

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Energétique

Présenté par :

Achour Omar & Boutchicha Abderrazak

Thème

ETUDE THERMIQUE D'UN CAPTEUR

PHOTOVOLTAÏQUE

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
Ihaddadene Nebila	Professeur	Président
Ihaddadene Razika	MCA	Encadreur
Amirat belkacem	MCB	Examineur

Année Universitaire : 2020 / 2021

Remerciements

Ce mémoire ne pourrait pas avoir été mené à bien sans La confiance, la patience et la générosité de notre encadreur Madame **Ihaddadene R** Nos remerciements particuliers pour sa gentillesse et sa rigueur.

On lui apporte nos plus sincères gratitudees pour le temps précieux qu'il nous a accordé .Nos remerciements vont aussi à l'ensemble de nos enseignants qui nous ont enseigné tout le long de ces années d'études.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, pour la réalisation de ce modeste travail.

Sommaire

Introduction Générale	2
<u>Chapitre I</u> : Etat de l'art sur l'énergie photovoltaïque	
I.1. Energie solaire :	5
I.2. Rayonnement solaire :	5
I.2.1 Rayonnement direct :	5
I.2.2 Rayonnement diffus :	5
I.2.3 Rayonnement global :	6
I.3 Applications de l'énergie solaire photovoltaïque :	6
I.3.1 Les systèmes isolés :	6
a) Télécommunications :	7
b) Électrification rurale :	8
c) Applications agricoles :	9
d) Applications pour l'élevage :	10
e) Éclairage :	10
f) Signalisation :	11
g) Contrôle :	11
h) Autres applications :	12
I.3.2 Systèmes connectés au réseau électrique :	13
I.4 Principe de fonctionnement d'une installation photovoltaïque :	13
I.5 L'effet photovoltaïque :	14
I.6 Cellule photovoltaïque :	15
I.6.1 Définition :	15

I.6.2 Technologie des cellules photovoltaïques :	15
a) Les cellules à base de silicium monocristallin :	15
b) Les cellules à base de silicium poly cristallin :	16
c) Les cellules à base de silicium amorphe :	16
d) les cellules à base organiques et plastiques :	17
I.6.3 Association des cellules :	17
a) Association série :	17
b) Association en parallèle :	18
c) Association en série- parallèle :	19
I.7 Différentes configuration d'une installation photovoltaïque:	19
a) Système autonome :	20
b) Système raccordée au réseau :	21
I.8 Avantages et inconvénients de la photovoltaïques :	22
a) Les avantages :	22
b) Les inconvénients :	22
Conclusion :	23

Chapitre II : Matériel et méthodes

Introduction :	25
II.1. Présentation du site de l'étude « Biskra » :	25
II.2 Matériels utilisé :	26
II.2.1 Les modules photovoltaïques :	26
II.2.2 Les capteurs de température :	27
II.2.3 La carte SD :	27

II.3 Etude de l'évolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé :	28
II.3.1 Répartition des points sur le panneau non dégradé :	29
a) Répartition des points en haut du panneau	29
b) Répartition des points (partie bas)	29
II.4 Etude de l'évolution des températures en bas des deux panneaux non dégradé et dégradé	30
II.4.1 Répartition des points sur les panneaux dégradé et non dégradé.....	31
a) Répartition des points en bas du panneau non dégradé	31
a) Répartition des points en bas du panneau dégradé	32
Conclusion	33

Chapitre III : résultat et discussion

Introduction	35
III.1 Evolution des températures sur le panneau PV non dégrad.....	35
III.1.1 Evolution des températures sur la partie supérieure du panneau PV(ND)	35
III.1.2 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau PV(ND)	36
III.1.3 Comparaison de l'évolution des températures moyennes supérieure et inférieure du panneau PV(ND)	37
III.1.4 Evolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé point par poin.....	38

III.2 comparaisons de l'évolution des températures sur la partie inférieure du panneau (non dégradé et dégradé).....	41
III.2.1 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau non dégradé.....	41
III.2.2 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau dégradé	42
III.3 Evolution des températures moyenne sur la partie inférieure du panneau (non dégradé et dégradé).....	43
Conclusion	45
Conclusion générale	47

Liste des figures

Chapitre I:

Figure I.1: Les trois composantes du rayonnement solaire global sur un plan incliné.....6

Figure I.2: Système PV raccordé au réseau.....14

Figure I.3 : Excitation des électrons de valence par les photons et la jonction (P-N).....14

Figure I.4 : cellule en silicium monocristallin.....15

Figure I.5 : cellule en silicium poly cristallin.....16

Figure I.6 : cellule en silicium amorphe.....16

Figure I.7 : Cellules à base organiques et plastiques.....17

Figure I.8: associations en série des cellules PV18

Figure I.9 : Associations en parallèle des cellules PV19

Figure I.10 : représentation des différents composants d'une installation PV.....20

Figure I.11 : Système PV autonome.....21

Figure I.12: Système PV connecté au réseau.....21

Chapitre II:

Figure II.1: Situation géographique de la wilaya de Biskra..... 25

Figure II.2: Les modules PV utilisés dans notre étude (1) dégradé (2) non dégradé.....26

Figure II.3: Caractéristiques électriques des modules photovoltaïques utilisés.....27

Figure II.4 : Le système d'acquisition de température.....28

Figure II.5 : La carte SD.....28

Figure II.6 : Installation des sondes de températures sur le panneau photovoltaïque non dégradé.....29

Figure II.7 : La répartition des points en haut du panneau non dégradé.....30

Figure II.8: La répartition des points en bas du panneau non dégradé.....30

Figure II.9 : comment installer les deux capteurs sur panneau dégradé (1) et non dégradé (2).....31

Figure II.10: schéma représente la répartition des points de panneau dégradé (1) et non dégradé(2).....32

Chapitre III:

Figure III.1 : Evolution des températures sur le panneau non dégradé (partie haut).....35

Figure III.2: Evolution des températures sur le panneau non dégradé (partie bas).....36

Figure III.3: Evolution des températures moyennes sur le panneau non dégradé (en haut et en bas).....37

Figure III.4: Comparaison de l'évolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé point par point.....40

Figure III.5 : Evolution des températures (en bas) sur panneau non dégradé.....41

Figure III.6: Evolution des températures sur la partie inférieure panneau dégradé.....42

Figure III.7: Evolution des températures moyenne sur la partie inférieure de panneau (non dégradé et dégradé).....43

Liste des symboles et abréviation

Symbole	Définition
PV	photovoltaïque
I_{cc}	courant de court-circuit (A)
V_{co}	tension de circuit ouvert (V)
N_s	nombre de cellules en série.
N_p	nombre de cellules en parallèle .
V_{cos}	la somme des tensions en circuit ouvert de N_s cellules en série.
I_{ccs}	courant de court-circuit de N_s cellules en série.
I_{ccp}	la somme des courants de court-circuit de (N_p) cellule en parallèle.
V_{cop}	la tension du circuit ouvert de (N_p) cellules en parallèle.
DC	courant continu
AC	courant alternatif

Résumé :

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec le département de génie mécanique de l'université de Biskra. Cette étude porte sur l'étude de la dégradation des panneaux photovoltaïques de la centrale photovoltaïque de Biskra de type (ALPV85-125M-36) et la réalisation d'un système d'acquisition numérique.

ملخص:

هذه الدراسة جزء من تعاون مع قسم الهندسة الميكانيكية في جامعة بسكرة. تتعلق هذه الدراسة بدراسة تدهور الألواح الكهروضوئية لمحطة الطاقة الكهروضوئية من نوع (ALPV85-125M-36) ببسكرة وتحقيق نظام اكتساب رقمي

Introduction générale

Introduction générale :

L'Algérie occupe une place de choix dans le classement mondial des plus grands champs d'énergie solaire au monde. Les terres algériennes sont exposées aux insolation pendant de longues périodes chaque année, notamment au niveau de ses hauts plateaux et déserts. Par conséquent, l'énergie solaire est considérée comme le maître des énergies renouvelables au niveau local. C'est pourquoi l'Algérie doit exploiter cette énergie et l'utiliser dans le domaine du développement économique et social en implantant des industries qui apportent de la richesse.

La détérioration des cellules du module PV au fil des années depuis sa mise en service est un phénomène naturel causé par les différentes conditions climatiques auxquelles elles sont exposées quotidiennement lors de leur fonctionnement (pluie, vent, neige, etc.), cette détérioration progressive entraîne une détérioration des caractéristiques du système qui est censé fonctionner selon les paramètres spécifiés dans les conditions d'utilisation.

Le problème majeur qui affecte le rendement d'un panneau photovoltaïque est l'augmentation de sa température suite à l'augmentation de la température ambiante. En coopération avec le Département de Génie Mécanique de l'Université de Mohamed Khider à Biskra, nous avons mené notre étude sur l'évolution de température sur des panneaux photovoltaïques (non dégradé et dégradé) dans les mêmes conditions climatiques réelles (climat de Biskra).

Notre mémoire, s'articule autour de trois chapitres, répartis comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons des généralités sur le système photovoltaïque, il comporte les éléments suivants ; l'énergie solaire, le rayonnement solaire, les applications de l'énergie solaire, le principe de fonctionnement d'une installation photovoltaïque, l'effet photovoltaïque, cellule photovoltaïque, différentes Configuration d'une installation photovoltaïque et les avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïques.

Le deuxième chapitre a pour objectif de décrire le matériel et la méthode expérimentale utilisés. Au cours de notre étude au laboratoire d'énergie solaire du Département de génie mécanique de l'Université de Mohamed Khider de Biskra, nous avons utilisé deux panneaux photovoltaïques identiques (non dégradés et

dégradés). Nous avons mesuré l'évolution de la température sur les panneaux photovoltaïques pendant presque une journée entière.

Le troisième chapitre présente les résultats de l'évolution des températures en haut et en bas du panneau photovoltaïque non dégradés d'une part et la comparaison de l'évolution des températures en bas des deux panneaux photovoltaïques (dégradé et non dégradé) d'autre part.

Enfin, une conclusion générale vient terminer ce mémoire.

Chapitre I

Etat de l'art sur l'énergie ***Photovoltaïque***

Introduction :

La raréfaction des ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon), la recherche d'une moindre dépendance énergétique et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, exigent de plus en plus le recours vers l'emploi des énergies. A titre d'exemple l'énergie solaire. Dans ce chapitre on va présenter un état de l'art sur l'énergie solaire photovoltaïque.

I.1. Energie solaire :

L'énergie solaire est l'énergie tirée du soleil. Il est à l'origine de nombreux phénomènes physiques tels que la photosynthèse, le vent et le cycle de l'eau. Cette énergie provient de la fusion nucléaire qui a lieu au cœur du soleil. Il voyage dans l'espace sous forme de rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est constitué de photons et de petites particules d'énergie primaire L'énergie solaire est utilisée pour produire de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou de centrales solaires thermiques, et son utilisation n'engendre aucune pollution.[1]

I.2. Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est un groupe d'ondes électromagnétiques émises par le soleil. On note différents types comme indiqué sur la Figure I.1:

I.2.1 Rayonnement direct :

C'est la fraction du rayonnement solaire qui arrive directement au sol, dont le trajet est « linéaire » (il y a, en fait, de légères déviations) et unique à un instant donné. Si I est le rayonnement direct. [2]

I.2.2 Rayonnement diffus :

Le rayonnement diffus est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Ce rayonnement est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages. Ainsi, par ciel serein, il constitue 20% de l'énergie globale. Par ciel couvert, il correspond à la totalité de l'énergie reçue au sol. [3]

I.2.3 Rayonnement global :

Le rayonnement global est subdivisé en rayonnements directs, diffus et reflété par le sol). Dans la figure ci-dessous est schématisé l'ensemble des rayonnements solaires reçus sur une surface terrestre.[4]

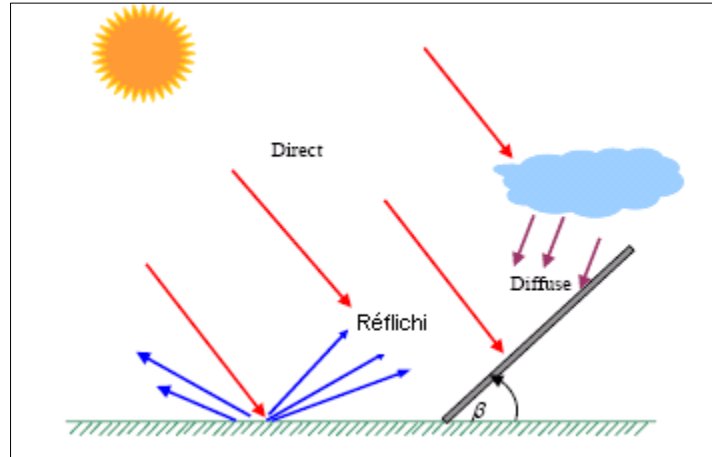


Figure I.1: Les trois composantes du rayonnement solaire global sur un plan incliné. [3]

I.3 Applications de l'énergie solaire photovoltaïque :

Les applications de l'énergie obtenue à l'aide de générateurs photovoltaïques sont extrêmement variées. De façon générale, elles peuvent être classées en deux grandes sections :[5]

- Les systèmes isolés
- Les systèmes raccordés au réseau

En voici quelques exemples :

I.3.1 Les systèmes isolés :

- Télécommunications
- Électrification rurale
- Applications agricoles
- Applications pour l'élevage
- Éclairage public
- Signalisation

- Contrôle
- Autres applications

Analysons un peu plus en détail les points ci-dessus :

a) Télécommunications :

- Téléphonie mobile
- Répéteurs radio et télévision
- Bornes d'appel d'urgence
- Télécommande
- Contrôle des réseaux d'arrosage à distance
- Télémétrie
- Radars
- Radiotéléphonie générale ou militaire, ou pour les postes de surveillance des forêts
- Téléphonie rurale par satellite
- Micro-ondes
- Cabines téléphoniques publiques
- Centrales de commutation
- Liaisons radio
- Systèmes trunking
- Couverture radio et communications dans les tunnels ferroviaires

Il existe deux types de stations de téléphonie mobile : celles appelées BTS, composées d'un système hybride photovoltaïque - diesel, la puissance crête du panneau photovoltaïque étant de 6 Kwp et le groupe électrogène n'ayant qu'une fonction d'appui. Le deuxième type d'installation, appelé RF, ne fonctionne qu'à partir des panneaux photovoltaïques et la puissance crête installée varie entre 0,6 Kwp et 1,8 Kwp. Les télécommandes et les contrôles à distance via radio sont très utilisés pour des applications ayant rapport à l'eau, aux

réservoirs, à l'irrigation, aux débitmètres et, de façon générale, au relevé et au contrôle de toute sorte de données.

b) Électrification rurale :

- Habitat temporaire
- Habitat permanent
- Électrification centralisée permettant le contrôle individuel des consommations pour chaque habitation, dans les agglomérations rurales
- Électrification de refuges et auberges de montagne
- Postes de soins de premier niveau (éclairage, conservation de médicaments et vaccins dans des réfrigérateurs)
- Écoles et établissements communaux
- Postes de police et de frontière
- Installations religieuses (ermitages, missions, etc.)

De nos jours, l'électrification rurale apporte tout le confort fourni par un système d'électrification conventionnel, car les nouveaux onduleurs à onde sinusoïdale permettent l'utilisation de toute sorte d'appareils électroménagers.

L'électrification de petites agglomérations rurales à l'aide d'un système centralisé est l'une des principales applications actuelles. Les avantages de ce système par rapport à l'installation dans chaque logement sont les suivants :

- Le moindre coût de l'installation
- Une réduction des frais de maintenance
- Un meilleur confort de l'utilisateur
- Une installation plus sûre
- Une meilleure performance globale

Afin de permettre une meilleure gestion de l'énergie, un appareil électronique limiteur de la puissance est installé dans chaque habitation et programmé pour fournir une quantité donnée d'énergie par jour à l'utilisateur. Cet appareil doit être suffisamment intelligent pour pouvoir

augmenter la quantité d'énergie attribuée si la batterie est en bon état, ou pour la réduire, si elle est en mauvais état. Afin de simplifier et de ne pas avoir à poser de réseaux électriques compliqués, la communication entre le limiteur de puissance et les onduleurs passe par la même ligne à 220 Vca et ne subit que de légères variations qui n'ont pas d'influence sur le fonctionnement du système.

Un autre inconvénient, la puissance de l'onduleur et sa performance en cas de petites charges, est contrecarré par l'installation de plusieurs onduleurs en parallèle, dont l'un (le maître) agit sur le contrôle des autres (les esclaves). Ainsi, en cas de puissance consommée inférieure à la somme de la puissance de tous les onduleurs, il commande l'arrêt de certains d'entre eux afin de s'adapter à celle-ci. Le grand avantage est que tous les onduleurs sont capables d'agir aussi bien en tant que maîtres ou esclaves, ce qui permet d'assurer la fourniture d'électricité en cas de panne de l'un d'entre eux.

c) Applications agricoles :

- Pompage d'eau, en CC ou en CA, (avec batterie)
- Pompage d'eau à entraînement direct (sans batterie)
- Électrification de bâtiments industriels
- Contrôle de l'irrigation
- Serres (Automatisation des fenêtres et de l'éclairage)

L'une des principales applications pour l'agriculture, du fait de sa simplicité et surtout, de l'absence de maintenance et de l'automatisation totale, est le pompage d'eau à entraînement direct, qui consiste dans un champ de panneaux solaires photovoltaïques, un équipement électronique et l'ensemble du système de contrôle et de capteurs du pompage.

Pour les pompes à faible débit, la fonction de cet équipement électronique consiste à obtenir le meilleur rendement du panneau. Dans le cas des pompes à haut débit, il se charge aussi de transformer le courant continu du panneau en courant alternatif.

Le plus grand avantage des pompes à entraînement direct est la correspondance de la courbe de radiation avec la courbe de demande en eau. Ils permettent en outre d'extraire de l'eau en milieu rural, où le coût de l'installation d'une ligne conventionnelle s'avère trop élevé.

Une autre application dans le milieu agricole correspond à l'électrification des systèmes de contrôle de l'irrigation et des électrovannes, qui permet une meilleure distribution et une économie de l'eau, notamment pour les systèmes de micro-irrigation ou basse pression.

d) Applications pour l'élevage :

- Pompages d'eau pour l'abreuvement du bétail
- Électrification de fermes (éclairage, moteurs, tondeuses, etc.)
- Systèmes de traite et de refroidissement du lait
- Électrification de clôtures

Outre leur application agricole, les pompages à entraînement direct jouent un rôle important dans l'élevage.

La fabrication d'onduleurs haute puissance a permis, dans le milieu de l'élevage, de fournir de l'électricité aux systèmes de traite, de conservation du lait (cuves de refroidissement) et aux pompes de nettoyage, d'éclairer les bâtiments et installations pour le bétail, d'alimenter les moteurs de distribution des aliments, les ventilateurs, d'automatiser les persiennes des bâtiments pour le bétail et les serres. À l'origine, afin d'obtenir un meilleur rendement, les moteurs de ces installations fonctionnaient au CC. Actuellement, grâce aux nouveaux onduleurs haute performance, l'utilisation de moteurs à CA a permis d'augmenter la sécurité de l'exploitation en cas de panne, car s'il est aisé de se procurer un moteur à CA, les moteurs à CC font l'objet d'une fabrication spéciale.

L'onduleur installé pour augmenter la sécurité du système est modulaire et dispose de plusieurs étapes de puissance, qui peuvent être réparées sans priver l'ensemble du système de courant électrique.

e) Éclairage :

- Panneaux publicitaires
- Lampadaires pour l'éclairage public
- Arrêts de bus
- Éclairage de tunnels, grottes, etc.

L'éclairage public à l'aide de systèmes photovoltaïques constitue l'une des solutions les plus économiques pour l'illumination des accès des villages, des carrefours, des aires de repos, etc.

L'installation d'un nouveau type de lampadaires (plus de 300 unités) intégrant des batteries longue durée à électrolyte gélifié est en cours aux îles Canaries. De ce fait, ils ne requièrent pas de maintenance.

f) Signalisation :

- Phares et bouées de signalisation maritime
- Radiophares et radiobalises à usage aéronautique
- Signalisation routière de virages, obstacles, ronds-points, etc., dans les villes et sur les routes, à base de led.
- Indicateurs de l'heure et la température sur la voie publique
- Passages à niveau
- Plates-formes pétrolières

L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque a permis l'automatisation des phares, ainsi qu'une augmentation de la sécurité des bouées, pour lesquelles l'acétylène était auparavant utilisé, ainsi qu'une diminution importante de leur maintenance.

Des panneaux sont utilisés en aéronautique pour l'alimentation des balises et des panneaux de signalisation sur les pistes. Aux aéroports de Madrid et des Baléares en particulier, ils permettent d'identifier très facilement les installations.

Une nouvelle application est récemment venue s'ajouter aux précédentes, pour la sécurité routière : la signalisation de ronds-points, virages, panneaux de signalisation, obstacles, etc., à base de led haute luminosité, qui permettent de réaliser des installations photovoltaïques de format réduit et à faible consommation.

g) Contrôle :

- Débitmètres et anémomètres
- Actionnement de vannes (électrovannes)
- Contrôles et stations météorologiques et sismiques

- Caméras de TV pour la surveillance et la mesure du trafic routier
- Monitoring et automatisation de portes
- Répéteurs à fibre optique
- Stations de mesure environnementale
- Contrôle de gazoducs et d'oléoducs
- Collecte de données
- Contrôle et maîtrise à distance du fonctionnement des barrages
- Protection cathodique

Des travaux sont actuellement accomplis dans les bassins fluviaux pour le contrôle du débit et de la qualité de l'eau, les systèmes photovoltaïques étant les plus sûrs et les plus économiques pour ce type d'application.

Les installations photovoltaïques ont fait preuve d'une grande fiabilité pour des applications et des projets aussi importants que les gazoducs et les oléoducs, en ce qui concerne la fourniture d'énergie électrique aux systèmes de contrôle, de communication, d'actionnement des vannes et de protection cathodique. Cette dernière application est également utilisée pour les ponts.

h) Autres applications :

- Chloration par pompe doseuse
- Épuration par lagunage et alimentation des moteurs de nettoyage des grilles et des débitmètres
- Oxygénation de l'eau à l'aide de compresseurs
- Dessalage de l'eau saumâtre (osmose inverse)
- Ponts-bascules pour le pesage de camions (décharges, sites industriels, etc.)
- Systèmes de détection d'incendie à l'aide de caméras à infrarouges
- Systèmes de sécurité périmétrale aux infrarouges
- Surveillance et contrôle d'accès (visiophones, ouverture et fermeture de portes, télécommande)

- Paratonnerres avec dispositif d'ionisation
- Fournitures didactiques pour les universités, les écoles professionnelles, etc.
- Voiliers et autocaravanes
- Équipement espaces de loisirs

Les systèmes raccordés au réseau électrique constituent le deuxième grand groupe d'applications de l'énergie photovoltaïque.

I.3.2 Systèmes connectés au réseau électrique :

Il s'agit d'une application récente et innovante des systèmes photovoltaïques, consistant à installer une ferme photovoltaïque et un onduleur capable de transformer l'énergie fournie par les panneaux et l'injecter dans le réseau électrique.

Dans ce type d'installation, l'onduleur est le noyau central et doit disposer d'un certain nombre de protections contre des situations susceptibles de se produire dans le réseau électrique :

- Tension hors-plage
- Panne du réseau
- Réseau en déphasage

Pour rendre ces systèmes économiquement viables, le pays doit disposer d'une réglementation et d'aides financières permettant de compenser l'accroissement du coût par Kwh produit.

I.4 Principe de fonctionnement d'une installation photovoltaïque :

Une installation photovoltaïque se compose de modules solaires, eux-mêmes constitués de cellules photovoltaïques, à base de silicium le plus souvent. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu). La puissance est exprimée en Watt- crête (Wc), unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans les conditions d'ensoleillement optimales. Un ou plusieurs onduleurs convertissent le courant continu produit en courant alternatif à 50Hz et 220 V. Selon le choix retenu, toute ou une partie de la production est injectée sur le réseau public, et le reste est consommé par le

producteur. Lorsque la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'électricité nécessaire, comme illustré sur la Figure I.2[6]

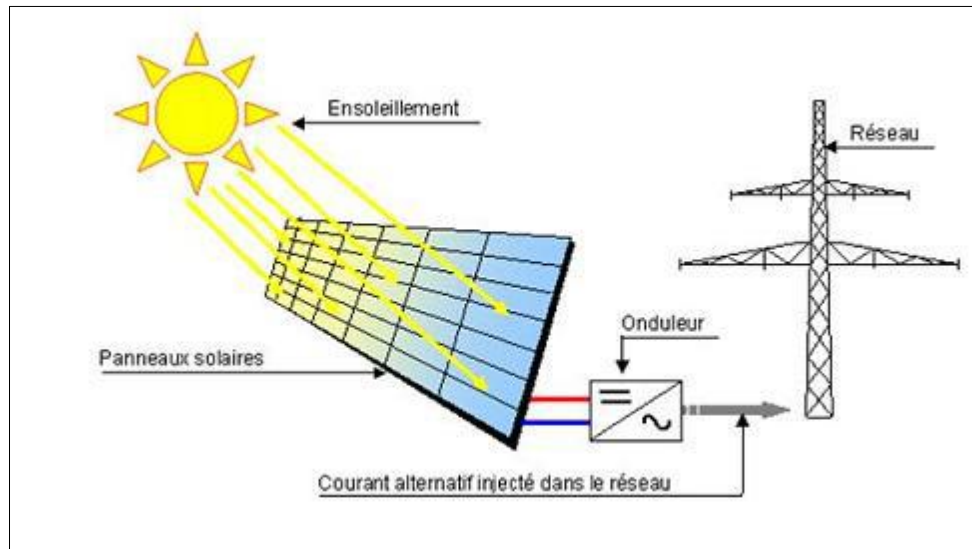


Figure I.2: Système PV raccordé au réseau. [6]

I.5 L'effet photovoltaïque :

L'effet photovoltaïque se manifeste quand un photon est absorbé dans un matériau composé de semi-conducteurs dopés p (positif) et n (négatif), dénommé comme jonction p-n (ou n-p). Sous l'effet de ce dopage, un champ électrique est présent dans le matériau de manière permanente (comme un aimant possède un champ magnétique permanent). Quand un photon incident (grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il cède son énergie ($h\nu$) à l'électron qui se retrouve libéré de sa bande de valence et subit donc le champ électrique intrinsèque. Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la face supérieure laissant place à un trou qui migre en direction inverse. Des électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure permettent de récolter les électrons et de leur faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou de la face antérieure, ainsi se crée un courant électrique. [7]

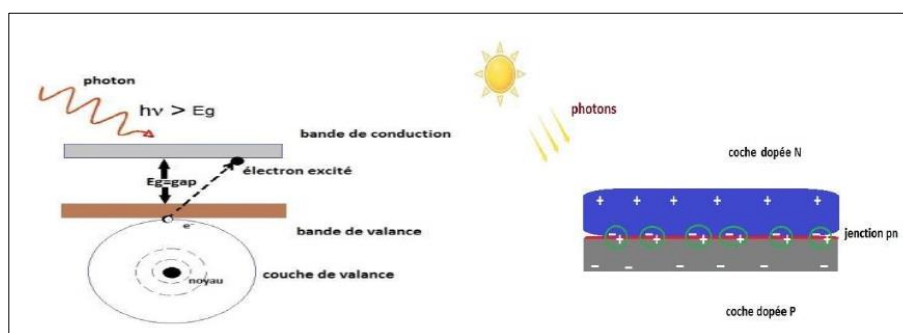


Figure I.3 : Excitation des électrons de valence par les photons et la jonction (P-N) [8]

I.6 Cellule photovoltaïque :

I.6.1 Définition :

La cellule photovoltaïque est l'élément de base qui permet la conversion directe de l'énergie solaire (rayon lumineux), à une énergie électrique. Ce mode de conversion repose sur un principe très connu qui est l'effet photovoltaïque. Et pour passer de l'effet photovoltaïque à l'application pratique, il est nécessaire de trouver des matériaux semi-conducteurs qui permettent d'optimiser les deux phases essentielles de ce principe, soit l'absorption de la lumière incidente et la collection des électrons en surface.

Les cellules PV sont fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs qui sont capables de conduire l'électricité ou de la transporter. Plus de 90 % des cellules solaires fabriquées à l'heure actuelle sont au silicium cristallin, un semi-conducteur. Une des faces de la cellule est dopée **n** (par exemple du phosphore). L'autre est dopée **p** (par exemple du bore).

Des électrodes métalliques sont placées sur les 2 faces pour permettre de récolter les électrons et de réaliser un circuit électrique. La face supérieure de la cellule est traitée de manière à optimiser la quantité de lumière entrant dans la cellule au moyen de traitement de surface, par l'application d'une couche anti réflexion, et d'autre couche en verre pour l'étanchéité et la protection de la cellule. En fin les faces supérieure et inférieure sont équipées d'électrodes pour récolter les électrons. [7]

I.6.2 Technologie des cellules photovoltaïques :

Il existe différents types cellules photovoltaïques, répartie à base de leurs technologies de fabrication, généralement les technologies les plus répandus sont à base de silicium, notamment d'autre matériaux sont aussi utilisés, comme les matières organiques. On cite si dessous les types de cellules photovoltaïques les plus répandus :

a) Les cellules à base de silicium monocristallin :

Les cellules sont fabriquées avec du silicium parfaitement cristallisé découpé dans des barres. C'est le matériau le plus répandu, et de plus il a l'avantage d'avoir un très bon rendement, entre 12 % et 16 %.



Figure I.4 : cellule en silicium monocristallin [web 1].

L'inconvénient en est le prix, du fait d'un procédé de fabrication long et énergivore. Il est utilisé en extérieur pour les fortes et moyennes puissances (habitations, relais, télécommunications...). [9]

b) Les cellules à base de silicium poly cristallin :

Les cellules de silicium poly cristallin sont découpées dans des barres de silicium reconstitué ; les atomes ne sont pas tous cristallisés. Le rendement est moins bon, entre 11 % et 14 %. L'avantage de ces cellules par rapport à celles en silicium monocristallin réside dans leur prix, puis que leur fabrication, produisant peu de déchets, nécessite de 2 à 3 fois moins d'énergie et est plus rapide. Elles ont les mêmes applications que les cellules en silicium monocristallin. [9]



Figure I.5 : cellule en silicium poly cristallin [web 2].

c) Les cellules à base de silicium amorphe :

Ce silicium est nettement moins puissant que les deux précédents, car les atomes sont disposés de manière désordonnée du fait que les cellules sont fabriquées par projection de silicium sur un autre matériau, comme du verre ou du plastique.



Figure I.6 : cellule en silicium amorphe [Web 3].

Ce silicium en couche très mince répond néanmoins à de nombreux besoins liés à l'éclairage (extérieur ou intérieur). Son rendement est de 5 % à 7 %. Il est utilisé pour l'électronique, dans les calculettes par exemple. [9]

d) les cellules à base organiques et plastiques :

Elles sont composées d'une bicouche de molécules évaporées sous vides, atteint 0.95% de rendement de conversion, ces cellules comprennent deux voies des cellules « humide » et la voie des cellules polymère organique dite aussi cellules « plastiques ».

Le progrès de ces technologies sont très rapide, des records de rendement sont très fréquemment battus (actuellement près de 6%).Elles ouvrent également la voie aux applications légères, nomades et souples.[11]

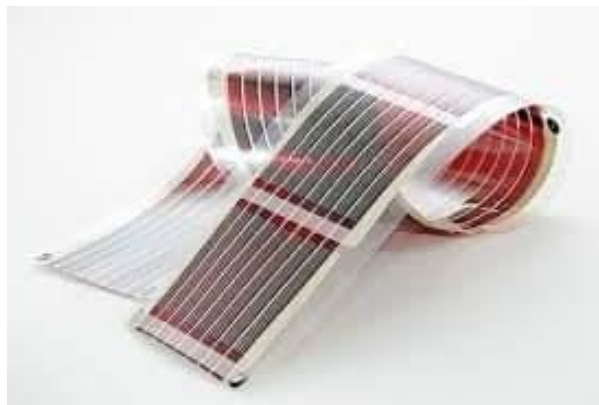


Figure I.7 : Cellules à base organiques et plastiques [web 4].

I.6.3 Association des cellules :

Les cellules produisent une très faible puissance électrique (1 à 3 W) avec une tension continue de moins de 1 V. Ces cellules sont disposées en série et 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 [12].

a) Association série :

Pour augmenter la tension du générateur PV, en disposent d'un nombre (N_s) de cellules en série. Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultant du

groupement série est obtenues par addition des tensions élémentaires de chaque cellule (Figure I.8).

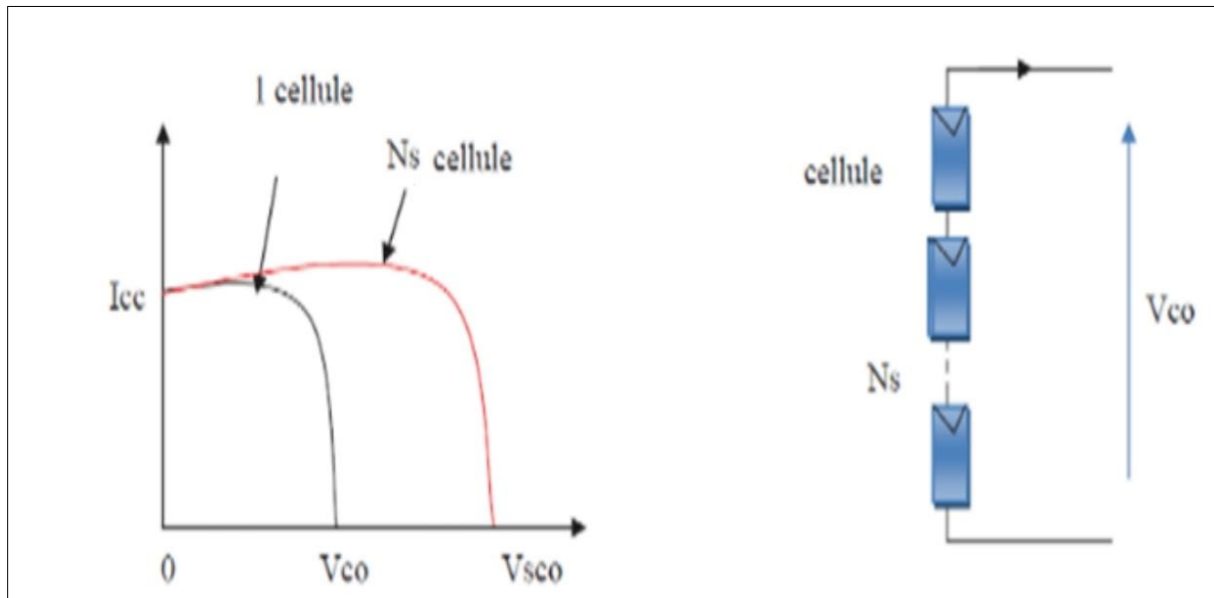


Figure I.8: associations en série des cellules PV [7].

L'équation suivante résume les caractéristique électrique d'une association série de (N_s) cellules [7]

$$V_{cos} = N_s * V_{co} \quad (\text{I.1})$$

$$I_{ccs} = I_{cc} \quad (\text{I.2})$$

Avec :

V_{cos} : la somme des tensions en circuit ouvert de N_s cellules en série.

I_{ccs} : courant de court-circuit de N_s cellules en série.

b) Association en parallèle :

Pour faire augmenter le courant du générateur PV, en disposent d'un nombre (N_p) de cellules en parallèle. Les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.

L'équation suivante résume les caractéristiques électriques d'une association parallèle de (NP) cellules : [7]

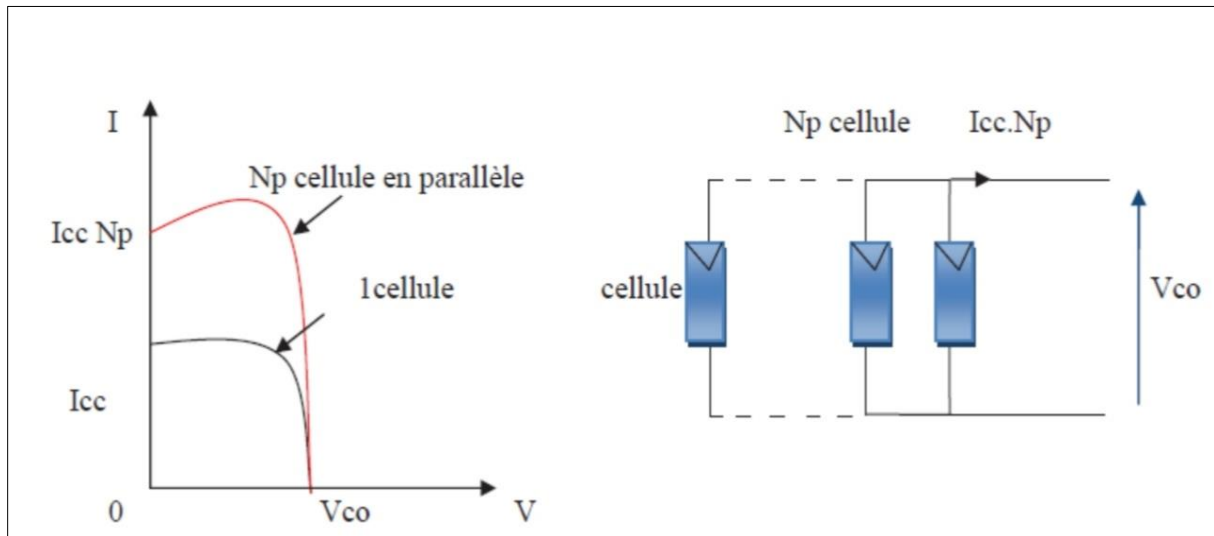


Figure I.9 : Associations en parallèle des cellules PV [7].

$$I_{ccp} = N_p \cdot I_{cc} \quad (\text{I.3})$$

$$V_{co} = V_{cop} \quad (\text{I.4})$$

Avec :

I_{ccp} : la somme des courants de court circuit de (NP) cellule en parallèle

V_{cop} : la tension du circuit ouvert de (NP) cellules en parallèle.

c) Association en série- parallèle :

La connexion en série de plusieurs cellules forme une branche de cellules où on a une augmentation de tension pour même courant, un assemblage de plusieurs branches de cellules en parallèle forme un module où on a un accroissement du courant et une conservation de tension [13].

I.7 Différentes configuration d'une installation photovoltaïque:

Les systèmes photovoltaïques apparaissent comme une solution privilégiée pour la production d'électricité de faible ou moyenne puissance en site isolé et particulièrement pour les habitations. Ce système PV se compose de plusieurs éléments principalement les modules

PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires ; les batteries qui constituent le champ de stockage c'est là où nous stockons de l'énergie produite par les modules ; le régulateur qui protège la batterie contre la surcharge ainsi il règle la valeur de la tension nominale ; l'onduleur qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif dont les utilisateurs ont besoin ; le câblage qui relie les différents composants du système entre eux[14] Généralement une installation photovoltaïque comprend les éléments suivants :

- Un générateur photovoltaïque.
- Un convertisseur statique continu / continu (DC/DC).
- Un convertisseur statique continu / alternatif (DC/AC).
- Un système de régulation et de stockage.[15]

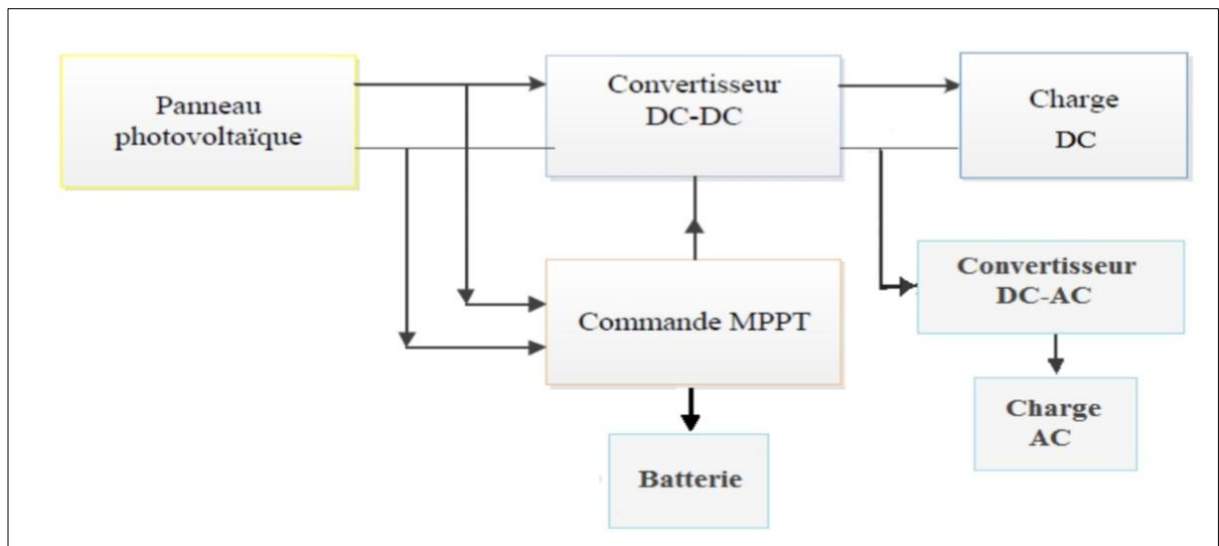


Figure I.10 : représentation des différents composants d'une installation PV.

a) Système autonome :

C'est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autre source d'énergie, qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries pour stocker l'énergie. Ils servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau. Comme l'indique la Figure I.11 représentant un exemple de système PV autonome, la présence d'éléments de stockage est obligatoire pour assurer la fourniture à l'utilisateur continuellement et même en cas d'absence potentielle de la production d'électricité. [16]

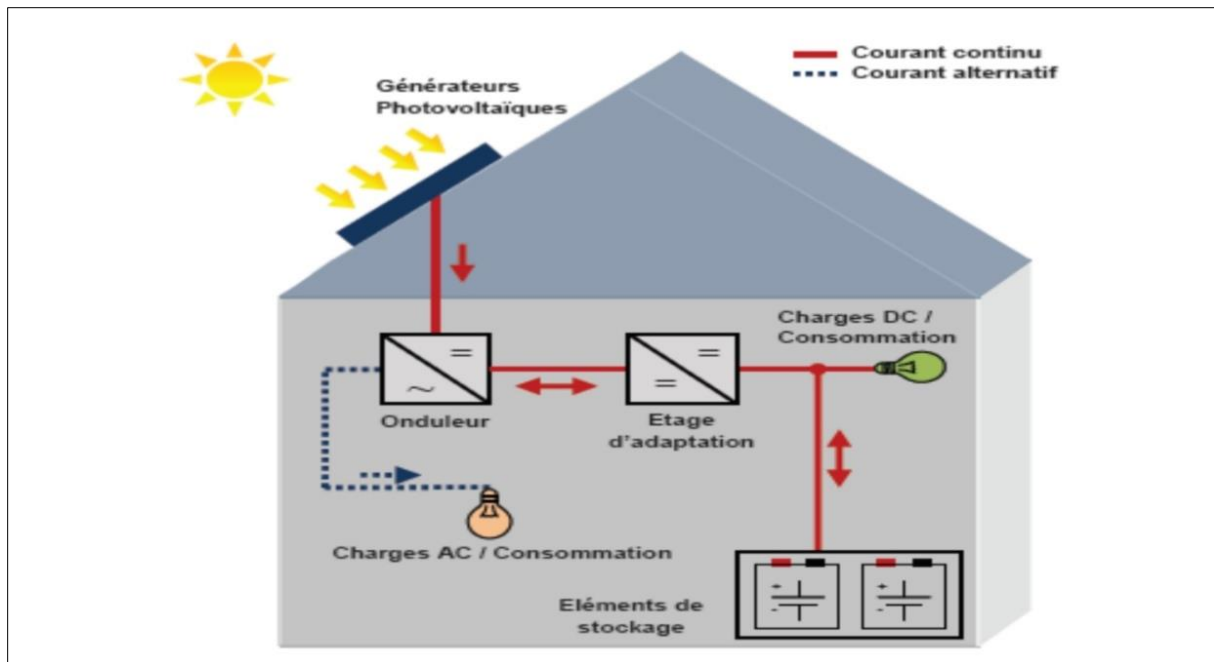


Figure I.11 : Système PV autonome [17].

b) Système raccordée au réseau :

Le champ photovoltaïque est couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un convertisseur continu/alternatif (DC/AC). Etant donné que l'énergie est normalement emmagasinée dans le réseau même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires à moins que vous ne vouliez une forme autonome d'énergie pendant les pannes d'électricité. L'énergie produite est consommée sur place le surplus étant injecté dans le réseau, qui alimente les maisons de nuit ou pendant les jours sans soleil [16] La figure I.12 représente un système PV connecté au réseau.

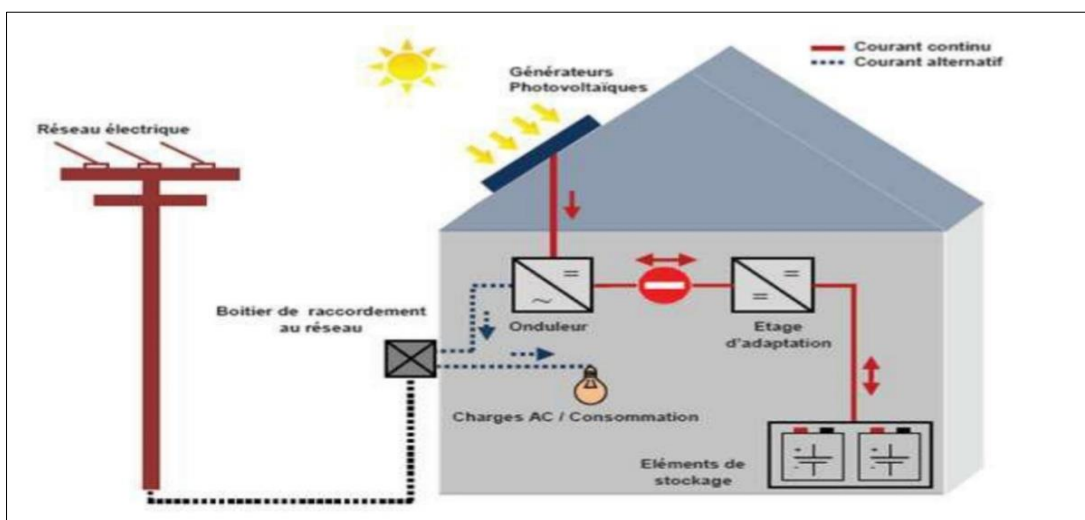


Figure I.12: Système PV connecté au réseau [17].

I.8 Avantages et inconvénients de la photovoltaïques :

a) Les avantages :

- D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- Consommation gratuite dès l'installation du système.
- Ensuite le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du Milliwatt au Mégawatt.
- Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé.
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu.[18]

Les inconvénients :

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10-15 % (soit entre 10 et 15 MW/km² par an pour le BENELUX) avec une limite théorique pour une cellule de 28%.
- Les générateurs photovoltaïques ne sont pas compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.
- Tributaire des conditions météorologiques.
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes. Le faible rendement des panneaux photovoltaïques s'explique par le fonctionnement même des cellules. Pour arriver à déplacer un électron, il faut que l'énergie du rayonnement soit au moins égale à 1 eV. Tous les rayons incidents ayant une énergie plus faible ne seront donc pas transformés en électricité. De même, les rayons lumineux dont l'énergie est supérieure à 1 eV perdront cette énergie, le reste sera dissipé sous forme de chaleur.[18]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons rappelé quelques notions sur l'énergie solaire en générale. Nos études centrées sur l'énergie photovoltaïque, c'est l'énergie la plus intéressante elle est disponible avec un immense potentiel. Ce potentiel favorise sons utilisation pour l'alimentation électrique, en particulier les sites isolés dans les diverses régions mondiales et nous avons détaillé le principe de la cellule photovoltaïque afin de mieux comprendre l'ensemble du mécanisme de conversion en énergie électrique.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Introduction :

Le but de ce chapitre est de donner un aperçu sur le matériel et la méthode utilisés durant notre étude. Notre étude a été faite au laboratoire d'énergie solaire du Département de Génie Mécanique de l'Université Mohamed Khider de Biskra.

II.1 Présentation du site de l'étude « Biskra » :

La wilaya de Biskra est localisée au sud-est algérien entre la région des Aurès et les Zibans et s'étend sur une superficie de près de 2167,20 km². Elle est délimitée comme indiqué sur la Figure II.1:

- Au nord par la wilaya de Batna.
- À l'est par la wilaya de Khenchela.
- Au nord-ouest par la wilaya de M'Sila.
- À l'ouest par la wilaya de Djelfa.
- Au sud-est par la wilaya d'El Oued.
- Au sud par la wilaya d'Ouargla.

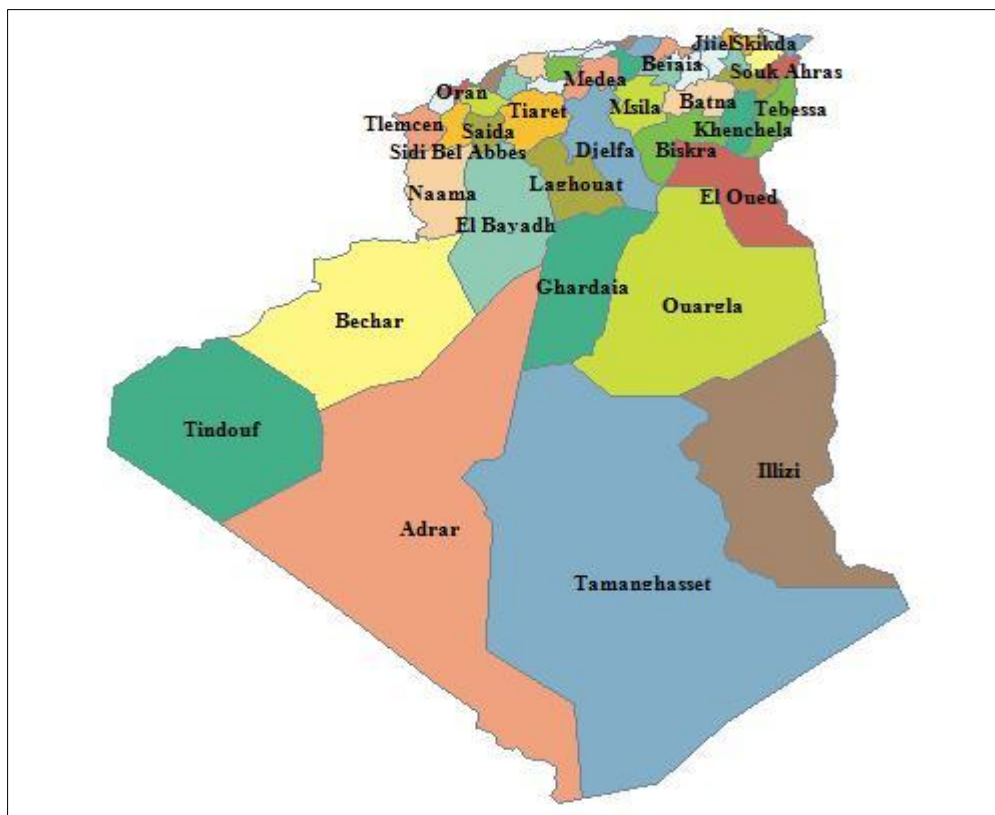


Figure II.1: Situation géographique de la wilaya de Biskra [10].

Le climat de Biskra est un climat saharien, chaud et sec en été et très agréable en hiver. La pluviométrie est en moyenne entre 120 et 150 mm/an. La température moyenne sur toute l'année est de 20,9 °C [19]. La ville de Biskra se caractérise par une température maximale en été qui atteint dans le mois de juillet 42°C et une température minimale en hiver qui atteint 7°C pendant le mois de janvier. La moyenne annuelle de la température est de 21.5°C [20].

II.2 Matériels utilisé :

II.2.1 Les modules photovoltaïques :

Deux panneaux photovoltaïques de type ALPV85-125M-36 ont été utilisés comme noté sur la Figure II.2. Un panneau de la microcentrale photovoltaïque de l'université de Biskra qui fonction depuis 2014 noté durant notre étude comme panneau dégradé. Un autre panneau photovoltaïque avec les même caractéristique neuf noté dans notre durant notre étude comme non dégradé, il serve comme référence.

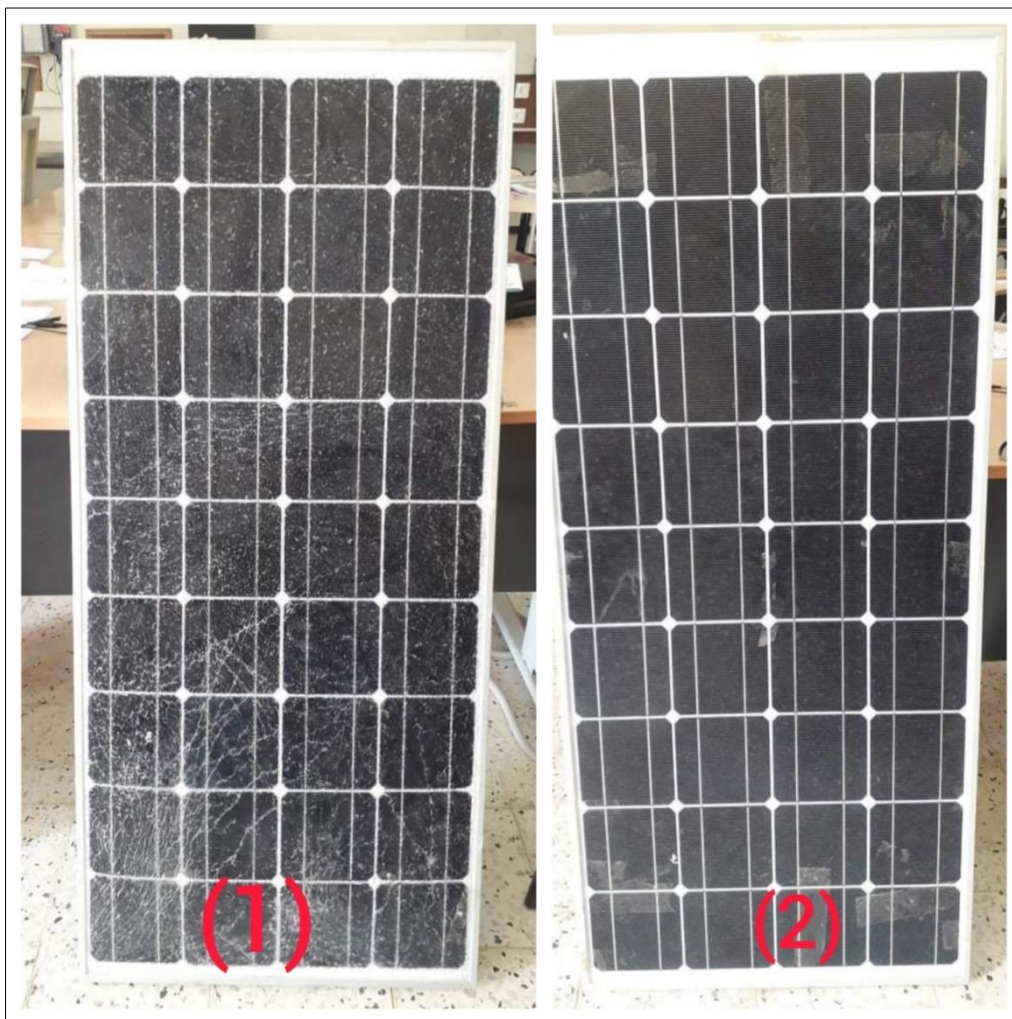


Figure II.2: Les modules PV utilisés dans notre étude (1) dégradé (2) non dégradé.

Ces deux modules photovoltaïques avec une puissance de 85 W sont constitués de 36 cellules en silicium monocristallin connectés en série, Les principales caractéristiques électriques sont regroupées sur la Figure II.3 :

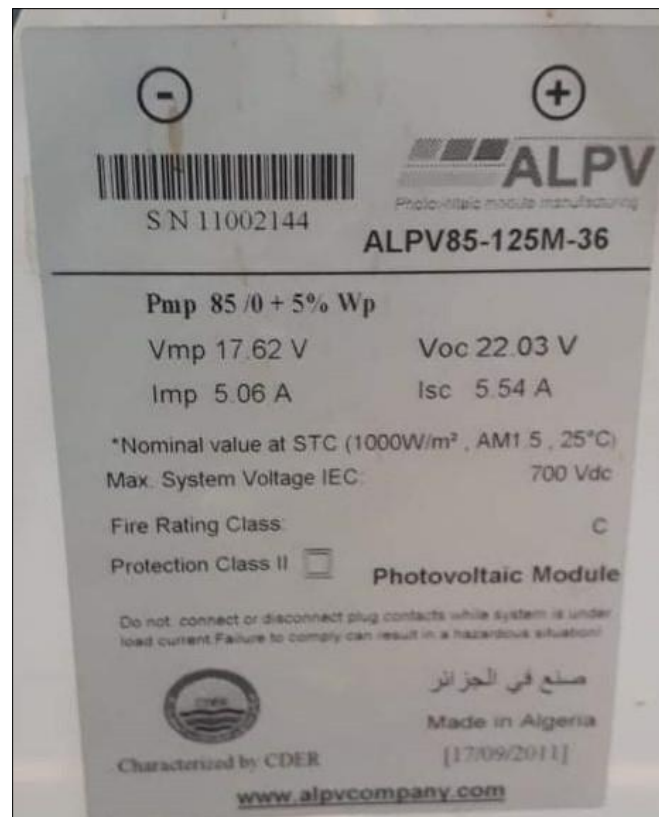


Figure II.3: Caractéristiques électriques des modules photovoltaïques utilisés.

II.2.2 Les capteurs de température :

Des capteurs de température ont été utilisés pour mesurer la température dans différents points en haut et en bas des panneaux photovoltaïques. Ces capteurs de température sont regroupés dans un système d'acquisition numérique en utilisant une carte Arduino (comme illustré sur la Figure II.4), il comporte cinq sondes de température. Il permet de mesurer ces températures chaque une minute.

II.2.3 La carte SD :

Le système d'acquisition numérique utilise une carte SD pour enregistrer les valeurs des températures captées par le système. Elle présente une capacité de 2 Giga. La carte SD est illustrée sur la Figure II.5



Figure II.4 : Le système d'acquisition de température.



Figure II.5 : La carte SD.

II.3 Etude de l'évolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé :

Dans le but d'étudier l'évolution des températures sur un panneau photovoltaïque, on a réalisé une expérience le 7/04/2021 de 10h :41 min jusqu'à 16h :46 min à l'Université de Biskra. Cette expérience consiste à placer cinq sondes de température en haut et cinq sondes de température en bas du panneau photovoltaïque non dégradé. L'emplacement de ces sondes

de température est illustré sur la Figure II.6. Le panneau est placé dans un support métallique à l'air libre suivant une inclinaison bien déterminé (40°), il est met en marche avec les sondes de température et ainsi on enregistre la valeur des dix sondes de température (en bas et en haut) à chaque minute.



Figure II.6 : Installation des sondes de températures sur le panneau photovoltaïque non dégradé.

II.3.1 Répartition des points sur le panneau non dégradé :

La répartition des températures a été effectuée en haut et en bas du panneau non dégradé.

a) Répartition des points en haut du panneau

Les valeurs des températures en haut du panneau photovoltaïque non dégradé ont été désignées par T_h , on a T_{h1} et T_{h2} , T_{h3} , T_{h4} et T_{h5} comme noté sur la Figure II.7.

b) Répartition des points (partie bas) :

Les valeurs des températures en bas du panneau photovoltaïque non dégradé ont été désignées par T_b , on a T_{b1} et T_{b2} , T_{b3} , T_{b4} et T_{b5} comme noté sur la Figure II.8.

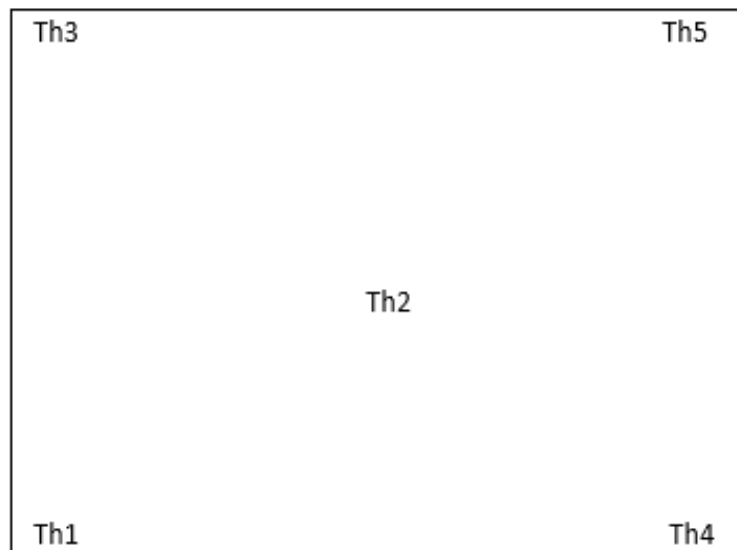


Figure II.7 : La répartition des points en haut du panneau non dégradé.

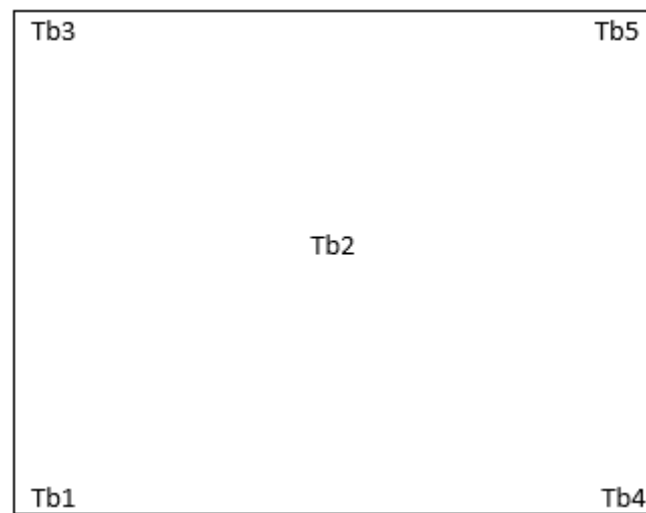


Figure II.8: La répartition des points en bas du panneau non dégradé.

II.4 Etude de l'évolution des températures en bas des deux panneaux non dégradé et dégradé :

Afin de comparer l'évolution de température entre le panneau dégradé et le panneau non dégradé, on a effectué une autre expérience le 11/04/2021 de 9h 52 min jusqu'à 16h 05 min. Cette fois, les capteurs sont placés uniquement en bas des panneaux photovoltaïques comme noté sur la Figure II.9 (Cinq sondes de température en bas du panneau non dégradé et cinq

sondes de température en bas du panneau dégradé). De la même façon que l'expérience précédente, on mesure les valeurs des dix sondes de températures au cours de la durée d'expérience chaque une minute.

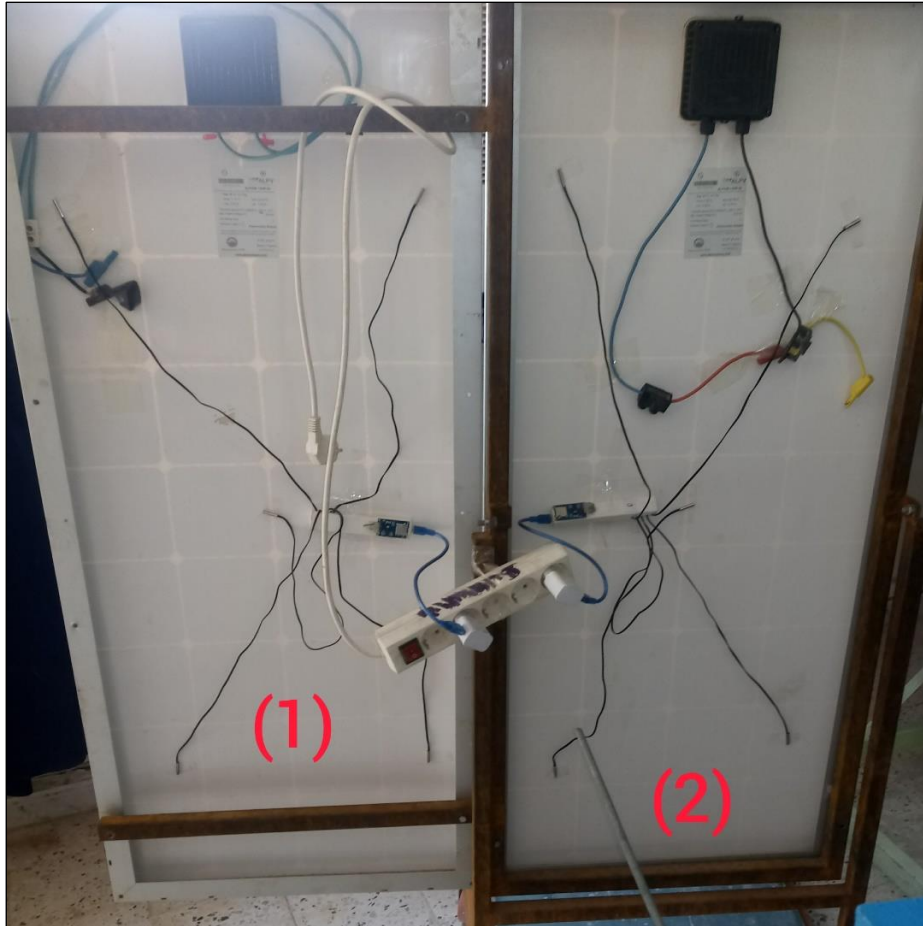


Figure II.9 : comment installer les deux capteurs sur panneau dégradé (1) et non dégradé (2).

II.4.1 Répartition des points sur les panneaux dégradé et non dégradé :

La répartition des températures a été effectuée en bas des deux panneaux photovoltaïques non dégradé et dégradé.

a) Répartition des points en bas du panneau non dégradé

Les valeurs des températures en bas du panneau photovoltaïque non dégradé ont été désignées par T, on a T1 et T2, T3, T4 et T5 comme noté sur la Figure II.10 (2).

b) Répartition des points en bas du panneau dégradé

Les valeurs des températures en bas du panneau photovoltaïque dégradé ont été désignées par T, on a T1 et T2, T3, T4 et T5 comme noté sur la Figure II.10(1).

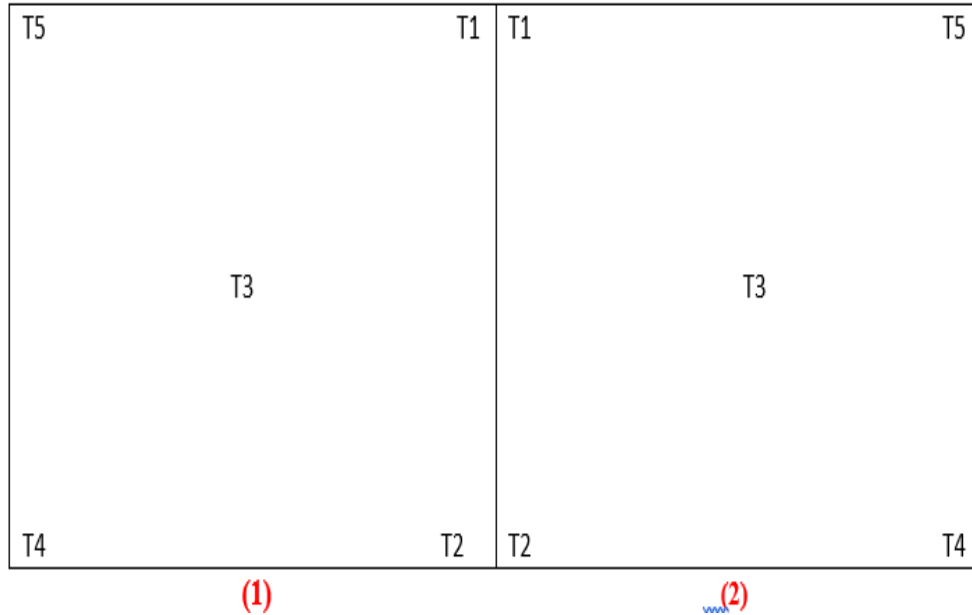


Figure II.10: schéma représente la répartition des points de panneau dégradé (1) et non dégradé (2).

Conclusion :

Notre étude porte sur l'étude de l'évolution de température des panneaux photovoltaïques. Un premier panneau photovoltaïque (dégradé) de la microcentrale PV de l'université de Biskra de type AL PV85-25M-36 à base de silicium monocristallines d'une puissance de 85 W. Un autre panneau PV de même type non dégradé a été utilisé comme référence.

Pour faire cette étude dans les conditions opératoire de la région de Biskra, des expériences ont été réalisées sur un système composé de :

- Panneau photovoltaïque non dégradée.
- Panneau photovoltaïque dégradé.
- Capteurs de température.
- Une carte SD.

Les capteurs de température ont été programmé pour enregistrer toutes les valeurs des températures des modules ; dégradé et non dégradée le long de la journée d'étude avec un pas d'une minute. Ces données enregistrées automatiquement sur la carte SD sous forme Word sont convertis en Fichier Excel pour calculer les paramètres nécessaires de l'étude du chapitre03.

Chapitre III

Résultat et discussion

Introduction :

Ce chapitre présente les résultats de l'évolution de la température sur des types de panneaux photovoltaïques (non dégradé et dégradé). Il est divisé en trois parties, la première est réservée à l'évolution des températures dans un panneau non dégradé, la deuxième à l'évolution des températures du panneau dégradé et la dernière à la comparaison de cette évolution de température entre les deux panneaux (non dégradé et dégradé).

III.1 Evolution des températures sur le panneau PV non dégradé :

Dans cette évolution des températures, on va s'intéresser à l'évolution des températures en bas du panneau et en haut du panneau PV comme indiqué dans le deuxième chapitre (II.).

III.1.1 Evolution des températures sur la partie supérieure du panneau PV(ND) :

L'évolution des cinq températures (Th1, Th2, Th3, Th4 et Th5) en haut du panneau PV non dégradé au cours de la journée du 7/04/2021 est illustrée sur la Figure (III.1). La température moyenne des cinq températures est notée par Thm. On constate que les températures de toutes les sondes (Th1, Th2, Th3, Th4, Th5 et Thm) suivent la même allure.

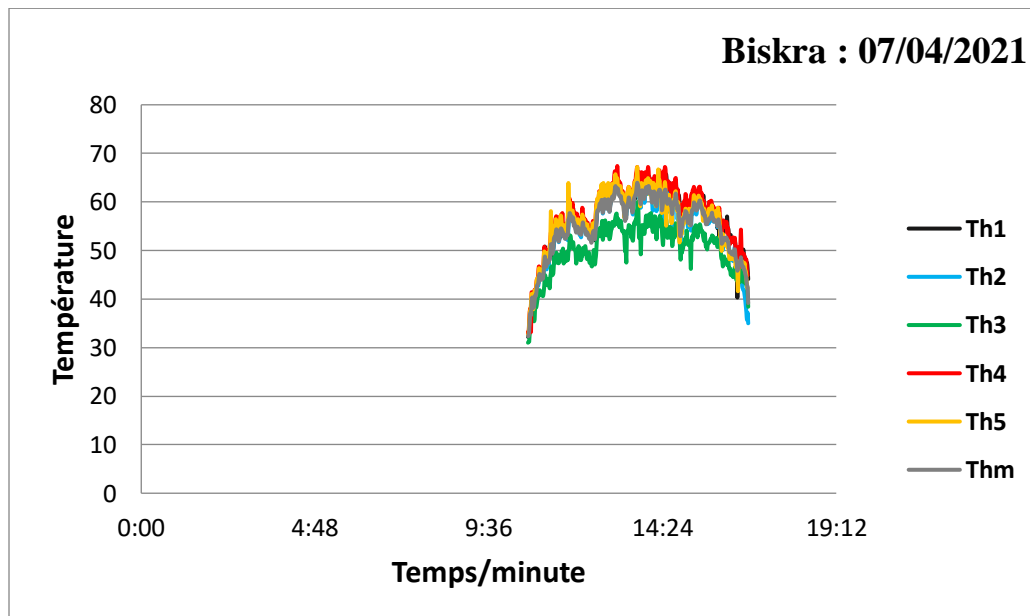


Figure III.1 : Evolution des températures sur le panneau non dégradé (partie haut).

- Th1 Elle augmente de 32.2°C (10h 41min) jusqu'à 65.7°C (14h 30min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 44.1°C (16h 46min).
- Th2 Elle augmente de 32.7°C (10h 41min) jusqu'à 64.1°C (14h 02min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 35°C (16h 46min).
- Th3 Elle augmente de 31°C (10h 41min) jusqu'à 60°C (13h 43min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.4°C (16h 46min).
- Th4 Elle augmente de 33. 2°C (10h 41min) jusqu'à 67.4°C (13h 09min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 44.9°C (16h 46min).
- Th5 Elle augmente de 32.6°C (10h 41min) jusqu'à 67.2°C (13h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 42.2°C (16h 46min).

III.1.2 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau PV(ND) :

L'évolution des cinq températures (Tb1, Tb2, Tb3, Tb4 et Tb5) en bas du panneau PV non dégradé au cours de la journée du 7/04/2021 est illustrée sur la Figure (III.2). La température moyenne des cinq températures est notée par Tbm. On constate que les températures de toutes les sondes (Tb1, Tb2, Tb3, Tb4, Tb5 et Tbm) suivent la même allure.

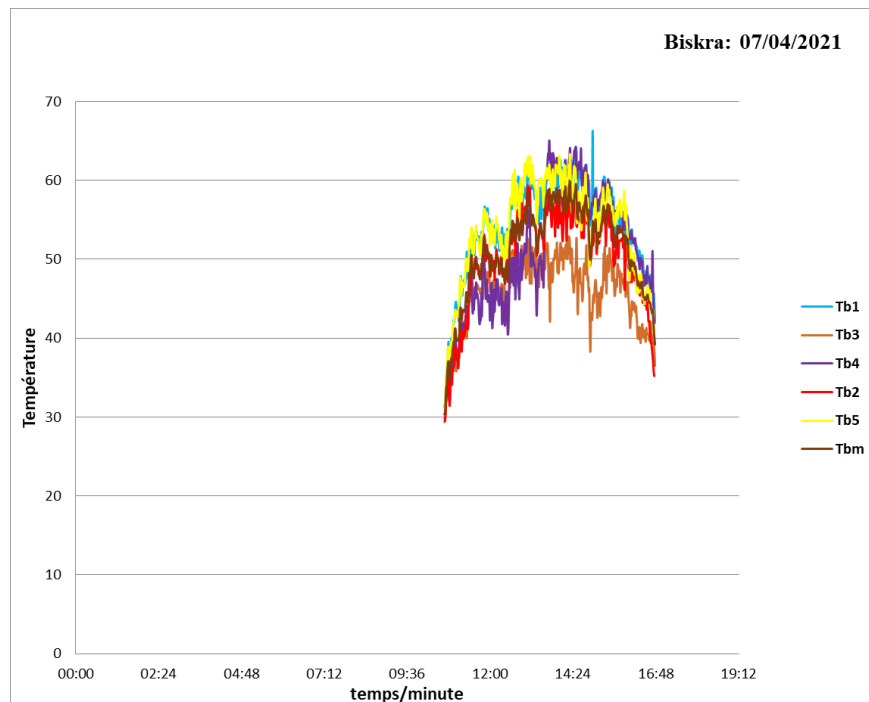


Figure III.2: Evolution des températures sur le panneau non dégradé (partie bas).

- Tb1 Elle augmente de 31.3°C (10h 41min) jusqu'à 66.3°C (14h 58min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 41.9°C (16h 46min)
- Tb2 Elle augmente de 29.4°C (10h 41min) jusqu'à 59.3°C (13h 06min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 35.2°C (16h 46min).
- Tb3 Elle augmente de 29.8°C (10h 41min) jusqu'à 52.9°C (14h 13min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 36.5°C (16h 46min).
- Tb4 Elle augmente de 30.4°C (10h 41min) jusqu'à 65.1°C (13h 43min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 42.2°C (16h 46min)
- Tb5 Elle augmente de 31°C (10h 41min) jusqu'à 63.3°C (14h 19min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 40.1°C (16h 46min).

III.1.3 Comparaison de l'évolution des températures moyennes supérieure et inférieure du panneau PV(ND) :

L'évolution des températures moyennes en bas (Tbm) et en haut (Thm) du panneau PV non dégradé au cours de la journée du 7/04/2021 est illustrée sur la Figure (III.3). On note que les deux températures suivent la même allure et la température moyenne en haut (Thm) est supérieure à la température moyenne en bas (Tbm) durant toute la durée du test.

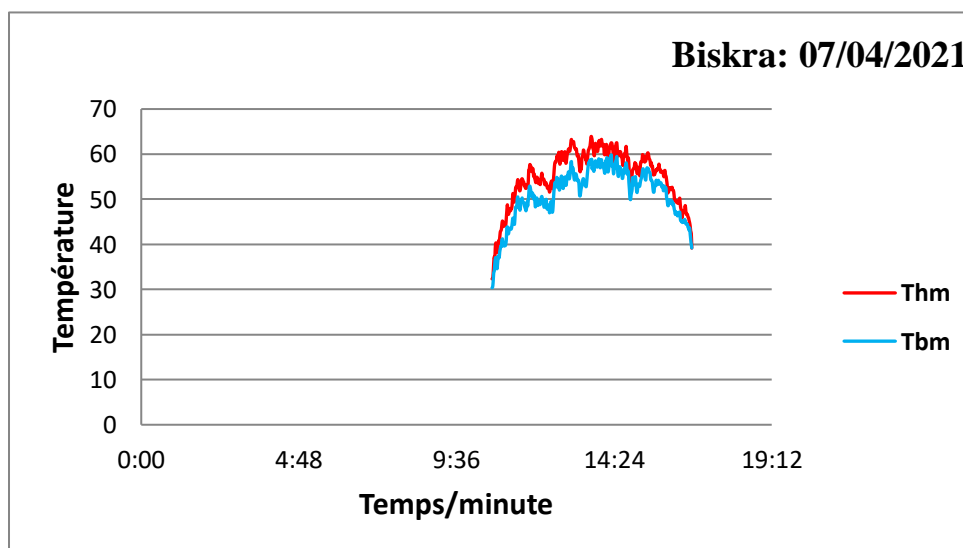
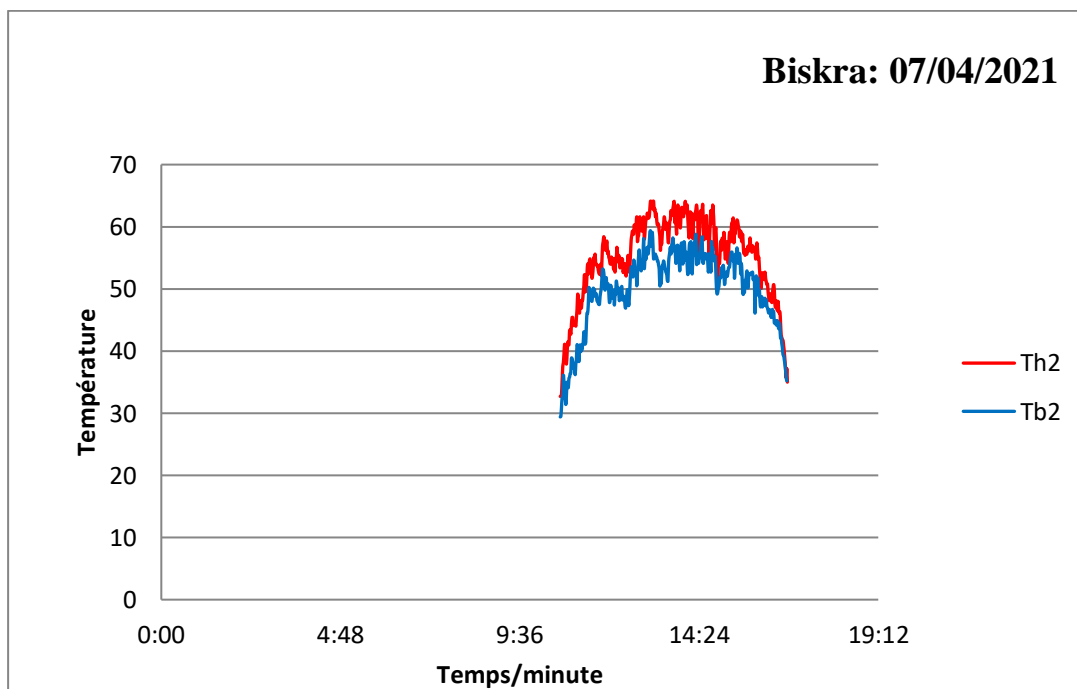
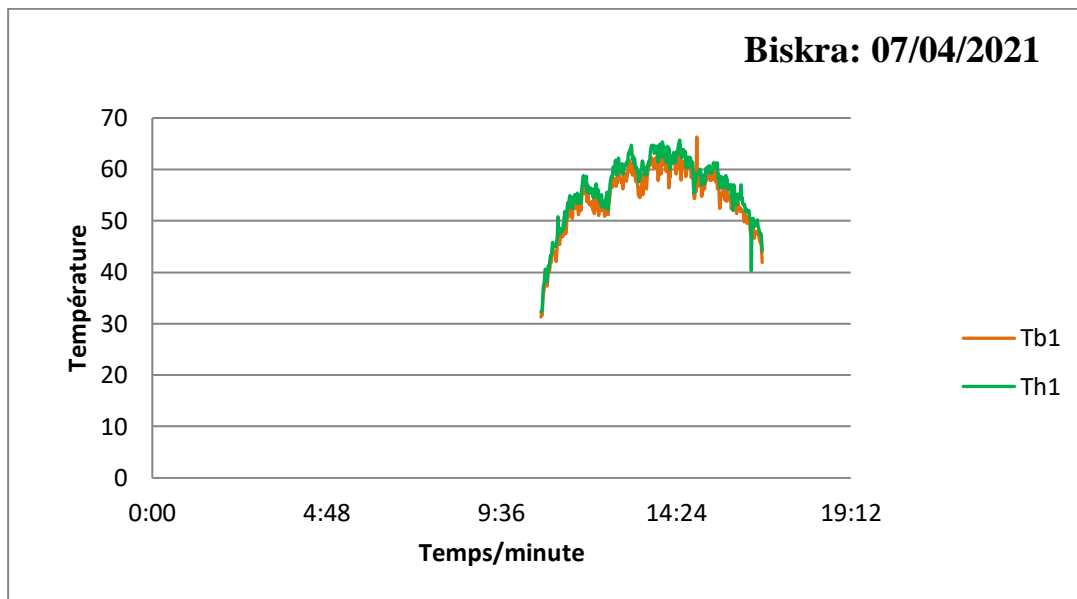
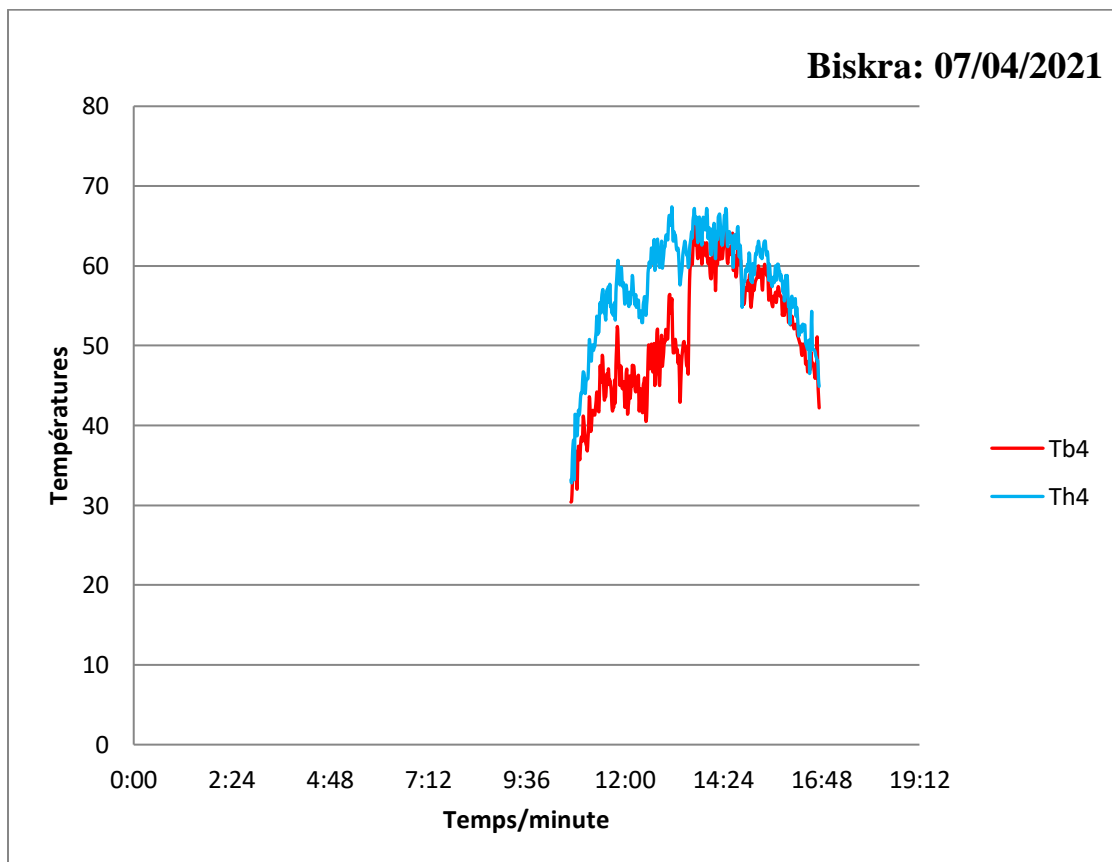
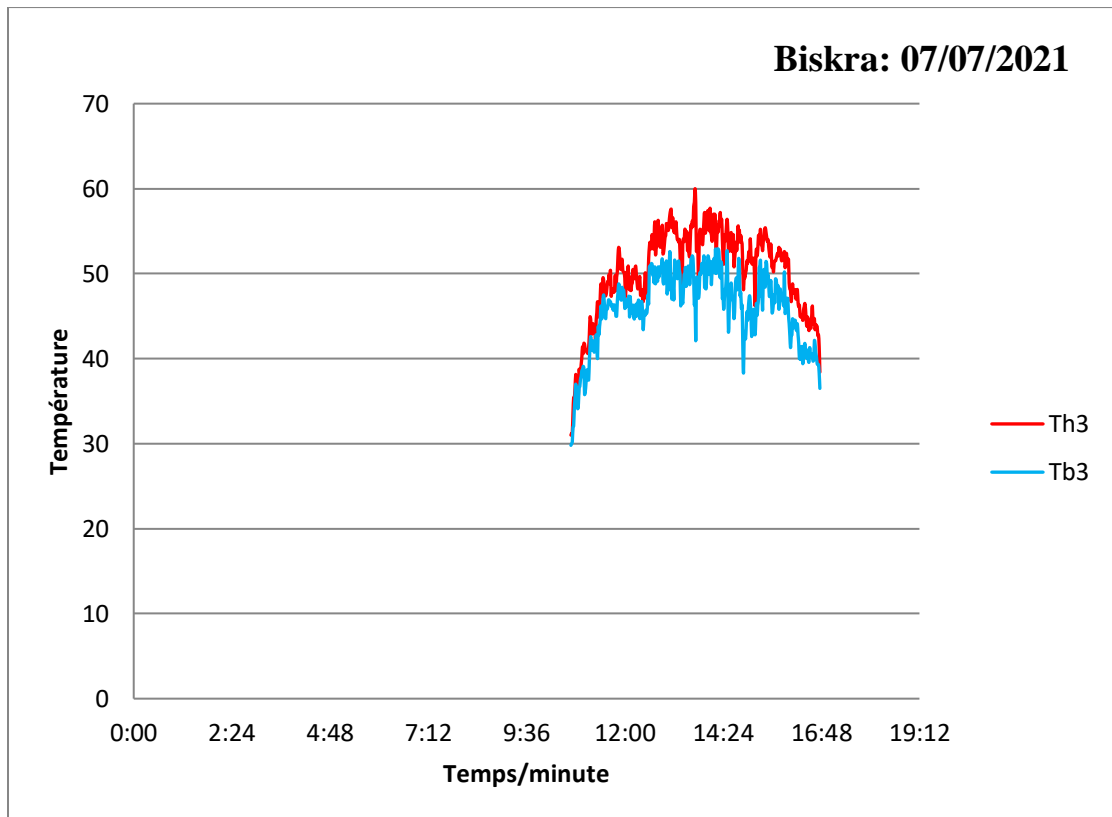


Figure III.3: Evolution des températures moyennes sur le panneau non dégradé (en haut et en bas).

Thm avec une augmentation de 32,34°C (10h 41min) à 63,92°C (13h 42min) puis diminue jusqu'à une valeur de 39,17 °C (16h 46min). Tbm avec une augmentation de 30,38°C (10h 41min) à 59,84°C (14h 19min) puis diminue jusqu'à une valeur de 39,20 °C (16h 46min)

III.1.4 Evolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé point par point :





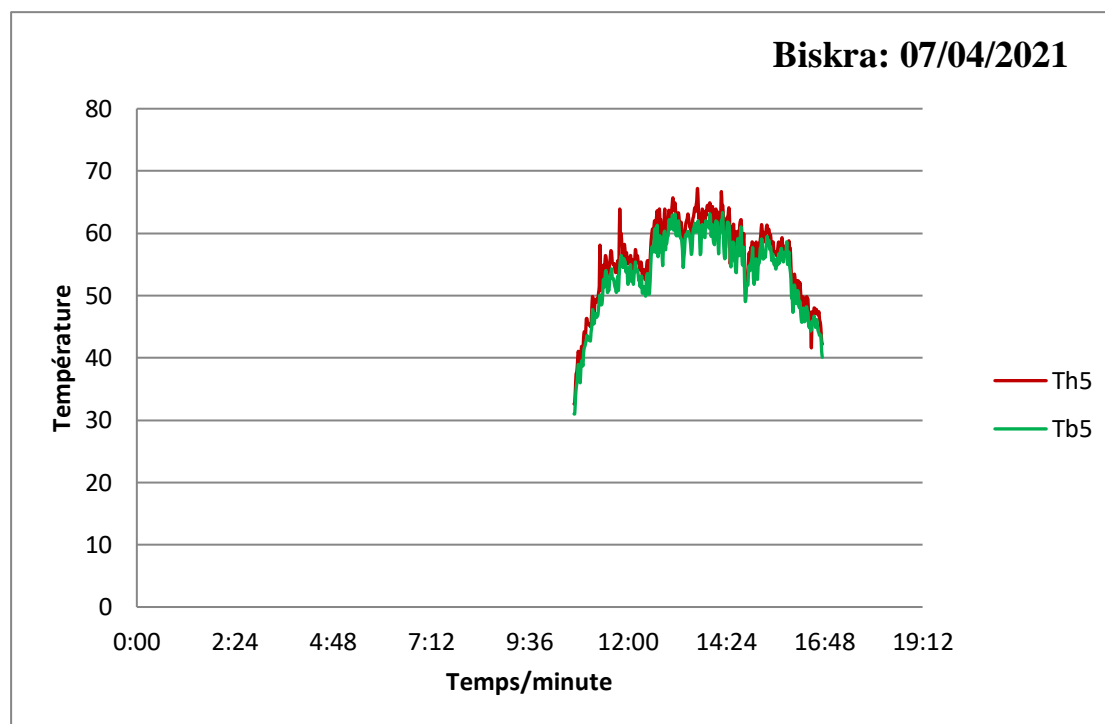


Figure III.4: Comparaison de l'évolution des températures en haut et en bas du panneau non dégradé point par point.

- Th1 Elle augmente de 32.2°C (10h 41min) jusqu'à 65.7°C (14h 30min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 44.1°C (16h 46min).
- Tb1 Elle augmente de 31. 3°C (10h 41min) jusqu'à 66.3°C (14h 58min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 41.9°C (16h 46min)
- Th2 Elle augmente de 32.7°C (10h 41min) jusqu'à 64. 1°C (14h 02min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 35°C (16h 46min).
- Tb2 Elle augmente de 29.4°C (10h 41min) jusqu'à 59.3°C (13h 06min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 35.2°C (16h 46min).
- Th3 Elle augmente de 31°C (10h 41min) jusqu'à 60°C (13h 43min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.4°C (16h 46min).
- Tb3 Elle augmente de 29.8°C (10h 41min) jusqu'à 52.9°C (14h 13min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 36.5°C (16h 46min).

- Tb4 Elle augmente de 30.4°C (10h 41min) jusqu'à 65.1°C (13h 43min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 42.2°C (16h 46min)
- Th4 Elle augmente de 33. 2°C (10h 41min) jusqu'à 67.4°C (13h 09min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 44.9°C (16h 46min).
- Th5 Elle augmente de 32.6°C (10h 41min) jusqu'à 67.2°C (13h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 42.2°C (16h 46min).
- Tb5 Elle augmente de 31°C (10h 41min) jusqu'à 63.3°C (14h 19min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 40.1°C (16h 46min).

Remarque :

On constate que les températures enregistrées sur la face du panneau sont supérieures aux températures enregistrées au dos du panneau, et cette différence est due à l'exposition de la face du panneau à la lumière directe du soleil.

III.2 comparaison de l'évolution des températures sur la partie inférieure du panneau (non dégradé et dégradé) :

III.2.1 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau non dégradé :

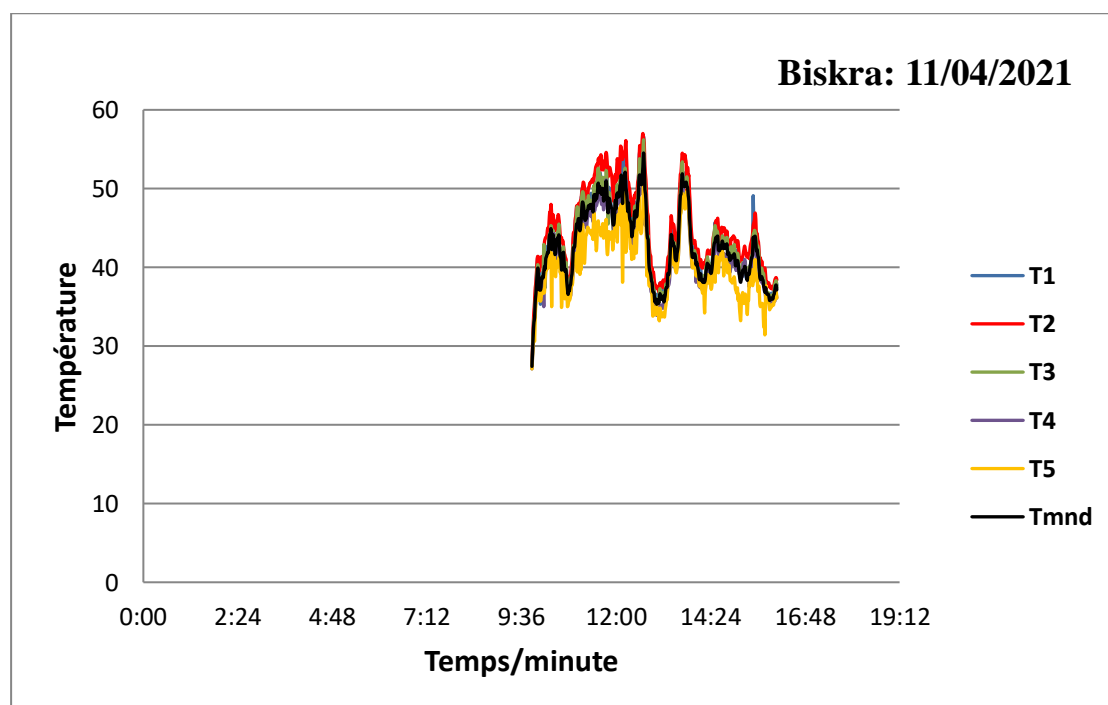


Figure III.5 : Evolution des températures (en bas) sur panneau non dégradé.

L'évolution de la température du module photovoltaïque non dégradé en fonction du temps pour cette même journée est illustrée sur la Figure III.9 :

- T1 Elle augmente de 27.4°C (09h 52min) jusqu'à 56.6°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 37.7°C (16h 05min).
- T2 Elle augmente de 28°C (09h 52min) jusqu'à 57°C (12h 41 min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.4°C (16h 05min).
- T3 Elle augmente de 27.5°C (09h 52min) jusqu'à 56.2°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 37.4°C (16h 05min).
- T4 Elle augmente de 27.1°C (09h 52min) jusqu'à 51.7°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 36.1°C (16h 05min).
- T5 Elle augmente de 27.1°C (09h 52min) jusqu'à 51.7°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 36.1°C (16h 05min).

Les températures maximales ont été enregistrées (12h 42min)

III.2.2 Evolution des températures sur la partie inférieure du panneau dégradé :

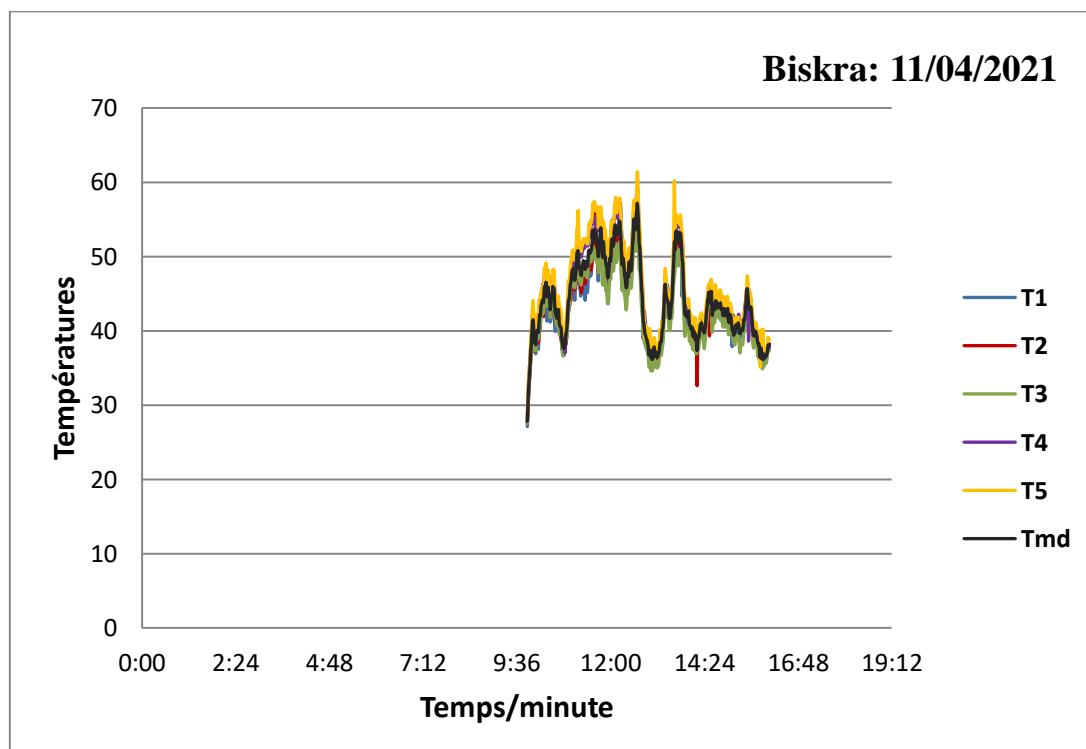


Figure III.6: Evolution des températures sur la partie inférieure panneau dégradé.

L'évolution de la température du module photovoltaïque dégradé en fonction du temps pour cette même journée est illustrée sur la Figure III.10 :

- T1 Elle augmente de 27.1°C (09h 52min) jusqu'à 56.6°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.3C (16h 05min).
- T2 Elle augmente de 27.5°C (09h 52min) jusqu'à 56.1°C (12h 41 min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.2°C (16h 05min).
- T3 Elle augmente de 27.5°C (09h 52min) jusqu'à 53.8°C (12h 41 min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 37.3°C (16h 05min).
- T4 Elle augmente de 28.4°C (09h 52min) jusqu'à 59.1°C (12h 41 min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38°C (16h 05min).
- T5 Elle augmente de 28.5°C (09h 52min) jusqu'à 61.4°C (12h 41 min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.8°C (16h 05min).

Les températures maximales ont été enregistrées (12h 41min)

III.3 Evolution des températures moyenne sur la partie inférieure du panneau (non dégradé et dégradé):

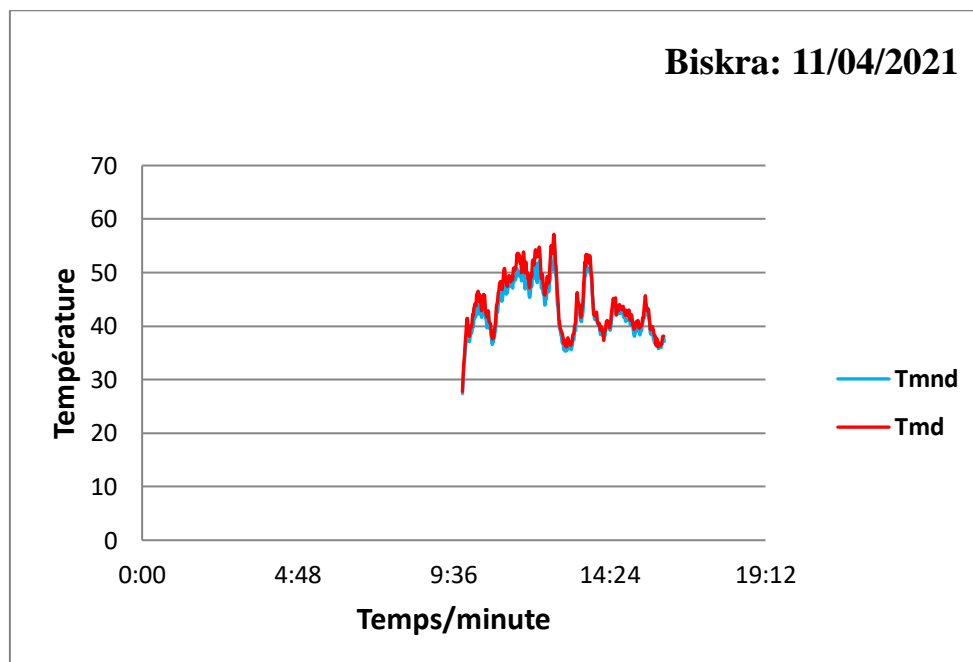


Figure III.7: Evolution des températures moyenne sur la partie inférieure de panneau (non dégradé et dégradé).

L'évolution des températures moyennes sur la partie inférieure de panneau non dégradé (T_{mnd}) et dégradé (T_{md}) au cours de la journée du 11/04/2021 est illustrée sur la Figure (III.11).

- T_{mnd} Elle augmente de 27.42°C (09h 52min) jusqu'à 54.52°C (12h 42min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 37.14°C (16h 05min).
- T_{md} Elle augmente de 27.8°C (09h 52min) jusqu'à 57.16°C (12h 41min) ensuite elle se dégrade jusqu' à la valeur de 38.12°C (16h 05min).

Remarque :

On note que le panneau dégradé a enregistré des températures plus élevées que le panneau non dégradé.

Conclusion :

Les expériences menées dans ce chapitre nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les températures enregistrées sur la face du panneau sont supérieures aux températures enregistrées au dos du panneau.
- Panneau dégradé enregistre des températures plus élevées que panneau non dégradé.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie toujours disponible, c'est une énergie renouvelable très rapidement en plus d'être une énergie propre et respectueuse de l'environnement, Cela en fait l'une des énergies les plus utilisées au monde. Par conséquent, l'énergie solaire photovoltaïque est utilisée comme source d'énergie alternative, mais comme les autres énergies, elle souffre d'inconvénients, notamment une diminution de son rendement au fil des années d'exploitation en raison de l'impact des fluctuations météorologiques sur elle.

L'objectif de cette étude était la réalisation d'un dispositif expérimental en utilisant une carte Arduino qui sera utilisée pour étudier l'influence des conditions climatiques (radiations solaires, la vitesse du vent, température ambiante et l'humidité) sur les panneaux photovoltaïques (dégradé et non dégradé). L'étude faite le log de ce mémoire de fin d'étude nous permet de retenir les points suivants :

Dans notre mémoire nous avons étudié l'évolution de la température sur des panneaux photovoltaïques (dégradé et non dégradé) dans les conditions opératoires de la région de Biskra, en utilisant un système d'acquisition numérique, qui permet d'enregistrer les valeurs de température chaque une minutes. Notre étude nous a permis de retenir les points suivants :

- Les températures en haut du panneau photovoltaïque non dégradé sont supérieures à ceux notées en bas du panneau photovoltaïque.
- Les panneaux solaires photovoltaïques dégradés enregistrent des températures plus élevées que les panneaux photovoltaïques non dégradés, et cela est dû à leur dégradation (du aux conditions climatiques) au cours de leurs années de fonctionnement.

Les résultats obtenus sont encourageants, comme perspective, on propose d'exploiter ces résultats et d'autres (plus de jours) pour voir l'effet des conditions climatiques sur la température des panneaux photovoltaïques (dégradé et non dégradé).

Références Bibliographiques

- [1] DJABRI Rabiaa, « Vers une architecture solaire des résidences universitaires », mémoire de master, université 08 Mai 1945 de Guelma, 2017
- [2] CARREAU.C, DUFOUR .M, GIBILISCO.M, les énergies renouvelables dans l'habitat, France 2001
- [3] Bouden Abdelmalek, Analyse optimisée de système de pompage photovoltaïque, Université Mentouri Constantine, 2008
- [4] Salim Arab, Dalila Toudert, « Etude d'un Système Photovoltaïque », mémoire de master, université Mouloud Mammeri – Tizi-Ouzou, 2017
- [5] <https://www.atersa.com/fr/nous-connaître/applications-energie-solaire-photovoltaïque/>
- [6] Missoum Mohammed, « Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie » université Hassiba Benbouali- Chlef, 2011
- [7] Othmane Benseddik, Fathi Djaloud, « Etude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque », mémoire de master, université Kasdi Marbah- Ouargala, 2012
- [8] Sylvain et Brigand, « Installation solaire photovoltaïque », Février 2011.
- [9] Ressources pour les STIED , Septembre- Octobre 2011
- [10] https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fbeaumont.tamu.edu%2FClimaticData%2FWorldMaps%2F4_2.gif&imgrefurl=https%3A%2F%2Fbeaumont.tamu.edu%2FClimaticdata%2FCountryMap.aspx%3Findex%3D4_2%26name%3DALGERIA&tbid=69Icg9MC137zLM&vet=1&docid=4rFw0D_SLmSD1M&w=500&h=433&hl=ar-DZ&source=sh%2Fx%2Fim
- [11] Kamelia Hellali, « Modélisation d'une cellule photovoltaïque : étude comparative », université Tizi-Ouzou, mémoire de magister , 2012.
- [12] Narimen Debili, « Etude et optimisation en environnement Matlab/Simulink d'un système de pompage photovoltaïque », mémoire de magister, université Constantine 1, 2015

Bibliographique

- [13] Salaheddine Bensalem, « Effets de la température sur les paramètres et caractéristiques des cellules solaire », université Farhat Abbas- Setif, mémoire de magister, 2011.
- [14] Souheyla Merad née Mamoun, « Dimensionnement d'une Installation Photovoltaïque d'un lieu peu fréquenté : Cas d'un Cabanon Situé à Marsat Ben M'Hidi (Tlemcen) », master LMD, L'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2010
- [15] Djamil Boukhers , « optimisation d'un système d'énergie photovoltaïque application au pompage », Université Mentouri de Constantine, thèse magister, 2007.
- [16] Soltane Belakehal, « Conception & Commande des Machines à Aimants Permanents Dédiées aux Energies Renouvelables », thèse doctorat, université de Constantine.
- [17] Reynaud Jean-François, « Recherches d'optimums d'énergies pour charge/décharge d'une batterie à technologie avancée dédiée à des applications photovoltaïques », thèse doctorat, L'université de Toulouse, 2011.
- [18] D. Turcotte, M. Ross, F. Sheriff « photovoltaic hybrid system sizing and simulation tools» horizon Canada, 2001.
- [19] <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Biskra.pdf>.
- [20] Bida Sara. « Etude des performances d'une station photovoltaïque connectée au réseau ». Mémoire de Fin d'Etudes Master en Electrotechnique. Université Mohamed Khider Biskra, Juin 2017.
- [Web 1] <https://images.app.goo.gl/TbJB9ejuN3cjbUu6>
- [Web2] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fjadetech-95c4.kxcdn.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F11%2Fcellule-polycristalline.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.jade-technologie.com%2Fpanneau-solaire-polycristallin-2%2F&tbnid=9ZIFzQf6ih08sM&vet=1&docid=wilpcUUKn-lwuM&w=350&h=263&itg=1&hl=fr-FR&source=sh%2Fx%2Fim>
- [Web 3] <https://images.app.goo.gl/VLbTCeewtsT8fjYs6>
- [Web 4] <https://images.app.goo.gl/TKoDKNHjvWsg8T4s5>