Tableau III.1 : Défauts du générateur photovoltaïque

Défaut	Conséquences
Salissure (pollution, sable, neige)	Perte de puissance
Module mal ou pas ventilé	Échauffement
Module mal fixé	Déplacement du module, diminution des performances
Dégradation des modules par vandalisme	Diminution des performances, Non fonctionnement de l'installation
Fissure	Perte d'étanchéité, détérioration des cellules, diminution des performances
Inversion des liaisons de sortie	Module mal câblé, diminution des performances
Modules non câblés	Diminution des performances
Foudre	Détérioration des modules
Modules de performances différentes	Diminution des performances du champ
Boîte de connexion montée à l'envers	Entrée d'eau dans le boîtier par le presse-étoupe
Mauvaise isolation entre modules et onduleur	Court-circuit, destruction du module, incendie
Inclinaison des modules trop faible	Stagnation d'eau, dépôt de terre, prolifération de champignons, problème d'étanchéité

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque



Figure III.1 : défaut de Salissure dans le panneau PV

a. Fissuration des cellules

Les fissures peuvent survenir à tout moment. Cela peut être causé par une mauvaise manipulation et des vibrations pendant le processus de fabrication ou pendant l'emballage et l'expédition. Le processus d'installation est une autre raison de ce problème. [28]

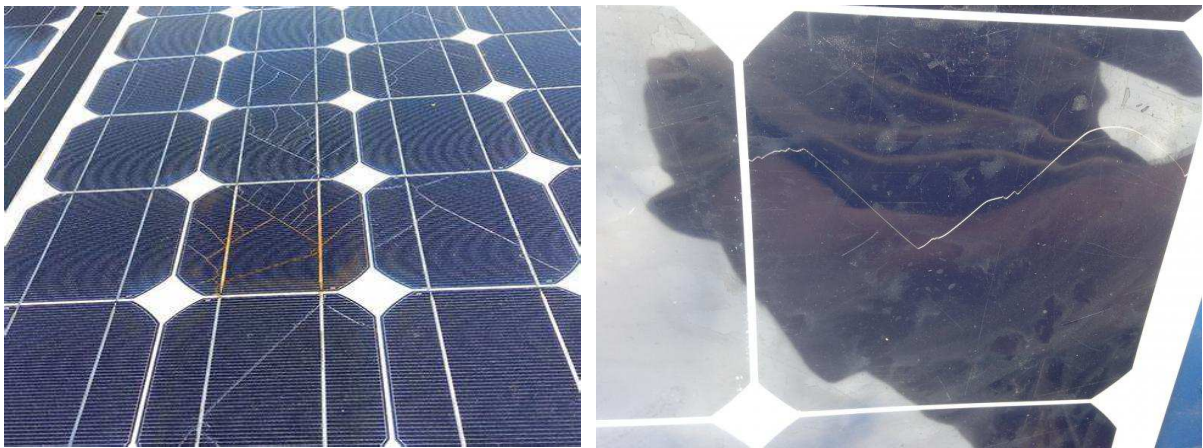


Figure III.2 : défaut de Fissure dans le panneau PV

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

b. Défaut d'ombrage

Il existe deux types d'ombrage : l'ombrage complet et l'ombrage partiel. Un ombrage complet empêche tout rayonnement d'atteindre la cellule PV, tandis qu'un ombrage partiel empêche le rayonnement d'atteindre seulement une partie de la cellule PV (cheminées, arbres, poussière, neige, etc.).



Figure III.3 : défaut d'Ombrage dans le panneau PV



Figure III.4 : défaut de délaminage

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

I.2 Défauts de l'onduleur

Tableau III.2 : Défauts de l'onduleur

Défaut	Conséquences
Onduleur installé dans un lieu non étanche	Panne de l'onduleur
Mauvais choix de la tension nominale d'entrée	Diminution des performances
Dégradation à cause de la chaleur	Détérioration de l'onduleur, des connexions
Surtension	Déconnexion de l'onduleur
Onduleur sous dimensionné	Destruction de l'onduleur
Faux contact	Arrêt de l'onduleur
Surchauffe des onduleurs	Diminution des performances
Défaut d'isolement	Détérioration de l'onduleur
Foudre sur le réseau	Surtension, destruction de l'onduleur

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque



Figure III.5 : quelque défaut de l'onduleur

I.3 Défauts dans le système de protection

Tableau III.3 : Défauts du système de protection

Défaut	Conséquences
Vieillessement des disjoncteurs	Non fonctionnement des disjoncteurs
Diode mal connectée	Non fonctionnement des diodes, absence de protection contre les courants inverses
Parafoudre non connecté à la terre	Pas de protection
Inversion de la polarité des diodes au montage	Non fonctionnement des diodes, court-circuit, hot spot

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

Absence de protection contre les courants inverses	Hot spot, destruction des diodes, échauffement de la boîte de jonction
Disjoncteur différentiel non conforme à la norme	Non déclenchement, tension entre neutre et terre
Phénomènes de résonance	Non fonctionnement des fusibles et des protections de surtension
Interrupteur, disjoncteur inapproprié	Arc électrique, incendie, destruction à l'ouverture

I.4 Défaut dans le système de câblage

Tableau 3.4 : Les différents défauts dans le système de câblage

Défaut	Conséquences
Câbles non fixes	Boucle de câblage, circuit ouvert
Mauvais dimensionnement des câbles	Chute de tension > 3%, échauffement
Mauvais câblage	Court-circuit, claquage des diodes antiretour, destruction des connecteurs (circuit ouvert), aléas de fonctionnement sur disjoncteur
Câble mal dénudé	Mauvais câblage, faux contacts, circuit ouvert, arc électrique
Modification du câblage par l'utilisateur non compétent ouvert, arc électrique	Mauvais câblage, faux contacts, circuit ouvert, arc électrique
Câble rongé par des rats	Faux contacts, circuit ouvert, arc électrique

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque



Figure III.6 : quelque défaut dans le système de câblage

II. Problèmes rencontrés dans un système photovoltaïque

Voici une liste des problèmes que nous pouvons rencontrer avec des panneaux solaires.

II.1 Les problèmes liés aux panneaux solaires

Vérifiez-le vous-même. Si nous avons vérifié l'onduleur et n'avons rien trouvé d'inhabituel, le problème peut provenir directement de nos panneaux photovoltaïques. Voici les situations les plus courantes que nous rencontrerons.

a. Panneau solaire qui baisse en rendement

C'est la panne la plus courante associée aux panneaux solaires. Si nous constatons que notre production d'électricité a diminué, mais que l'onduleur fonctionne correctement, il se peut qu'il y ait un problème avec nos panneaux solaires.

✓ D'un simple souci d'ombrage

✓ Notre installation peut être partiellement recouverte de feuilles ou de branches.

✓ La végétation peut avoir poussé fortement, et sans que nous en rendiez compte, recouvre désormais nos panneaux.

✓ D'un problème d'étanchéité.

✓ Vos panneaux sont peut-être endommagés par des infiltrations.

✓ D'un encrassement de nos modules.

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

✓ Nous reviendrons plus en détail sur ce point.

Si nous avons vérifié tous ces points et que nos performances sont encore faibles, nous sommes en droit de nous poser des questions. En effet, Si nous constatons que notre rendement solaire est insuffisant par rapport à ce qui est mentionné dans le devis, il peut y avoir des vices cachés ou une malfaçon de notre installation.

b. Jaunissement et brunissement « la décoloration »

Les panneaux solaires photovoltaïques sont constitués de plusieurs couches équivalentes à mille feuilles. Il y a d'abord le verre de protection transparent (verre, pyrex, téflon...). Ensuite, il y a une feuille transparente généralement en EVA (éthylène acétate de vinyle), dont le rôle fondamental est de fournir une isolation galvanique (électrique). Cellule de silicium Deuxième couche de feuille transparente d'EVA Sous l'action de la lumière UV et de l'humidité, l'EVA se décompose et produit de l'acide acétique (également appelé acide acétique), ce qui réduit le pH du composé EVAPVF (polyfluorospaht), Augmentant ainsi la corrosion. Ces gênes se manifestent par un jaunissement des panneaux solaires, Qui à ce stade est encore avant tout esthétique. "Si le jaunissement provoque un manque d'adhérence entre le matériau d'enrobage polymère et les cellules du module, cela pourrait alors devenir un problème." Au stade du brunissement, La corrosion a déjà commencé à se produire : les cellules photovoltaïques sont attaquées et risquent de perdre de leur puissance. Des études ont déterminé que la cause principale de ce défaut est l'exposition au rayonnement UV combinée avec l'eau à des températures supérieures à 50 Co ce qui provoque une modification de la structure chimique du polymère.

c .Panneau solaire endommagé

Les panneaux solaires sont conçus pour résister aux aléas climatiques, Y compris les grosses tempêtes de grêle. Cependant, Si nous constatons que ces pièces ont été endommagées suite à un choc trop important, Faites immédiatement appel à un professionnel afin qu'il évalue les conséquences de cet impact sur notre installation.

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

d. Panneau solaire encrassé dans certaines régions

Nos panneaux solaires peuvent se salir avec le temps. C'est le cas des zones géographiques exposées à des substances volatiles telles que le sable, Les poussières fines, etc. Si tel est le cas, Un nettoyage en profondeur des panneaux devrait leur permettre de générer plus de puissance. Nous apprécions procéder au nettoyage de nos panneaux solaires nous-mêmes, Uniquement si nos panneaux sont accessibles avec un balai télescopique. Dans ce cas, Utilisez un chiffon doux et de l'eau tiède. S'il n'est pas accessible, ne montez pas sur le toit pour des raisons de sécurité. Engageons un professionnel et il utilisera tout le matériel nécessaire pour nettoyer nos panneaux sans rien risquer.

e. Panneau solaire qui prend feu

Les panneaux solaires eux-mêmes ne provoquent pas d'incendies. D'autre part, dans de rares cas et uniquement en cas d'installation incorrecte, des incendies peuvent se produire.

Pour éviter que cela ne se produise chez vous, il est important que votre installation soit effectuée par un professionnel qualifié et certifié. La sécurité de votre maison est menacée.

f. Panneau solaire qui ne fonctionne plus

Il existe un certain nombre de raisons qui peuvent causer des problèmes avec les panneaux solaires. Même si la panne la plus courante est l'onduleur solaire, les panneaux eux-mêmes peuvent tomber en panne ou se dégrader en termes de performances. Certains problèmes peuvent être résolus par eux-mêmes, mais nous devons souvent faire appel à un professionnel pour diagnostiquer exactement la cause du problème avec notre panneau. Le plus important à retenir est que nous ne devons jamais vous mettre dans une situation dangereuse pour réparer nos panneaux solaires. [30]

II.2 Les problèmes d'onduleur photovoltaïque

Ce problème est en tête de liste Lorsque nous constatons une anomalie d'origine électrique, le problème provient souvent de notre onduleur photovoltaïque. Son dysfonctionnement est la cause n°1 des dépannages solaires. Constitué en grande majorité de composants électroniques, notre onduleur peut parfois mal résister aux intempéries. Voici les soucis les plus fréquents que nous pouvons rencontrer avec notre onduleur.

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

a. Onduleur qui clignote en rouge

Lorsque le voyant de notre onduleur clignote rouge, c'est qu'il est éteint. La raison est le plus souvent un problème de connectique, qui entraîne l'arrêt de son alimentation électrique. Il peut s'agir par exemple d'un câble mal connecté.

S'agissant de composants électriques, il est préférable pour vous de ne pas tenter de le réparer seul et d'appeler l'installateur qui s'est chargé de la pose de nos panneaux solaires. Celui-ci peut effectuer des vérifications et remettre notre installation en route.

Sachez qu'en cas de dysfonctionnement interne de notre onduleur, nous sommes normalement protégés par la garantie du fabricant.

b. Onduleur qui a reçu un choc :

Si notre onduleur a été percuté ou qu'il est tombé, celui-ci n'est pas forcément cassé. En effet, ces appareils sont conçus pour être capables de résister, dans une certaine mesure, à ce genre de situations.

Si malgré tout, notre onduleur est abîmé à la suite d'un choc, il est possible que, nous puissions le faire réparer en commandant des pièces détachées. Tournons-nous vers un professionnel afin d'être certain de ne pas l'endommager davantage avec de mauvaises manipulations.

c. Onduleur en surtension :

Bien que ces appareils soient conçus pour résister à des tensions importantes, une surtension trop forte peut faire griller les circuits internes de l'onduleur.

3.1.4 Onduleur qui ne fonctionne plus :

Il peut arriver que notre onduleur ne fonctionne plus, sans raison apparente. Dans ce cas, inutile de tergiverser : nous devons faire appel à un professionnel. En effet, Si nous essayons de trouver tout seul la solution à notre problème d'onduleur, nous pouvons mettre en danger en raison des composants électriques qui entourent l'appareil. Ne Les mesures de sécurité vont donc être respectées, et le diagnostic sera de qualité [31]

II.3 Problèmes d'une batterie solaires

Les quatre principaux mécanismes de dégradation de la batterie solaire pendant les conditions de fonctionnement sont. [32]

a. Sulfatation

Le phénomène dit de sulfatation irréversible désigne la présence de cristaux de sulfate de plomb non rechargeables dans les matières actives positives et négatives. Du sulfate de plomb se forme

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

pendant la phase de décharge de la batterie. Lorsque la batterie est maintenue à un faible état de charge, le processus de recristallisation des cristaux de sulfate de plomb se produit et affecte. Il se caractérise par des cristaux de $PbSO_4$ plus gros au niveau des plaques positives et négatives, moins connectés à la matière active ; ils ne sont donc plus rechargeables. Cela se traduit par une perte de capacité.

b. Corrosion

Lorsqu'une batterie plomb-acide est dans un état de haute tension (fin de charge ou surcharge), l'oxygène produit au niveau de la plaque positive conduit à la formation d'une couche d'oxyde à l'interface entre le collecteur de courant, ou grille, et la masse active (voir la figure). Une couche de corrosion similaire se forme lorsque la batterie est laissée dans des conditions de circuit ouvert pendant une longue période. La couche de corrosion est résistive ce qui affecte la collecte de courant par la grille.

Il y a de nombreuses conséquences telles que :

- Diminution des échanges électroniques (la couche forme une barrière à la diffusion ionique).
- Augmentation de la résistance interne.
- Diminution de l'acceptation de la charge.
- Diminution de la capacité de la batterie.
- Conséquences mécaniques.
- Les grilles deviennent

c. Stratification de l'électrolyte

La stratification électrolytique fait référence au gradient vertical de concentration d'acide sulfurique dû au fonctionnement de la batterie. L'acide sulfurique pur formé pendant la phase de charge a une densité plus élevée que l'électrolyte brut et a tendance à tomber au fond de la batterie. Ce phénomène facilite la décharge profonde et la charge, mais diminue pendant la surcharge car l'électrolyte est mélangé avec des bulles d'oxygène et d'hydrogène.

La stratification dépend également des caractéristiques de la batterie telles que :

grille (les cellules avec des grilles de plomb-antimoine sont moins sujettes à la délamination); la géométrie de la corrosion de la plaque (la hauteur de la plaque favorise la délamination) et le

Chapitre III : Diagnostique et défauts d'une installation photovoltaïque

degré de compression de l'empilement de plaques (les séparateurs ralentissent le flux d'acide vers le bas de la cellule).

La stratification de l'électrolyte entraîne une perte de capacité (bas partie de la batterie moins rechargée) et à la formation de cristaux de sulfate de plomb irréversibles.

d. Adoucissement de la masse active

Lorsqu'une batterie est soumise à des cycles successifs de charge / décharge, des variations de volume répétées de la masse active créent des changements dans sa morphologie comme une modification de la cohésion, de la distribution des oxydes de plomb (PbO_2) et de la taille des cristaux. Ces changements conduisent à un relâchement de la connexion entre les agrégats de dioxyde de plomb et à un ramollissement de la masse active.

La première conséquence est une perte de capacité provoquée par une moindre participation de cette masse active aux réactions électrochimiques. La situation extrême est obtenue lorsqu'il n'y a plus de connexion entre les agrégats et qu'ils tombent au fond du conteneur de batterie, Ce processus est appelé effusion.

e. Observation

La maintenance corrective de la batterie consistait à nettoyer les électrodes de la batterie qui présentaient des dépôts avec des brosses métalliques et le courant n'a pas été déconnecté pendant le processus de maintenance.



Figure III.7 : Nettoyage détartrant

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

III. Maintenance du système solaire photovoltaïque

La maintenance est également une partie importante des systèmes photovoltaïques. Étant donné que toutes les pièces du système sont endommagées, Le système ne fonctionnera pas correctement et le système est relativement volumineux. Le personnel doit donc effectuer une maintenance régulière pour s'assurer que le système peut fonctionner comme prévu. Si le système n'est pas entretenu, en cas de problème, Il peut être coûteux de le réparer et cela peut prendre beaucoup de temps. Un entretien régulier peut empêcher que cela se produise. [33]

III.1 Conditions de réglage

Les facteurs de conception du système solaire photovoltaïque sont les suivants :

1. Nécessité de tenir compte de l'utilisation des lieux des systèmes solaires photovoltaïques et des conditions de rayonnement solaire ;
2. Nécessité d'examiner la quantité de puissance de charge qui doit être transportée par le système solaire photovoltaïque ;
3. Pour la tension de sortie du système, l'utilisation d'une alimentation DC ou AC doit être envisagée ;
4. Le nombre d'heures par jour dont les systèmes ont besoin pour fonctionner ;
5. S'il n'y a pas de lumière solaire par temps de pluie, combien de jours le système doit-il fournir en continu ?
6. Il convient de déterminer si le cas de la charge est purement résistif, capacitif ou inductif, la taille du courant de démarrage.

III.2. Établir un bon système de gestion des documents techniques :

1. Établir un système pour la conception des équipements de la centrale électrique et les dessins de construction et les fichiers de documents techniques.
2. Établir un système pour les systèmes de gestion de l'information des usines.
3. Établir un système pour l'exploitation des centrales électriques des archives.
4. Établir un système d'analyse des opérations.

Chapitre III : Diagnostic et défauts d'une installation photovoltaïque

Chaque station doit constituer un dossier de documentation technique complet et la personne qui est responsable de la mise en place de la gestion des dossiers de technologie des centrales électriques pour fournir un support technique solide des données sous-jacentes.

III.3 Entretien des composants

Dans les grandes zones sablonneuses, essayons périodiquement les composants du système pour assurer le bon fonctionnement du système. Essayons la surface de la pièce avec un chiffon doux, n'utilisons jamais de chiffon dur et rugueux. Et vérifions régulièrement les composants et le câblage pour éviter les problèmes avant qu'ils ne surviennent. Prenons des notes après avoir examiné le système en détail. Remplaçons ou réparons ces pièces en fonction de la situation réelle.

III.4 Former les ouvriers de maintenance

La formation vise principalement deux aspects du personnel, l'un d'entre eux est la formation du personnel professionnel et technique pour ces problèmes majeurs et difficiles et la gestion de la maintenance des opérations. Et organiser ces personnes pour faire la formation professionnelle et faire des recherches sujettes spéciales.

Deuxièmement, la formation de ces opérateurs de système est importante, et la quasi-totalité de ces personnes sont les trucs locaux. Mais généralement, le personnel local n'aura pas trop de connaissances professionnelles en matière d'énergie solaire. Photovoltaïque, ils doivent donc être formés avec les connaissances de base.

Conclusion

Ce chapitre a été principalement consacré à deux parties : une première partie concerne les principaux défauts et pannes d'un système PV. Dans la deuxième partie, et on à faire une entrée à la maintenance et la protection de la chaine PV.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Introduction

La méthode de dimensionnement consiste à déterminer d'abord la puissance crête d'un panneau photovoltaïque qui fournit l'énergie électrique nécessaire pendant la journée. Elle consiste à déterminer la période de besoin en électricité, et la consommation requise. Cette étape comporte peu de calculs, mais demande relativement beaucoup de réflexion car une erreur à ce stade peut rendre l'installation photovoltaïque obsolète.

I. Présentation du site

Elle abrite un pôle universitaire où 9 000 étudiants poursuivent leurs études supérieures notamment en sociologie, architecture, psychologie, agronomie, sciences et technologies, mathématiques et informatique, biologie, sciences de la terre et de l'univers et sciences humaines et médecine...ect

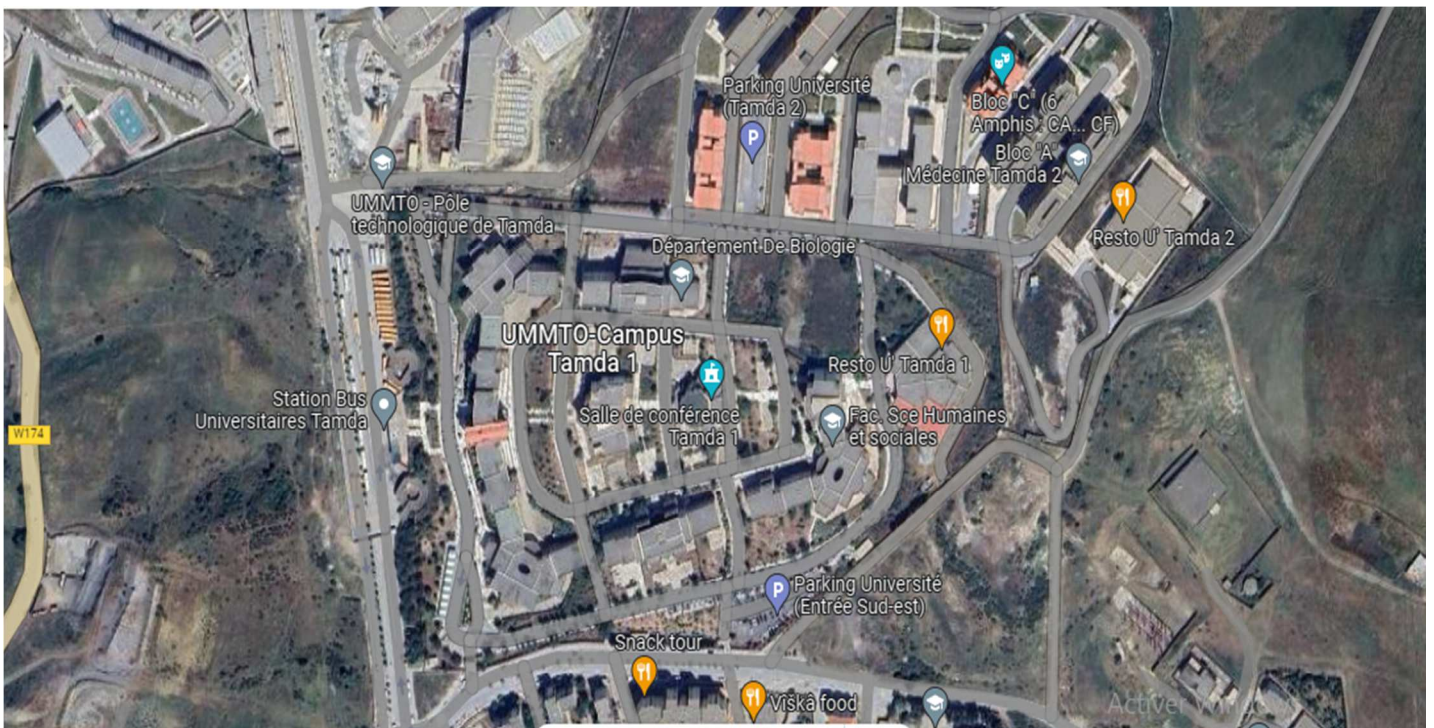


Figure IV.1 : campus Tamda

Chapitre IV : dimensionnement et installation

I.1 Situation de Tamda

a- A l'échelle nationale (Algérie)

Tamda est une agglomération secondaire dans la wilaya de Tizi-Ouzou, qui se situe à environ 121 km à l'est de la capitale Alger



Figure IV.2 : Situation de Tamda à l'échelle nationale.
Source : Google MAPS

b-A l'échelle régionale (Tizi-Ouzou)

L'agglomération de Tamda se situe environ 15 de Km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou.

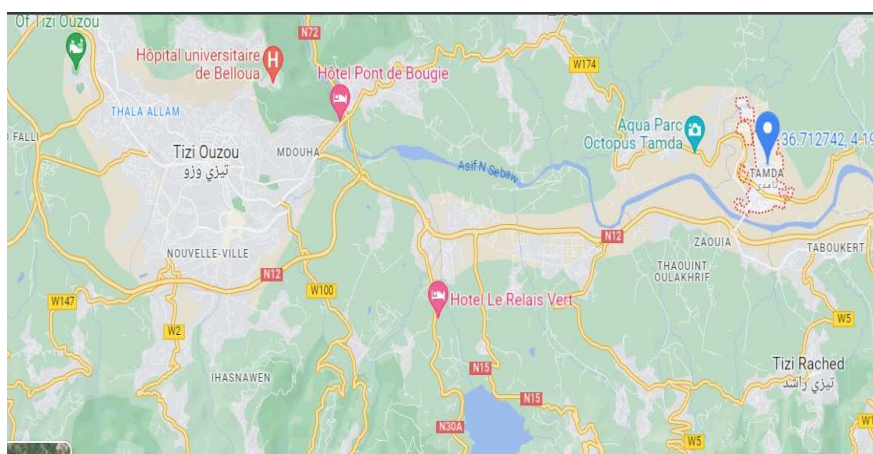


Figure IV.3 : Situation de Tamda à l'échelle régionale.
Source : Google MAPS

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Tableau IV.1 : Fiche technique (Tamda)

Pays	Algérie
Wilaya	Tizi-Ouzou
Commune	Ouagnoune
Statut	Village

II. Démarche à suivre

La méthode comporte 09 étapes qui se résument comme suit :

Etape I. Consommation énergétique

Un système bien adapté nécessite l'évaluation de la puissance électrique des appareils à alimenter. L'énergie nécessaire s'exprime par :

$$E_c = P \times t \quad (4.1)$$

Avec :

E_c : énergie consommée (wh)

P : puissance de fonctionnement de l'appareil (w)

t : temps d'utilisation (h)

Pour calculer la consommation totale d'une installation, on calcule d'abord l'énergie électrique consommée en 24 heures par chaque équipement ou chaque fonction électrique et ensuite on les additionne.

Elle s'exprime par :

$$E_t = \sum P_i \times T_i \quad (4.2)$$

Avec :

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Pi : Puissance électrique d'un appareil « i » exprimée en Watt (W).

Ti : Durée d'utilisation de cet appareil « i » en heure par jour (h/j)

Etape II. Inclinaison et orientation optimales des panneaux

L'inclinaison des panneaux doit être étudiée selon la région et selon l'inclinaison des panneaux. Il faut choisir une inclinaison qui permet de maximiser l'irradiation. Lorsque l'orientation est en plein sud l'inclinaison idéale se calcule comme suite :

$$I = \text{latitude de site} + 10^\circ \quad (4.3)$$

NB : en général l'inclinaison la plus répandue est de 35° et ça pour optimiser la production de l'énergie durant toute l'année.

Tableau IV.2 : Inclinaison des panneaux solaire

	Inclinaison par rapport à l'horizontale						
	0	15	25	35	50	70	90
Est	88%	93%	85%	83%	77%	65%	50%
Sud-est	88%	96%	95%	95%	92%	81%	64%
Sud	88%	96%	99%	Max100%	98%	87%	68%
Sud-ouest	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
ouest	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

Etape III. Données météorologiques

Estimation du gisement solaire journalier sur le site, il s'exprime en [KWh/m2.J] pour obtenir ces données on s'adresse soit aux services météorologiques de la région ou bien on utilise les données de la carte d'irradiation.

Etape IV. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Cette étape consiste à calculer le nombre de modules photovoltaïques que l'on devra utiliser pour couvrir les besoins en électricité.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

a- Puissance crête d'un générateur photovoltaïque

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

$$P_{ch} = E_c \times 1000 / I_r \quad (4.4)$$

- P_{ch} : Puissance crête de champs photovoltaïque en Watt crête (W_c).

- E_c : Energie consommée par jour (Wh/jour).

- I_r : Temps moyen d'ensoleillement journalier (h/jour).

En Algérie : $2 \geq I_r \leq 8$. On prend la moyenne de 5 h/Jour. [34]

b- Tension de fonctionnement de l'installation photovoltaïque

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en watt. De façon générale : [34]

Tableau IV.3 : Tension du champ en fonction de sa puissance crête.

Puissance consommée (W)	Moins de 1000 W	De 1000W à 2000W	Plus de 2000 W
Tension de champ (V)	12	24	48

Etape V. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser

A partir de la puissance crête des panneaux on peut déterminer le nombre de panneaux solaire nécessaires à l'installation :

$$N_m = \frac{P_{ch}}{P_{ch \text{ unit}}} \quad (4.5)$$

$P_{ch \text{ unit}}$: puissance crête d'un seul panneau (wc)

Chapitre IV : dimensionnement et installation

*Le nombre de modules connectés en série sera égale à :

$$N_s = V_{ch}/V \quad (4.6)$$

V_{ch} : tension total du champ (v)

V_n : la tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque(v)

*Le nombre de modules connectés en parallèles s'exprime par :

$$N_p = N_m / V \quad (4.7)$$

Avec :

N_m : nombre total de panneaux photovoltaïques.

N_s : nombre de panneaux connectés en série.

Etape VI. Dimensionnement du parc de batteries

Pour réaliser le dimensionnement du parc de batteries, on procède de la façon suivante :

- On calcule l'énergie consommée (E_c) par les différents récepteurs.
- On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaires.
- On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.
- On calcule la capacité (C) de la batterie en appliquant la formule ci-dessous :

$$C_{bat} = (E_c \times N) / (D \times U_{bat}) \quad (4.8)$$

C_{bat} : capacité du parc de batterie en ampère heure (Ah).

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

N : nombre de jours d'autonomie.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

D : décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb).

U_{bat} : tension du parc de batteries (V).

Nombre de batteries en séries :

$$N_s = V_{bat} / V_{unit} \quad (4.8)$$

V_{bat} : tension du champ (v)

V_{unit} : la tension de la batterie (v)

*Nombre de batterie en parallèles :

$$N_p = C_{bat} / C_{unit} \quad (4.9)$$

Avec :

C_{bat} : capacité totale du parc de batteries (Ah)

C_{unit} : capacité d'une batterie (Ah)

La durée de vie en d'une batterie décroît rapidement lorsque la profondeur de décharge augmente. En général, on essaie de limiter la profondeur de décharge à 50%, c'est-à-dire que l'on utilisera que la moitié de la capacité de batteries.



Figure IV.4 : Aperçu d'une batterie solaire

Etape VII. Dimensionnement du régulateur de charge

Le régulateur est dimensionné selon les paramètres suivants : tension, courant d'entrée et courant de sortie.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

1-Tension nominale : Elle doit être celle du champ photovoltaïque.

2-Courant d'entrée(Ie) : C'est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de débiter. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant, le plus sûr est de prendre 1,5 fois le courant maximal. [34]

3-Courant de sortie (Is) : L'intensité du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément. Elle peut être déterminée par la formule suivante : [34]

$$I_{max} = P_{crête} / u \quad (4.9)$$

$P_{crête}$: la puissance crête du champ de photovoltaïque qui es calculé comme suit :

$$P_{ch} = P_c \times N_p \times N_s \quad (4.10)$$



Figure IV.5 : régulateur de charge

Etape VIII. Dimensionnement de l'onduleur

Le convertisseur de courant se dimensionne en fonction de plusieurs critères :

-La tension d'entrée : c'est la même que la tension des batteries ou du régulateur (12, 24 ou 48V DC).

-La tension de sortie : en Algérie nous utilisons du 220/230 V, 50Hz.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

-La puissance nominale : c'est la puissance que les appareils consomment en électricité pour fonctionner de façon "normale". Pour connaître cette puissance nominale, il suffit de faire la somme des puissances des appareils électriques susceptible d'être utilisés en même temps. Il faut toujours choisir un convertisseur dont la puissance est légèrement supérieure à celle des appareils.

-La puissance maximale : l'onduleur doit être capable de fournir une grande puissance généralement 2 ou 3 fois la puissance nominale.

Etape IX. Le dimensionnement des câbles électriques solaires



Figure IV.6 : le câble solaire

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.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

La résistance d'un câble électrique ne dépend ni de la tension ni de l'intensité du courant qui le traverse, mais dépend de la résistivité (ρ) du matériau 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 $16 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$ à $0^\circ C$ et $17 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$ à $25^\circ C$. L'équation permettant de connaître la résistance est la suivante :

$$\mathbf{R = \rho \times L / S \quad (4.11)}$$

Avec :

R : la résistance en (Ω).

ρ : la résistivité en ($\Omega \cdot m$).

L : la longueur du câble en (m).

S : la section du câble s en (mm^2).

Chapitre IV : dimensionnement et installation

III. Application

Désormais, on appliquera ces étapes pour dimensionner une installation PV adéquate pour couvrir les besoins en énergie du bloc choisi.



Figure IV.7 : bloc (D) département ST

La surface de bloc (source Google Earth)

$$S=1025,72\text{m}^2$$

III.1 Consommation énergétique

Tableau IV.4 : Estimation de l'énergie consommé de bloc (D) ST.

Equipment	Puissance (w)	Heure d'utilisation	Energie (Wh/jour) EC
322 lampes	5796	8	46368
59 climatiseurs	47200	5	236000
83 pc	23240	5.5	127820
53 imprimant	14840	0.5	7420
1 data chou	280	6	1680
Totale	91356		419288

Chapitre IV : dimensionnement et installation

III.2 Localisation du site

Wilaya : Tizi Ouzou

Site : TAMDA

Latitude : 36° 42' nord

Longitude : 4° 11' est

Température ambiante min : +3°C

Température ambiante max : +40°C

III.3 Données métrologiques

En Algérie :

- La durée d'ensoleillement journalière minimale est de : 2 h/jour.

-La durée d'ensoleillement journalière maximale est de :8h/jour.

-En général on prend la moyenne de : 5 h/jour.

La moyenne de rayonnement solaire pour 2023 est :

Aout: $I_r = 7007 \text{ Wh/m}^2$

October: $I_r = 3103 \text{ Wh/m}^2$

Janvier : $I_r = 943 \text{ Wh/m}^2$

Mai : $I_r = 8298 \text{ Wh/m}^2$

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Calcul Ir moyenne

$$I_r = \frac{7007+3103+943+8298}{4}$$
$$\approx 5000 \text{ Wh/m}$$

III.4 Energie produit

$$EP=EC+25\% EC$$

$$EP=559050.67 \text{ W.h}$$

III.5 puissance crête Totale

$$P_{\text{crête totale}} = \frac{Ep}{I_r} \times 1000$$

$$P_{\text{crête totale}} = \frac{559050.67}{5000} \times 1000 = 111810,13 \text{ Wc}$$

III.6 choix des panneaux

Calcule le nombre de panneau Np

$$N_p = \frac{P_c \text{ totale}}{P_c \text{ unit}}$$

$$N_p = \frac{111810,13}{460} \approx 243 \text{ panneaux}$$

NB : les dimensions des panneaux que nous avons choisis (figure IV.8)

Chapitre IV : dimensionnement et installation

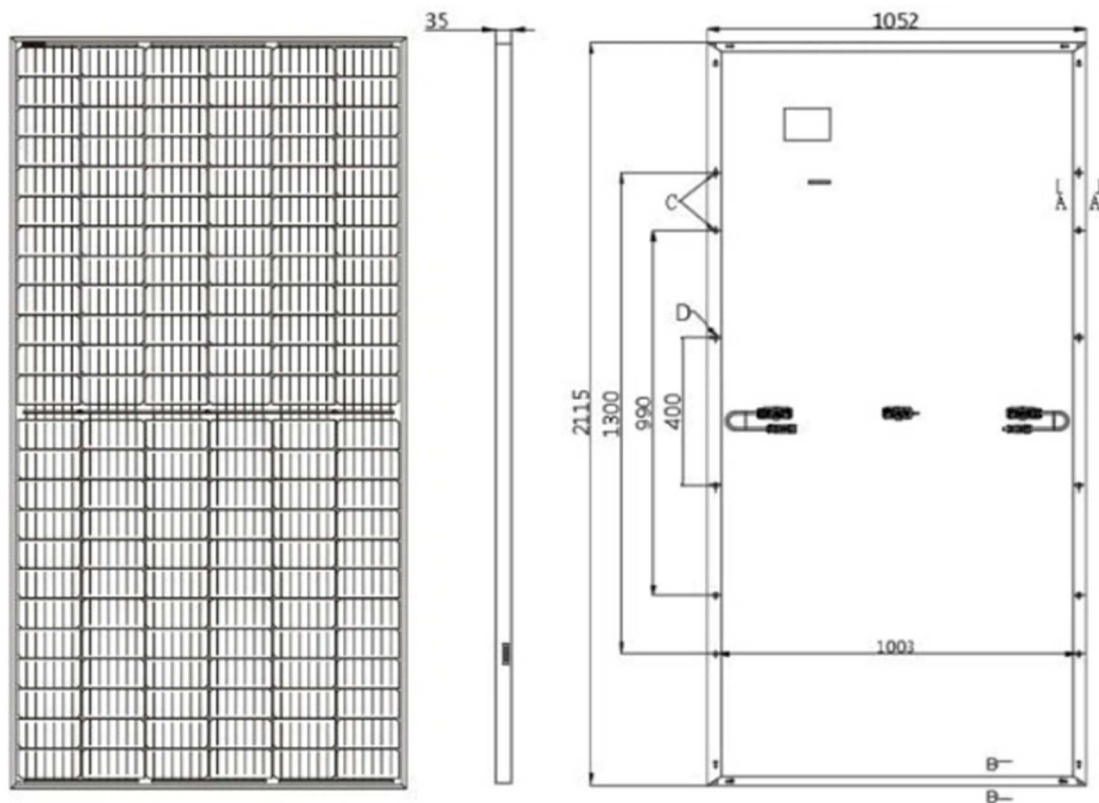


Figure IV.8 : dimensionnement de module PV

III.7 La surface du champ photovoltaïque

La longueur du panneau utilisé : 2115mm.

La largeur du panneau utilisé : 1052mm.

La section d'un panneau : $S = 2.115 \times 1.052 = 2.22498\text{m}^2$

Donc : la surface totale occupée par tous les panneaux :

$$ST = N_{pv} \times S$$

$$ST = 243 \times 2.22498 = 540,64\text{m}^2$$

III.8 cas d'un système autonome

Dimensionnement de parc de batterie

$$C_{bat} = \frac{E_p \times N}{D \times U_{bat}}$$

Chapitre IV : dimensionnement et installation

a. tension du parc de batterie

Pc : puissance totale consommée

$$Pc=91356w > 2000W$$

$$U_{bat}=48v$$

b-Nbr de jours d'autonomie

$$N=5\text{jours}$$

Ici on considère que la semaine ne dure que 5 jours donc une telle autonomie serait largement suffisamment.

c- profondeur de charge

D=80% qui est le maximum à prendre dans le domaine du solaire pour prolonger la durée de vie des batteries.

$$E_p= 559050,67 \text{ W}$$

$$C_{bat} = \frac{E_p \times N_a}{D \times U_{bat}} = \frac{559050,67 \times 5}{0,8 \times 48}$$

$$C_{bat}= 14000 \text{ Ah}$$

En utilise les batteries de 350Ah 48V

Nbr de batterie :

$$N_b = \frac{C_{bat}}{C_{unit}} = \frac{14000}{350} = 40 \text{ bat}$$

NB : on aura une seul branche de 40 batteries en parallèle.

Chapitre IV : dimensionnement et installation

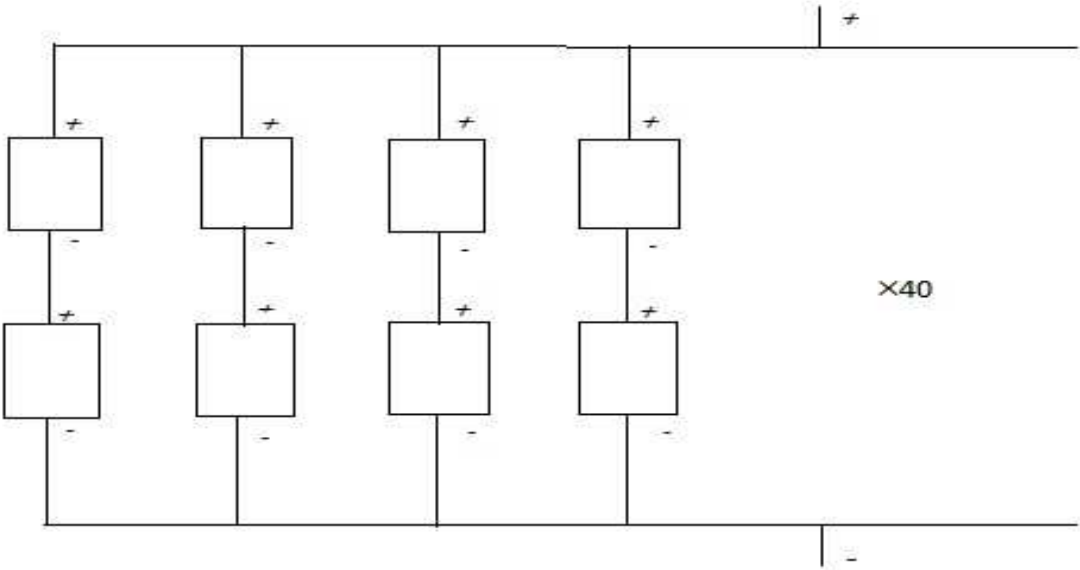


Figure IV.9 : Branchement parallèle de batterie (48V 350Ah)

III.9 Choix du régulateur de charge



Figure IV.10 : régulateur de charge à utiliser pour l’installation

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Pour les panneaux solaires montés en parallèle, on calcule l'ampérage minimum en multipliant par l'intensité de court-circuit et choisir un régulateur supérieur.

- pour le panneau $P=460w$, pour l'intensité de court-circuit $I_{sc} =41.1A$

Ce qui donne un ampérage minimum de 18.86A

III.10 Choix de l'onduleur

Pour un micro-onduleur, sa puissance doit être plus proche des 75 % de la puissance du module photovoltaïque.

La puissance de l'onduleur doit donc être de 70.39KWc

Pour un module de 460Wc, le micro-onduleur doit être d'environ 345 Wc



Figure IV.11 : onduleur solaire MPPT 350 W

III.11 Choix des câbles

Dans cette partie, on donne un aperçu de calcul des câbles nécessaires à la connexion des différents panneaux photovoltaïques, quant aux autres connexions (régulateur, appareils, onduleur).

La chute de tension admise à travers un câble étant de 2% de la tension appliquée sur le champ de batteries de stockage, il vient que la différence de potentiel admise au bornes d'un câble de connexion correspond à :

Chapitre IV : dimensionnement et installation

$$\Delta U = \text{Tension appliquée} \times 0,02$$

-Voilà les longueurs que nous avons choisir :

De panneaux vers la boîte de jonction nous avons 7m de longueur. De boit de raccordement vers onduler une longueur de 10m de l'onduler vers la batterie 4m.

-Calcul de la section du câble en (courant continu)

$$\Delta U = 2\%$$

$$\rho = 1,6 \times 10^{-8} \Omega \text{m (cuivre)}$$

$$P_{\text{onduleur}} = 93840 \text{W}$$

Pour calculer la section des câble on applique la formule suivante :

$$S = \rho \times 2L \times \frac{I}{\Delta U}$$

-La tension de travail est de 48v

Donc:

$$\Delta U = 48 \times 0.02 = 0.96 \text{v}$$

$$I_1 = \frac{P}{U} = \frac{460}{48} = 9.58 \text{A}$$

$$S_1 = 1,6 \times 10^{-8} \times 14 \times \frac{9.58}{0.96}$$

$$S_1 = 2.23 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = \frac{P}{U} = 1955 \text{A}$$

$$S_2 = 651.6 \text{ mm}^2$$

$$I_{3e} = 1955 \text{ A}$$

$$S_3 = 260 \text{ mm}^2$$

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Tableau IV.5 : section des câbles

Section	S ₁	S ₂	S ₃
par mm ²	2.23	651.6	260

En utilise les câble qui existe sur le marché qui satisfait notre installation

$$S_1 = 4\text{mm}^2$$

$$S_2 = 800\text{mm}^2$$

$$S_3 = 300\text{mm}^2$$

IV. Etude de coût

Tableau IV.6 : coût d'installation photovoltaïque

Matériel	Prix unitaire en DA	Somme des Prix en DA
243 panneaux	24 500	5 953 500
40 batteries	18 000	720 000
1 Onduleur hybride	1250 000	1250 000
Câble de 4mm ² (2×10m)	150	3 000
Câble de 800mm ² (2×7m)	2 500	35 000
Câble de 300mm ² (2×4m)	1 600	12 800
Totale	/	7 974 300

Le coût de matériel utilisé dans cette installation **7 974 300 DA**

Et avec le matériel de système de protection (diode, fusible, les moyen de fixation ...) en va obtenir :

$$\approx \mathbf{8\ 500\ 000\ DA}$$

Chapitre IV : dimensionnement et installation

Conclusion

Afin de réaliser une installation photovoltaïque, on se doit de suivre 9 étapes qui consiste à Evaluation des besoins énergétiques du local à alimenter en électricité, Localisation du site qui permettra de définir l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires, Données météorologiques qui permettent de définir le temps moyen d'ensoleillement journalier, Dimensionnement du générateur photovoltaïque, Détermination du nombre de panneaux solaires photovoltaïques, Choix des batteries de stockage d'électricité produite par les panneaux PV, Choix du régulateur de charge ,Choix de l'onduleur qui convertit, Dimensionnement des câbles pour les besoins de branchements.

Ces différentes étapes et l'étude tarifaire ont permis de déterminer les éléments et le budget approximatif nécessaire afin de réaliser cette installation.

Conclusion générale

Le protocole de Kyoto exige que notre avenir énergétique soit basé sur des énergies non polluantes et inépuisables. L'énergie solaire photovoltaïque répond à ces exigences, car elle est propre et inépuisable. Elle pourrait devenir l'énergie du futur, car elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique.

L'objectif de notre mémoire était d'étudier une installation photovoltaïque autonome pour le bloc D sciences et technologies Tamda. Nous avons réalisé un bilan de consommation journalière pour déterminer les besoins en électricité du bloc. Le système photovoltaïque comprend des modules photovoltaïques, des batteries, un régulateur, un onduleur et du câblage. Nous avons utilisé une méthode de dimensionnement détaillée pour garantir que le système réponde aux besoins du bloc.

Afin de réussir une installation photovoltaïque autonome, nous avons mené une étude détaillée concernant la méthode de dimensionnement du système photovoltaïque en tenant compte de sa consommation estimée à partir des appareils électriques disponibles au niveau de ce bloc

L'énergie solaire photovoltaïque est une solution d'avenir qui mérite d'être davantage exploitée. Elle permet de produire de l'électricité de manière autonome, d'économiser les combustibles fossiles et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les systèmes photovoltaïques sont faciles à installer et à entretenir, même par des non-spécialistes.

Référence bibliographie

- [1] C. Vauge. Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, B263. (1982).
- [2] <https://bass2000.obspm.fr/cours/soleil.pdf>.consulté le 23 février 2022.
- [3]S. Skouri, Contribution à l'Étude des Concentrateurs Solaires, thèse de doctorat, Soutenue le 23/05/2016, Université de Monastir.
- [4] Adoption du programme des énergies renouvelables et de la politique d'économie d'énergie » [archive].
- [5] « Programme algérien de développement des énergies nouvelles et renouvelables et de l'efficacité énergétique » [archive].
- [6] Mandi Benaissa .Analyse thermo énergétique d'une procède de dessalement d'eau de mer par voie solaire, Diplôme memoire Magister en physique.2013.
- [7] C. Vauge. Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, B263. (1982).
- [8] <https://bass2000.obspm.fr/cours/soleil.pdf>.consulté le 23 février 2022.
- [9]I, Zeghib. Étude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique, thèse de magistère, Université de Constantine. (2005)
- [10] José Miguel Navarro « Cellules Photovoltaïques Organiques Transparentes Dans Le Visible ». Thèse de doctorat. Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2008., Marcelo Gradella Villalva, Jonas Rafael Gazoli, and Ernesto Ruppert Filho « Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays ». IEEE Transaction on power electronics, Vol.24, No 5, 1198-1208, May 2009
- [11] D, K, Edwards. Capteurs solaires, Edition SCM, paris. (1979).
- [12] J. Bonal, P. Rossetti, “ Les énergies alternatives ”, Omniscience, (2007).
- [13] M, Capderou. Atlas solaire de l'Algérie, O.P.U, Alger. (1985).
- [14] A. Mefti , M.Y Bouroubi, H. Mimouni, “ Evaluation du potentiel énergétique solaire” , Bulletin des Energies Renouvelables, N° 2, P12, décembre 2002.
- [15] N.YAMANI, « Simulation des Performances d'une Centrale à Tour. Etude Comparative de deux Configurations d'Absorbeurs » Master, UMBB, 2011.
- [16].Ben Lahbib Alaeddine, Saouli Nadir : Contribution à l'amélioration du rendement
- [17] M.Orgeret, Les piles solaires, le composent et ces applications, Préface de F.Allest.

- [18] ecolodis-solaire. Panneau solaire photovoltaïque. 2007; Available from: <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/panneau-solaire-photovoltaïque- fonctionnement-et-description-les-differents-types-de-panneaux-solaires- photovoltaïques-1>.
- [19] SOLARIS. Guide du solaire autonome 2021 28.04.2021]; Available from: <https://www.solaris-store.com/content/44-principe-de-fonctionnement-d-un-régulateur-solaire>.
- [20] SUNEDISON, F.I., <Manual_de_forMacion_para_instalacion_y_M-1.pdf>. 2021.
- [21] Guide, S. Les onduleurs photovoltaïques. 20 ;2021-04-27 21 Available from: <https://www.solaire-guide.fr/onduleurs-photovoltaïques/>
- [22] : Arab, A. H. (2011). L'énergie Solaire Photovoltaïque'. Bulletin des Energies Renouvelables, CDER, Algérie, (19).
- [23] : Herez, A., El Hage, H., Lemenand, T., Ramadan, M., & Khaled, M. (2020). Review on photovoltaic/thermal hybrid solar collectors: Classifications, applications and new systems. Solar Energy, 207, 1321-1347.
- [24] : M.Orgeret, «Les piles solaires, le composent et ces applications» Préface de F.Allest.
- [25] : H.J. Möller. Semiconductors for Solar Cells. Artech House, Inc, Norwood, MA, 1993.
- [26] A.Labouret, M.Villoz, Energie solaire photovoltaïque (Le manuel du professionnel), édition DUNOD, août2003, Paris(France).
- [27]N.HOUCINE ; Etude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise au point d'un dispositif automatique de mesures, contrôle et régulation de l'énergie électrique. Thèse de Doctorat.Université de la science et de la technologie d'Oran Mohammed Boudiaf, Juin 2016
- [28] : B. Abdeslam « étude et diagnostic des défauts fréquents au système photovoltaïque PV par emploi de la caractéristique courant -tension », mémoire de magister. Université Stif 2014.
- [29] : Gergaud, O. (2002). Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur (Doctoral dissertation, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan).
- [30] : YOUSOUF, B. Étude Et Réalisation D'une Installation PV Connectée Au Réseau Avec Gestion D'énergie.
- [31] : Labouret, A., & Villoz, M. (2006). Energie solaire photovoltaïque (Vol. 3). Malakoff, France: Dunod.
- [32] Mohedano Martínez, J.B., *Batteries in PV systems*. 2011.
- [33] : Boudjadar, S. A., Boulemnakhar, Y., & Mounir, H. (2021). Simulation des défauts d'une chaine de pompage photovoltaïque (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

[34] : Cours systèmes de conversion de l'énergie photovoltaïque Mme IMADOUCHENE
2022/2023

[35] : Lete.Agence d'information globale (AFP).www.letemp.eh 2021.